



Vesihuoltoverkoston kunnan ja arvon määrittäminen - tulosityhteenvedo

Kirjoittajat: Jyri Hanski

Luottamuksellisuus: Julkinen

Raportin nimi Vesihuoltoverkoston kunnon ja arvon määrittäminen		
Asiakkaan nimi, yhteysthenkilö ja yhteystiedot		Asiakkaan viite
Projektin nimi Vesihuoltoverkoston kunnossapitopalvelujen riskienhallinta - SerVesi		Projektin numero/lyhytnimi 42278/SerVesi
Raportin laatija(t) Tiia Luomanen, Jyri Hanski, Lasse Oulasvirta		Sivujen/liitesivujen lukumäärä 5/64
Avainsanat Vesihuolto, riskienhallinta, kunnossapitopalvelut, saneeraus		Raportin numero VTT-R-08119-12
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämä yhteenvetoraportti liittyy Tekesin rahoittamaan tutkimushankkeeseen "Vesihuoltoverkoston kunnossapitopalvelujen riskienhallinta – SerVesi". Hankkeen tavoitteena on kehittää toimintamalleja vesihuoltoverkoston kunnossapitopalveluiden riskienhallintaan ja niiden toteuttamiseksi tarvittavia työkaluja.</p> <p>SerVesi-hankkeeseen kuuluvat tutkimusosapuolina VTT, Tampereen teknillinen yliopisto ja Tampereen yliopisto sekä yrityskumppaneina Grundfos Pumput Oy, Porin Vesi, NCC Rakennus Oy ja Suomen Putkisto Tarvike Oy. Rahoituksessa mukana oli myös Vesihuoltolaitosten kehittämisrahasto.</p> <p>SerVesi-hankkeen osatehtävä 7 (OT7) toteutettiin VTT:n ja Tampereen yliopiston rinnakkaishankkeiden välisenä yhteistyönä aikavälillä 1.9.2011 – 4.12.2012. Tehtävän tuloksena laadittiin julkinen tutkimusraportti "OT7 – Vesihuoltoverkoston kunnon ja arvon määrittäminen". Raportin kirjoittamiseen osallistuivat Tiia Luomanen (TaY), Jyri Hanski (VTT) ja Lasse Oulasvirta (TaY).</p> <p>Tutkimusraportti on hyväksytty projektin SerVesi johtoryhmän valtuuttamana kolme viikkoa kommentointiajan alkamisen jälkeen 4.12.2012. Tutkimusraportti on kokonaisuudessaan liitetty tämän tulosraportin liitteeksi.</p>		
Luottamuksellisuus	julkinen	
Tampere 23.1.2013 Laatija	Tarkastaja	Hyväksyjä
Jyri Hanski Tutkija	Tero Välisalo Tutkija	Helena Kortelainen Teknologiapäällikkö
VTT:n yhteystiedot Tekniikankatu 1 (PL 1300), 33101 Tampere		
Jakelu (asiakkaat ja VTT) VTT		
<p style="text-align: center;"><i>VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.</i></p>		

1. Taustaa

Tämä tulosityhteenvedo liittyy Tekesin rahoittamaan tutkimushankkeeseen ”Vesihuoltoverkostojen kunnossapitopalvelujen riskienhallinta – SerVesi”. Hankkeen tavoitteena on kehittää toimintamalleja vesihuoltoverkostojen kunnossapitopalveluiden riskienhallintaan ja niiden toteuttamiseksi tarvittavia työkaluja. Riskienhallintamenetelmiä pyrittiin kehittämään sekä asiakkaalle että palvelutoimittajalle kasvattaen samalla kumppanuussuhteen läpinäkyvyyttä. SerVesi-hankkeeseen kuuluvat tutkimusosapuolina VTT, Tampereen teknillinen yliopisto ja Tampereen yliopisto sekä yrityskumppaneina Grundfos Pumput Oy, Porin Vesi, NCC Rakennus Oy ja Suomen Putkisto Tarvike Oy. Rahoituksessa mukana oli myös Vesihuoltolaitosten kehittämisrahasto.

2. Aikataulu

SerVesi-hankkeen osatehtävä 7 (OT7) toteutettiin VTT:n ja Tampereen yliopiston rinnakkaishankkeiden välisenä yhteistyönä aikavälillä 1.9.2011 – 4.12.2012.

3. Yhteistyö ja tulokset

Osatehtävän tuloksena laadittiin tutkimusraportti ”OT7 Vesihuoltoverkoston kunnan ja arvon määrittäminen”. Tutkimusraportin kirjoittamiseen osallistuivat Tiia Luomanen (TaY), Jyri Hanski (VTT) ja Lasse Oulasvirta (TaY). Raportin sisältö on hyväksytty SerVesi-johtoryhmän valtuuttamana kolme viikkoa kommentointiajan alkamisen jälkeen 4.12.2012. ja tullaan julkaisemaan Tampereen teknillisen yliopiston julkaisusarjassa.

Tutkimusraportti on tämän tulosityhteenvedon liitteenä.

4. Yhteenvedo tutkimusraportin tuloksista

Yleisesti hyväksyttyä vesihuoltoverkostojen arvioimiseen tarkoitettua menetelmää ei tällä hetkellä ole olemassa. Tiedon saaminen verkoston arvon muutoksista on erityisen tärkeää kunnossapito- ja saneeraussopimusten aikana yksityisten ja julkisten toimijoiden välillä. Tällä tavoin yhteistyön onnistumista voidaan arvioida kokonaisvaltaisesti ja objektiivisesti. Yksityisten ja julkisten toimijoiden välisissä sopimuksissa kunnan ja arvon muutoksen todentaminen on tärkeässä roolissa.

Vesi- ja viemäriverkostojen kuntoa arvioitaessa tarvitaan luotettavaa, käyttökelpoista ja systemaattisesti kerättyä tietoa. Vesi- ja viemäriverkoston teknisen kunnan määrittämisessä on käytössä monia keinoja, kuten virtaamamittaukset, vuotoääniloggerilla tai vuotoäänikorrelaattorilla tehdyt vuotojen etsinnät sekä savukoe. Vuotojen paikannus on kunnissa yleisesti käytössä oleva menetelmä, jolla verkostoa pyritään saattamaan reaktiivisesti parempaan kuntoon. Riittävää keinoa verkoston kunnan määrittämiselle menetelmät eivät

kuitenkaan tarjoa, koska niiden perusteella kerätään useimmiten tietoa perinteisiä tunnuslukuja varten.

Saneerauspäätösten saneeraustarpeen arvioiden tueksi tarvitaan teoreettista käyttöikää tarkempaa tietoa. Verkoston käyttöikään vaikuttavat monet eri asiat, kuten veden laatu, maaperäolosuhteet, mikrobiologiset ilmiöt ja putken asennustyön laatu. Näin ollen saneeraamalla sokeasti 40 tai 50 vuoden iän ylittäneet verkostonosat voidaan saneerata putkia, jotka todellisuudessa kestäisivät vielä 10 vuotta tai pidempään. Vielä kauemmaksi todellisesta saneeraustarpeesta liikutaan silloin, kun vesihuoltolaitoksen saneerauspäätöksiin vaikuttaa katujen saneeraus. Yhteistyön lisääminen julkisten liikelaitosten sekä myös yksityisten toimijoiden välillä onkin yksi keskeisistä arvonmäärittäykseen liittyvistä kehityskohteista.

Tarkempien vesihuoltoverkostojen saneerausvelka-arvioiden saavuttamiseksi vesihuoltolaitosten olisi syytä panostaa uusiin tutkimusmenetelmiin ja -laitteisiin tai muun verkostotiedon parempaan dokumentointiin, tallentamiseen ja erityisesti analysointiin. Tässä raportissa on esitetty eräänä uutena menetelmänä vesitrioskooppi, jonka avulla voidaan tehdä verkoston kuntotutkimusta. Menetelmässä laitteen avulla muodostettu kuntoindeksi yhdistetään käyttökokemuksiin ja vikaantumistietoihin. Mikäli vesilaitoksella ei ole käytössä vesitrioskooppia, se voi yhdistää ja analysoida muuta dataa, kuten esimerkiksi perinteisiä tunnuslukuja, materiaali- ja asennustietoja, historiatietoja vuodoista ym. ja ongelmarekistereitä, kokemusperäistä tietoa sekä tietoja ympäröivän infrastruktuurin kunnosta. Tarkemmalla tietojen keräämisellä ja sen analysoimisella vesihuoltolaitos pääsee lähemmäksi tapauskohtaista saneeraustarpeen arviota.

Saneerausvelan määrittämisessä useinkaan hyödynnetään kaikkea tarpeellista verkostotietoa, vaan arviot tehdään teoreettisen käyttöiän, asennusvuoden ja materiaalitietojen pohjalta. Tässä raportissa esitettyjen menetelmien avulla vesihuoltolaitos voi entistä vahvemmin osoittaa kuntatason päättäjille saneerausinvestointivajeen. Tarkemmalla tietojen analysoinnilla vesihuoltolaitos voi myös kehittää omaa saneeraustoimintaansa siten, että se voi yhä paremmin kohdistaa saneeraukset sinne, missä verkostojen kunto näyttää analyysin valossa heikoimmalta.

Vesialalla on arvonmäärittämiselle useita eri sovelluskohteita, joista tämä raportti keskittyy erityisesti arvonmuutoksen mittaamiseen ja saneerauspäätöksentekoon. Lisäksi raportissa käsiteltiin tuotannollista arvoa, kirjanpitoarvoa sekä arvonmäärittäystä verkoston eri osien arvottamista jälleenhankinta-arvoon, tekniseen nykykäyttöarvoon ja teknisiin pitoaikoihin perustuen. Vesilaitoksilla ja palveluntarjoajilla on tarvetta kokonaisvaltaisille, mutta kustannustehokkaille arvonmäärittämismenetelmille, jotka voidaan toteuttaa nykyisellä laitteistolla tai pienillä investoinneilla. Aineettomat tekijät tulisi ottaa paremmin huomioon päätöksenteossa, jossa nykyään keskitytään rahamääräisiin mittareihin ja suorituskykyyn.

Saneeraus- ja kunnossapitopalveluiden arvonmuutoksen mittaaminen on tärkeää sekä vesilaitoksille että palveluntarjoajille, jotta kunnossapitopalveluiden (sis. saneerauksen) tarpeellisuus voidaan osoittaa päättäjille. Arvonmuutoksen mittaamiseen soveltuvan menetelmän tulisi tarkastella arvoa useista eri näkökulmista. Tässä raportissa esitettiin alustava malli arvonmuutoksen mittaamiselle, joka perustuu verkoston kunnan ja toimintavarmuuden, veden

laadun, tuotannollisen arvon, korjaus- ja kunnossapitokustannusten, ympäristö- ja turvallisuusriskien sekä verkoston turvallisuuden määrittämiseen.

Raportissa käsiteltiin myös tietojärjestelmien kehitystarpeita arvonmäärityksen tueksi. Tietojärjestelmien tarpeellisuus on kasvanut voimakkaasti vesilaitoksissa saneerausmenetelmien kirjon kasvaessa ja dokumentaatio- sekä raportointitarpeen lisääntyessä. Verkostotietojen kerääminen on tehostunut ja monipuolistunut viime vuosina: esimerkiksi TV-kuvaa, valokuvia, kunnossapito-, ongelma- ja vuototietoa ym. kerätään jatkuvasti.

Tietojärjestelmiä koskevana yleisenä ongelmana on tietojen hajanaisuus eri järjestelmissä ja verkkokartoissa ja siitä seuraavat puutteet tietojen tarkkuudessa ja luotettavuudessa. Ongelmaa pyritään korvaamaan kuvaamalla putkistoja ja saneerattavien sekä kunnossapidettävien kohteiden tietojen päivittämisellä. Toisena merkittävän ongelmana nähdään tietojen sivuuttaminen ja verkostotietojen seuraamatta jättäminen, jotka voivat johtuvat puutteista tietojärjestelmien käytettävyydessä, kiireestä tai osaamisen puutteesta. Yhtenä ratkaisuna tietojärjestelmien ongelmiin olisi yhtenäisen tietojärjestelmien luominen, jossa olisi monipuolista ja luotettavaa tietoa järjestelmästä helppokäyttöisessä muodossa.

5. LIITTEET

OT7 - Vesihuoltoverkoston kunnan ja arvon määrittäminen

LIITE 1: OT7 - Vesihuoltoverkoston kunnan ja arvon määrittäminen



OT7 – Vesihuoltoverkoston kunnan ja arvon määrittäminen

Kirjoittajat: Tiia Luomanen (TaY), Jyri Hanski, Lasse Oulasvirta (TaY)

Luottamuksellisuus: Julkinen

Raportin nimi OT7 – Vesihuoltoverkoston kunnan ja arvon määrittäminen		
Asiakkaan nimi, yhteystiedot ja yhteystiedot		Asiakkaan viite
Projektin nimi Vesihuoltoverkostojen kunnossapitopalvelujen riskienhallinta - SerVesi		Projektin numero/lyhytnimi 42278/SerVesi
Raportin laatija(t) Tiia Luomanen, Jyri Hanski, Lasse Oulasvirta		Sivujen/liitesivujen lukumäärä 64
Avainsanat Vesihuolto, riskienhallinta, kunnossapitopalvelut, saneeraus		Raportin numero VTT-R-08119-12
<p>Tiivistelmä</p> <p>Vesihuolto- ja viemäriverkostot ovat kunnan ja erityisesti arvon määrittämisen osalta jäänyt merkittävästi jälkeen esimerkiksi sähköjakeluverkon kunnan ja arvon määrittämisestä. Verkostojen sijainti maan alla ja monet muut tekijät tekevät verkostotiedon keräämisestä teknisesti äärimmäisen haastavaa sekä taloudellisesti kannattamatonta.</p> <p>Verkostotiedon lisääminen on avainasemassa verkosto-omaisuuden kunnan määrittämisessä. Verkostotietoutta pyritään lisäämään jatkuvasti, mutta vielä tänä päivänä etenkin pienemmissä kunnissa tieto on suhteellisen rajoittunutta ja perustuu ajoittain pelkästään kokemukseräiseen tietoon tai paperikarttoihin sekä teknisesti putkimateriaaliin ja putken ikään. Tämä siitä huolimatta, että vesihuolto- ja viemäriverkostoihin on kiinnittynyt suuri osa vesihuoltolaitosten omaisuudesta ja ne ovat kriittisessä asemassa ihmisten hyvinvoinnin ja terveyden näkökulmasta.</p> <p>Verkostotieto ja verkosto-omaisuuden kunnan määrittäminen on tärkeää myös kunnallisen päätöksenteon kannalta. Kunnallisen päätöksenteon tueksi tarvitaan tietoa verkoston kunnosta ja arvosta sekä saneeraustöiden vaikutuksista. Verkoston kunnan ja arvon tarkempi määrittäminen näin ollen helpottaa tarvittavien määrärahojen suuntaamista verkosto-omaisuuden kunnossapitoon.</p> <p>Tässä raportissa esitetään työkaluja ja menetelmiä vesi- ja viemäriverkostojen kunnan- ja arvonmäärittämiseen. Tarkastelussa ovat erityisesti kunnanmäärittämisen tekniset menetelmät, saneerausvelan määrittäminen ja verkoston arvonmuutoksen mittaaminen. Raportissa pohditaan eri kunnan- ja arvonmäärittämisen menetelmien soveltuvuutta verkostojen elinkaaren aikaiseen arviointiin ja kehittämiseen.</p>		
Luottamuksellisuus	julkinen	
Tampere 23.1.2013 Laatija	Tarkastaja	Hyväksyjä
Tiia Luomanen Tutkija	Tero Välisalo Tutkija	Helena Kortelainen Teknologiapäällikkö
VTT:n yhteystiedot Tekniikankatu 1 (PL 1300), 33101 Tampere		
Jakelu (asiakkaat ja VTT) VTT (Arkisto 1)		
<p style="text-align: center;"><i>VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.</i></p>		

Sisällysluettelo

1	Johdanto	4
1.1	Tutkimusaihe	4
1.2	Tutkimuksen sisältö ja rajaus	5
2	Vesi- ja viemäriverkostojen kunnon määrittäminen	5
2.1	Vesihuoltoverkoston heikkenevä kunto	5
2.2	Käytössä olevat tunnusluvut ja menetelmät kunnon määrittämiseen	7
2.2.1	Kunnon määrittämisen perinteisiä tunnuslukuja ja niiden haasteita	7
2.2.1.1	Laskuttamattoman veden määrä (vuotovesiprosentti ja laskuttamattoman jäteveden määrä)	7
2.2.1.2	Vuotojen ja tukkeumien suhteellinen määrä	8
2.2.1.3	Putkirikkojen ja vedenjakelukatkosten suhteellinen määrä	9
2.2.2	Käytössä olevat tekniset menetelmät kunnon määrittämiseksi	10
2.2.2.1	Vesijohtoverkosto	11
2.2.2.2	Viemäriverkosto	15
2.3	Käyttöikään vaikuttavia tekijöitä	17
2.3.1	Sisäpuolinen kuormitus	20
2.3.1.1	Veden laatu	20
2.3.1.2	Veden lämpötila ja siinä tapahtuvat muutokset	21
2.3.1.3	Mikrobiologiset ilmiöt	21
2.3.1.4	Sisäpuolinen mekaaninen kuormitus	21
2.3.2	Ulkopuolinen kuormitus	21
2.3.2.1	Maaperäolosuhteet	21
2.3.2.2	Ilman lämpötila	22
2.3.2.3	Mikrobiologiset ilmiöt	22
2.3.2.4	Ulkopuolinen mekaaninen kuormitus	23
2.3.3	Käyttöä edeltävät olosuhteet	23
2.3.3.1	Valmistus ja kuljetus	23
2.3.3.2	Asennus ja käyttöönotto	23
2.3.3.3	Tehdyn työn laatu	23
2.3.4	Putkimateriaalin ja instrumenttien kestävyys	24
3	Saneerausvelka ja saneerauspäätöksenteko	24
3.1	Saneerausvelan määrittäminen	25
3.1.1	Case Akaa	25
3.1.2	Case Oulu	26
3.2	Puutteet nykyisissä saneeraustarpeen ja -velan määrittämisen menetelmissä	27
3.3	Saneeraustarpeen ja –ajankohdan arvioinnin kehittäminen jatkossa	28
3.3.1	Saneerausten kustannus-hyöty –näkökulman kehittäminen	28
4	Arvonmäärityksen menetelmät	30
4.1	Arvonmäärityksen teoriaa yleisesti	30
4.2	Arvonmääritys erällä toimialoilla	31
4.3	Kirjanpidollinen arvo	34

5	Vesi- ja viemäriverkoston taloudellisen arvon määrittäminen käytännössä	36
5.1	Verkoston arvonmäärittäminen haasteet	39
5.2	Arvonmuutoksen mittaaminen	39
5.3	Jälleenhankinta-arvo ja tekninen nykykäyttöarvo	42
5.3.1	Verkostot	43
5.3.2	Jälleenhankinta- ja tekninen nykykäyttöarvo muissa vesihuoltoverkoston omaisuusryhmissä	44
5.4	Tekninen ja teknistaloudellinen pitoaika vesihuoltoverkostossa	45
5.5	Tuotannollinen arvo	47
5.6	Laskentaesimerkkejä arvonmäärittäminen menetelmistä	48
6	Vesihuoltoalan tietojärjestelmien ja mittaustekniikan kehitystarpeet arvonmäärittäminen tukemiseksi	50
7	Pohdinta – kunnon- ja arvonmäärittäminen menetelmien yhdistäminen	52
8	Yhteenveto ja johtopäätökset	54

1 Johdanto

1.1 Tutkimusaihe

Vesihuoltoverkosto on kunnan ja erityisesti arvon määrittämisen osalta jäänyt merkittävästi jälkeen esimerkiksi sähköjakeluverkon kunnan ja arvon määrittämisestä. Verkostojen sijainti maan alla tekee verkostotiedon keräämisestä teknisesti äärimmäisen haastavaa ja kallista. Tästä syystä monessa kunnassa verkostotieto on puutteellista, eikä sen perusteella pystytä tekemään päteviä arvioita verkosto-omaisuuden todellisesta kunnosta ja arvosta (Mustonen 2010, 5).

Verkostotiedon lisääminen on avainasemassa verkosto-omaisuuden kunnan määrittämisessä. Verkostotietoutta pyritään lisäämään jatkuvasti, mutta vielä tänä päivänä etenkin pienemmissä kunnissa verkostoa koskeva tieto on suhteellisen rajoittunutta ja perustuu usein pelkästään kokemuseräiseen tietoon tai paperikarttoihin sekä teknisesti putkimateriaaliin ja putken ikään. Tämä siitä huolimatta, että kyseessä on erittäin pääomaintensiivinen ala ja vesihuoltoverkostoihin on kiinnittynyt suuri osa vesihuoltolaitosten omaisuudesta (Newberry 2000, 1). Käyttöomaisuus muodostaa keskimäärin noin 90 % vesihuoltolaitoksen taseesta, ja verkoston osuus käyttöomaisuudesta on keskimäärin noin 70–75 %, jopa yli 90 % (ks. Turun vesiliikelaitos 2011a, 13). Vesihuoltoverkostossa on kyse mittavasta omaisuusmassasta. Lisäksi verkosto on kriittisessä asemassa ihmisten hyvinvoinnin ja terveyden näkökulmasta.

Verkostotieto ja verkosto-omaisuuden kunnan määrittäminen on tärkeää myös kunnallisen päätöksenteon kannalta. Kunnallisessa päätöksenteossa tarvitaan tietoa verkoston kunnosta ja arvosta sekä saneerauksen vaikutuksista mainittuihin verkosto-ominaisuuksiin. Mikäli verkoston kunto ja arvo pystytään määrittämään entistä tarkemmin, on esimerkiksi kuntapäätäjien helpompi suunnata määrärahoja verkosto-omaisuuden kunnossapitoon. Määrittämällä verkoston kunto ja arvo voidaan tehdä myös pidemmän aikavälin seuranta paikallisesti ja ajoittaa saneerausinvestoinnit oikein. Lisäksi verkostotietojen tarkentuessa valtakunnallisesti mahdollistetaan vertailut benchmark -tyylisesti.

Vesihuoltoverkoston teknisen kunnan määrittäminen on välttämätöntä saneeraus- ja kunnossapitotoimintoja ulkoistettaessa. Mikäli esimerkiksi verkoston kunnossapitopalvelua hankitaan kunnan ulkopuolelta, on verkoston kunto määritettävä, jotta palvelun laatua voidaan seurata hankintasopimuksen aikana. Arviointimenetelmien avulla voidaan todeta verkoston kunto (ja myös arvo) sopimuskauden alussa, sen aikana ja edelleen sopimuskauden päätyttyä ja siten todentaa, onko kunnossapitäjä toiminut asetettujen tavoitteiden mukaisesti.

Perinteisesti vesihuoltoverkostoa ei siirretä muun omaisuuden tavoin omistajalta toiselle, vaan verkostot omistaa poikkeuksetta kunta silloinkin, kun kunnossapitopalvelua tuottaa yksityinen palvelutuottaja. Verkoston arvonmäärittäminen ei siten ole ulkoistettaessa ehdoton vaatimus tai tavoite, vaan arviointi keskittyy verkoston kuntoon. Koska vesihuollossa on kyse kunnallisesta monopolista, ei ole olemassa markkinoita, joita hyödyntämällä verkoston rahamääräinen arvo voitaisiin määrittää. Verkoston arvon määrittäminen on kuitenkin entistä suuremmassa roolissa yhä useamman vesihuoltolaitoksen yhdistyttyä esimerkiksi seudulliseen vesihuoltoyhtiöön tai uudelleen organisoituessa kunnalliseksi yhtiöksi. Paitsi yhtiöittämisen ja yhteistyön kehittämisen kannalta on verkostojen arvon

määrittäminen myös osa vastuuntuntoista omistajapolitiikkaa, jossa verkostoa ei haluta jättää tuleville sukupolville rapistuvassa kunnossa.

1.2 Tutkimuksen sisältö ja rajaus

Osatehtävän tavoitteena on kuvata ja arvioida kunnallisen vesihuoltoverkosto-omaisuuden kunnan ja taloudellisen arvon määrittelyn menetelmiä ja keinoja. Tutkimuksen ulkopuolelle on jätetty muutamaa sivuhuomiota lukuun ottamatta kiinteistöjen sisäisten verkostojen saneeraukset. Tutkimuksen kohteena on erilaisten mittausmenetelmien luomien mahdollisuuksien ja menetelmien sovellettavuuden arvioiminen vesihuoltoverkostojen kunnossapitotoiminnan toteuman mittaamiseen. Lisäksi tuodaan esiin uusia mahdollisuuksia entistä tarkempaan verkoston kunnan ja arvon määrittämiseen. Raportissa esitetään, minkälaisilla välineillä ja menetelmillä verkoston kuntoa ja taloudellista ja tuotannollista arvoa on mitattu, ja minkälaisia mahdollisia uusia innovaatioita on syntyneessä. Lisäksi laaditaan yhteenveto alan tietojärjestelmien kehitystarpeista PPP (Public - Private Partnership) -toiminnan näkökulmasta. Tutkimuksessa hyödynnetään muiden muassa Suomen kunnissa tehtyjä selvityksiä, pohditaan niissä ilmeneviä puutteita sekä perehdytään verkoston saneerausvelan ja sen vaikuttavuuden arviointiin.

Tutkimusosatehtävä käynnistyi syksyllä 2011 ja saatettiin loppuun syksyllä 2012. Raportti on laadittu Tampereen yliopiston Johtamiskorkeakoulun ja Teknologian tutkimuskeskus VTT:n yhteistyönä osana SerVesi -tutkimushanketta. Hankkeen tavoitteena on kehittää toimintamalleja ja työkaluja vesihuoltoverkoston kunnossapidon ulkoistamisen riskienhallintaan. Osatehtävän tutkijoita olivat Tiia Luomanen (TAY) ja Jyri Hanski (VTT). Lisäksi projektissa ovat olleet mukana professori Lasse Oulasvirta (TaY) kirjanpitoarvon osalta jsekä SerVesi -hankkeen vetäjänä toimiva tutkija Tero Välisalo (VTT). Osatehtäväraportin pohjalta on laadittu englanninkielinen artikkeli kansainväliseen kesäkuussa 2012 Hollannissa pidettyyn CESUN2012 –konferenssiin.

Raportissa keskiöön on nostettu varsinainen verkosto-omaisuus, joka kattaa paineviemäri-, vesijohto- (water pipes), jätevesiviemäri- (sewers), sadevesiviemäriverkostot (stormwater drain). Verkoston ohella arvon määrittämiseen voidaan sisällyttää tarvittaessa myös paineenkorotusasemat (pumping stations), jätevesipumppaamot, vesisäiliöt (water tanks), vedenkäsittelylaitokset (vedenottamot, water collection point) sekä jätevedenpuhdistamot (water purification facilities). Tässä tutkimuksessa keskiöön nostetaan varsinainen verkosto-omaisuus ja pumppaamot, vesisäiliöt ym. on jätetty tutkimuksessa vähemmälle huomiolle.

2 Vesi- ja viemäriverkostojen kunnan määrittäminen

2.1 Vesihuoltoverkoston heikkenevä kunto

Vesihuoltoverkoston kunto on etenkin Suomen suurimmissa kaupungeissa heikkenemässä. Suurimpien kaupunkien keskustoissa verkostojen vanhimmat osat saattavat olla jopa yli 100 vuotta vanhoja. Länsi-Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa tiettyjen verkoston osien ikä voi lähennellä jopa 150:tä vuotta (Sæfrov et al 1999, 15). Varsinaista saneerausvelkaa eivät kasvata ja ongelmia aiheuta vanhat, usein valuraudasta, valmistetut putket, vaan lähinnä suuren muuton (ks. lähde)

aiheuttaman nopean kaupungistumisen paineessa rakennetut huonolaatuiset verkostot, jotka eivät täytä nykyajan vaatimuksia. Samansuuntaisia arvioita on tehty myös muualla (ks. esim. EPA 2002, 2). Nämä, pääosin toisen maailmansodan jälkimainingeissa 1960–1970-luvuilla rakennettujen putkien materiaalit ovat olleet usein heikkolaatuisia (Rosengrén 2009, 10). Lisäksi kiireen vuoksi asennustyön laadussa on ollut parantamisen varaa. Tämän seurauksena nyt 2010-luvulla näiden putkien lähestyessä käyttöikänsä huippua (40–50 vuotta) on monella kunnalla edessään ennen näkemättömän suuri saneeraushaaste.

Toisaalta myös voimakas väestön keskittyminen voidaan nähdä syynä verkostojen rappeutumiseen. Esimerkiksi Oulun alue on viime 10 vuoden aikana kasvanut voimakkaasti. Väestön lisääntyminen on pakottanut kaupungin panostamaan uudisrakentamiseen, mikä taasen syö resursseja saneerausinvestoinneilta. (Pietarila 2012, 7.)

Osittain saneerauksen haasteeseen on vastattu. Maa- ja metsätalousministeriön (2008) teettämän tutkimuksen mukaan saneerausvolyyymi on kasvanut Suomessa viime reilun 15 vuoden aikana sekä absoluuttisesti että suhteellisesti koko verkostopituudesta. Myös huono- tai erittäin huonokuntoisten vesijohtojen ja viemäriputkiston osuus on pienentynyt muutamalla prosentilla verkostopituudesta (MMM 2008, 8–9). Siten suunta kunnissa on oikea, mutta saneerausvolyyymiä on edelleen lisättävä, jotta saneerausvelka saadaan kurottua umpeen taloudellisesti kestäväällä tavalla.

Haasteen mittavuudesta kertoo samaisessa tutkimuksessa esitetyt arviot saneerausvelasta. Seuraavan 10 vuoden aikana tulee saneeraustarve kasvamaan koko Suomen osalta noin 200 miljoonalla eurolla. Nykyinen vesihuoltolaitosten saneerausinvestointitaso on 120 miljoonaa ja lähivuosina (2010–2020) sen tulisi olla 320 miljoonaa euroa, mikä edellyttää 200 miljoonan euron vajeen täyttämistä. Lisäksi tarvittava investointitaso tulee pysymään tämän jälkeenkin tulevaisuudessa (2020–2030) korkealla tasolla ollen vuodessa 250 miljoonaa. (MMM 2008, 16–17.) Mikäli näitä kustannuksia ei saada siirrettyä vesihuollon taksoihin, on saneerausten rahoitusta lähdettävä etsimään muualta, kuten valtion avustuksista.

Haasteeseen vastaamista vaikeuttaa paitsi kuntien taloudellinen tilanne myös erityisesti vesihuoltoverkostojen ohella niukoista saneerausinvestoinneista kilpailevat huonokuntoiset koulurakennukset ja monet muut peruspalvelut, kuten sosiaali- ja terveyspalvelut ja vanhusten huolto. Vesihuollon toimivuus – puhdas talousvesi ja toimiva jäteveden keräys ja puhdistus - ovat kuntalaisten terveyden ja hyvinvoinnin kannalta keskeisiä tekijöitä. Vesihuollon toimivuuden varmistamiseksi verkostojen saneerausmäärien lisäksi on tärkeää keskittyä saneerauskohteiden valintaan. On entistä tärkeämpää paikantaa ne kohteet, joissa panostetuille euroille saadaan eniten vastinetta. Tässä raportissa pyritään pohtimaan olemassa olevien arviointimenetelmien soveltuvuutta ja riittävyttä sekä etsimään uusia ratkaisuja saneerauspäätöksiä koskevien haasteiden ratkaisemiseksi.

2.2 Käytössä olevat tunnusluvut ja menetelmät kunnan määrittämiseen

2.2.1 Kunnan määrittämisen perinteisiä tunnuslukuja ja niiden haasteita

Taulukossa 1 on esitetty vesihuoltojärjestelmän arvioinnissa perinteisesti käytettyjä tunnuslukuja. Tunnuslukujen kuvauksen lisäksi taulukossa esitetään niihin liittyviä puutteita ja haasteita.

Taulukko 1. Tunnusluvut vesihuoltoverkoston kunnan arviointiin (suomennettu konferenssipaperista Hanski, Luomanen, Kortelainen & Välisalo 2012).

Tunnusluvut	Kuvaus	Mittaamisen haasteet
Laskuttamaton vesi	asiakkailta laskuttamattoman veden määrä	verkoston pituus, putken koko ja muutokset veden kulutuksessa jätetään huomiotta
Vuodot ja tukkeumat	vuotojen ja tukkeumien määrä verkostossa	vuotojen aiheuttamat vahingot ja kustannukset vaihtelevat huomattavasti; huomattujen vuotojen määrä riippuu vuodonetsintään käytetystä ajasta ja käytetystä tekniikasta; myös sääolosuhteet ja liikenteen kuormitus vaikuttavat vuotojen määrään
Putkirikot ja katkot vedenjakelussa	korjausta vaativien odottamattomien vuotojen määrät ja vedenjakelun katkokset	huomattavat muutokset tilastollisissa menetelmissä sekä vuotojen etsintämenetelmissä; standardien puuttuminen tietojen keruussa; vaihtelevat käyttöolosuhteet; vaikeudet putkirikkojen ja katkosten vertailussa vesilaitosten kesken; kulumisen ja ulkoisten syiden erottaminen putkirikoissa

2.2.1.1 Laskuttamattoman veden määrä (vuotovesiprosentti ja laskuttamattoman jäteveden määrä)

Puhdasvesiverkosto

Laskuttamattoman puhtaan veden määrä kuvaa sitä osuutta, joka vesijohtoverkostoon pumpatusta vedestä vuotaa maaperään tai käytetään esimerkiksi kunnan toimesta kasteluun tai luistelukenttien jäädytykseen eikä siten ole asiakkailta laskutettavaa vettä. (Välisalo ym. 2012) Arkikielessä vesijohtoverkoston laskuttamattomasta vedestä käytetään usein nimitystä vuotovesiprosentti. Hyvänä suoritusarvona on pidetty 10 %:a. Sen saavuttaminen on kuitenkin vaikeaa, joten toimenpiderajana pidetään yleisesti 20 – 25 %:a (Vesihuoltolaitosten tunnuslukujärjestelmän raportti 2007, 20).

Suuri vuotovesiprosentti voi kertoa verkoston huonosta kunnosta. Laskuttamaton vesi ei kuitenkaan aina johdu pelkästään vuotavista putkista, vaan myös verkostojen huuhteluun tai tulipalojen sammuttamiseen käytetty vesi on laskuttamatonta. Vuodot ovat kuitenkin yleisin syy laskuttamattoman veden määrään. (Hunaidi 2000)

Laskuttamattoman veden käyttöä tunnuslukuna haittaa se, että luku ei ota huomioon verkostopituutta. Näin ollen tunnusluku on sitä epäedullisempi, mitä laajemmasta verkostosta on kyse suhteessa veden käyttäjien määrään

(Vesihuoltolaitosten tunnuslukujärjestelmän raportti 2007, 20). Esimerkiksi Helsingissä vuotovesiprosentti jää pieneksi tiiviin kaupunkirakenteen vuoksi. Samalla huonokuntoisenkin verkoston taloudellinen kannattavuus on korkeampi kuin haja-asutusalueella. Harvemmin asutulla alueella vastaava vuotoprosentti on huomattavasti haitallisempi verkoston tuottavuuden kannalta. Tällöin harvaan asutulla alueella verkoston kunto voidaan todeta saneerausta vaativaksi, kun taas tiheään asutulla alueella verkosto palvelee vielä taloudellisessa mielessä tarkoitustaan.

Luotettavuutta heikentää myös se, että muutokset veden kulutuksessa vaikuttavat laskuttamattoman vuotoveden määrään (lisäys kulutuksessa vähentää laskuttamattoman veden osuutta %). Jotta näin ei olisi, tulisi laskuttamattoman veden osuus laskea kuutioina suhteessa verkostopituuteen tai suhteessa putken seinämän sisäpinta-alaan. Tämä kuitenkin edellyttäisi verkostomäärien vuosittaista tilastointia (Verkostosaneerausten vaikuttavuuden arviointi 2011, 21.) Lisäksi suhteuttamalla laskuttamattoman veden määrää verkostopituuteen jätetään huomioimatta putkikoko, minkä vuoksi senkään avulla ei voida saada todellista kuvaa verkoston kunnosta (Verkostosaneerausten vaikuttavuuden arviointi 2011, 22).

Viemäriverkosto

Viemäriverkoston laskuttamattoman jäteveden määrä kuvaa sitä veden määrää, joka vuotaa maaperän pohjavedestä sisään gravitaatiiviemäriverkostoon tai sadevetenä viemäriin tarkastuskaivoista tms. pintarakenteista (Välisalo ym. 2012). Laskuttamattomat vedet pääsevät viemäriin rikkoutuneiden putkien, vuotavien putkiliitosten, huokoisten putkiseinämien tai vioittuneiden tarkastuskaivojen kautta (Heinonen 2009, 18; [Karttunen 2004, 464]). Nämä vuotovedet voivat olla myös niitä, jotka ovat vuotaneet vesijohtoverkostosta ulos, ja jotka vuotavat suoraan viemäriverkostoon käymättä asiakkailta.

Myös viemäripuolella laskuttamattoman veden käyttö tunnuslukuna pitää sisällään ongelmia. Esimerkiksi sadevesiviemäriiliitokset (ns. sekaviemäriointi) nostavat tunnusluvun arvoa verkostossa ja heikentävät siten tunnusluvun luotettavuutta (Verkostosaneerausten vaikuttavuuden arviointi 2011, 26). Toisaalta viemäriverkoston laskuttamattomat vedet ovat suurelta osin myös esimerkiksi lumien sulamisvesiä tai tulvavesiä eli ns. hulevesiä ja kuivatusvesiä, jotka joutuvat viemäriin vuotojen tai hulevesiviemäriiliitosten kautta (Vesihuoltolaitosten tunnuslukujärjestelmän raportti 2007, 26). Hulevesien määrä vaihtelee vuosittain huomattavasti sulaneen lumen määrän ja sademäärien mukaan, joten eri vuosien luvut eivät ole välttämättä samassakaan verkoston osassa keskenään vertailukelpoisia. Laskuttamatta jättämisen lisäksi ko. jätevedet kuormittavat jäteveden puhdistamoja turhaan. Hulevedet ”ovat keskimäärin selvästi puhtaampia vesiä kuin yhdyskunnan jätevedet, joten niiden johtaminen jätevedenpuhdistamolle on tarpeetonta” (Heinonen 2009, 17). Paitsi, että hulevesien puhdistaminen on tarpeetonta, ne myös laskevat biologis-kemiallisten jätevedenpuhdistusprosessien puhdistustehokkuutta aiheuttamalla suuria virtaamavaihteluita (tms.) ja laimentamalla jätevesien ravinnepitoisuutta.

2.2.1.2 Vuotojen ja tukkeumien suhteellinen määrä

Vuotojen määrä on yksi yleisimmin käytetyistä tunnusluvuista. Sen avulla voidaan esittää, kuinka monta vuotoa verkostossa syntyy keskimäärin per putkimetri tietyllä

ajanjaksolla, esimerkiksi vuodessa. Yleisesti voidaan ajatella, että mitä suurempi vuotojen määrä sitä huonompi verkoston kunto. Kuitenkin kaikki putket vuotavat enemmän tai vähemmän, vain vuotojen vakavuus vaihtelee (Farley & Trow 2003, 6).

Ostettaessa kunnossapitopalvelua yksityiseltä palvelutuottajalta, palvelun hyvyyden arvioiminen vuotojen määrän kautta ei anna riittävää kuvaa kunnossapitotoiminnan laadusta, sillä esimerkiksi sääolot ja liikenteen kuormitus vaikuttaa vuotojen esiintymiseen (Välisalo, Heino & Luomanen 2012). Vuotojen aiheuttama vahinko myös vaihtelee huomattavasti. Suurien vuotojen kautta vapautuva vesimäärä saattaa liikuttaa suuriakin maamassoja toisin kuin useat pienet vuodot, vaikka niiden yhteenlaskettu vuotovesimäärä vastaisi ison vuodon vuotoveden määrää.. Paikannettujen vuotojen määrään vaikuttaa huomattavasti etsintätyöhön käytetty aika, tekniikka ja monet muut ulkoiset tekijät. Mikäli vesilaitos toteaa vuotojen määrän vähentyneen esimerkiksi 10 vuodessa 100 vuodosta 15 vuotoon per vuosi laitoksen toiminta-alueella, voi taustalla olla leikkaukset vuotojen etsintään kohdistetuissa resursseissa, ei niinkään muutokset verkoston kunnossa. Siten pelkästään vuotojen määrän avulla ei voida arvioida verkoston kuntoa.

Tukkeumat johtuvat pääosin verkostoon kuulumattomien asioiden, kuten pienten esineiden tai esimerkiksi oksien takertumisesta putkeen. Kiinni jääneet risut ja muut keräävät ympärilleen paperia ja rasvaa ja tukkivat viemäriputken vähitellen. Myös viemäriverkoston routimisesta aiheutuvat kaivonkansien nousut voivat aiheuttaa tukoksia. (Vikman & Arosilta 2006, 72.)

Tukoksessa putki tukkeutuu siten, että se joudutaan avaamaan vahinkojen estämiseksi. Suuri tukkeumien määrä voi viitata verkoston huonoon kuntoon ja kyvyttömyyteen puhdistua itsestään riittävästi. (Vesihuoltolaitosten tunnuslukujärjestelmän raportti 2007, 30.) Tukkeumien määrään perusteella ei kuitenkaan saada selville verkoston todellista kuntoa.

2.2.1.3 Putkirikkojen ja vedenjakelukatkosten suhteellinen määrä

Jakamalla vuosittain ilmenevien putkirikkojen määrä verkostopituudella (km), saadaan tulokseksi putkirikkojen määrä per kilometri per vuosi. Putkirikoksi lasketaan vuotokohdat ym., jotka vaativat äkillistä (1 vrk sisällä tapahtuvaa) korjaamista (Vesihuoltolaitosten tunnuslukujärjestelmän raportti 2007, 24). Myös putkirikkojen määrän ja sen kehityksen perusteella voidaan muodostaa jonkinlainen kuva verkoston nykytilasta. Putkirikkoja voi tapahtua sekä vesijohdoissa että viemäreissä.

Puhdasvesipuolella putkirikko aiheuttaa katkoksen vedenjakelussa. Siten se kuvastaa hyvin vesihuoltolaitoksen toimintavarmuutta. Paitsi laskemalla putkirikkojen ja katkosten määrä, voidaan laskea myös vedenjakelukatkosten haittavaikutuksia esim. niiden keston kautta. Vedenjakelukatkosten kesto kertoo vesilaitoksen valmiudesta toimia kriisitilanteissa. Keston mittaaminen tuottaa myös lisäarvoa putkirikkojen vahinkojen laajuudesta ja siten verkoston kunnosta. Käytännössä vedenjakelukatkoksia voidaan arvioida esimerkiksi katkosten kesto (ilman vettä oloaika) per asukas per vuosi mittarilla. Tunnusluvun käyttöä voi kuitenkin hankaloittaa se, että aikojen saatossa putkirikkojen tilastointi- ja vuodonetsintäkäytännöt ovat muuttuneet (Verkostosaneerausten vaikuttavuuden arviointi 2011, 21). Putkirikkojen määrä voi olla harhaan johtava myös sen vuoksi, että ero varsinaisen putken kunnan heikkenemisen ja toisaalta ulkoisten tekijöiden, kuten onnettomuuksien, ympäristön aiheuttaman kuormituksen, liitoskohtien

vuotojen seurauksena syntyneiden putkikirkojen välillä on häilyvä (Sægrov et al 1999, 15; [Alegre 1998]). Putkikirkojen yleisyys ei siten väistämättä johdu putken huonosta kunnosta.

Esitettyjä tunnuslukuja voidaan jonkin verran hyödyntää laitosten sisällä. Valtakunnallisesti niitä ei nykyään voida vertailla keskenään, koska vesihuoltolaitosten toiminta-alueet ovat hyvin erilaisia. Esimerkiksi pinta-alat, pinnan muodot, asukasluvut ja –rakenteet vaihtelevat laitoksittain, ja vaikuttavat tunnuslukujen antamiin tuloksiin (Heinonen 2009, 26). Tunnusluvut eivät tarjoa riittävästi tietoa myöskään arvioitaessa saneeraustarvetta. Esimerkiksi raportissa verkostosaneerausten vaikuttavuuden arvioinnista (2011, 21) todetaan, että tarkasteltavien laitosten (HSY Vesi ja Tampereen vesi) tunnuslukujen ja saneerausmäärien välillä ei ole havaittavissa korrelaatiota, mikä viittaa siihen, että tunnuslukujen avulla ei käytännössä tehdä esimerkiksi saneerauspäätöksiä. Saneerauspäätöksentekoon vaikuttavatkin monet muut seikat saneeraustarpeen lisäksi, joista suurin vaikutus on katusaneerauksilla. Kustannusten laskemiseksi vesihuoltoverkostoja saneerataan monin paikoin teiden rakenteiden ja päällysteiden uusimisen yhteydessä. Myös asiakkaiden eli kuntalaisten voimakas painostus voi johtaa siihen, että saneerausinvestointeja ei kohdisteta parhaalla mahdollisella tavalla. (Mustonen 2010, 5.)

2.2.2 Käytössä olevat tekniset menetelmät kunnan määrittämiseksi

Vesihuoltojärjestelmän kunnan määrittämisessä on hyvä erottaa toisistaan vesi- ja viemäriverkostot sekä eri putkimateriaalit, kuten teräs, betoni ja muovi. Betonista ja valuraudasta tehtyjen viemäriputkien kulumista voidaan melko luotettavasti arvioida asennusvuoteen ja putken käyttöön perustuen eikä erityistä kunnan määrittystä kuntotutkimukseen perustuen välttämättä tarvita. Tiedossa on myös muutamia huonolaatuisiksi todettuja menneisyydessä asennettuja putkivaihtoehtoja, joita joudutaan saneeraamaan aikaisemmin kuin laskennallinen käyttöikä edellyttäisi (esim. Mannesmannin teräsputket vesijohtoverkostoissa).

Puhdasvesiverkoston arvottaminen on usein haastavampaa kuin viemäriverkoston. Puhdasvesiverkoston kuntotarkastukset koostuvat lähinnä venttiilien testauksesta, sillä tarkastus vaatii nyky menetelmillä vedenkulun katkaisemisen ja jopa putken halkaisun. Viemäriverkostoja vastaavaan kunnontarkastukseen TV-kamerakuvauksella ei ole tällä hetkellä teknisiä mahdollisuuksia kuin vasta siinä tilanteessa, kun putki on tyhjä ja poistettu käytöstä esimerkiksi jollakin sujutusmenetelmällä tehtävää saneerausta varten. Kuitenkin tässä raportissa esitetään menetelmä (kappale 2.2.2.1.5), jolla vesihuoltoverkostosta saadaan tietoa vedenkulkua katkaisematta.

Muoviputkien käyttöiästä on esitetty arvioita, (ks. esim. Taulukko 7) mutta tutkimustulokset ovat vielä puutteellisia, koska muoviputket ovat olleet käytössä vasta verrattain lyhyen ajan. Täten uudemmassa muoviputkessa pelkkään ikään perustuva tieto ei ole riittävä.

Vesihuoltolaitosten ja palveluntarjoajien haastatteluiden perusteella vesihuoltoverkostoissa käytetään vuodon etsintään ja kunnan määrittämiseen usein vuotovesi- ja ääniloggereita ja virtaamamittausta. Kirjallisuuskatsauksen perusteella vuotoselvitykseen käytetään lisäksi jäljityskaasua (Tracer gas technique). Lisäksi laitokset etsivät vuotoja jakamalla verkostot osiin ja eristämällä vuotokohtat sekä

vuorokausikulutuksen ja verkostoon pumpatun veden seurannan avulla. Yöaikaisen vedenkulutuksen seuranta on myös hyvin yleisesti käytetty menetelmä vuotojen etsinnässä.

Viemäripuolella yleisimmin käytetty menetelmä vuotoselvitykseen ja kunnonmäärittelykseen on TV-kuvaus. Käytössä on myös muita menetelmiä, kuten savukoe, vuove-luotain ja virtaamamittaus. Seuraavissa kappaleissa on selvitetty laitteiden toimintaperiaatteet, käyttökohteet ja mahdolliset rajoitteet.

2.2.2.1 Vesijohtoverkosto

Veden laadun mittaukset

Talousveden laadussa tapahtuvia muutoksia voidaan tutkia vesinäytteiden ja biofilmikaivon avulla. Vedestä otettavien näytteiden tulosten perusteella voidaan tehdä arvioita tutkittavan verkoston kunnosta ja veden viipymäajoista verkostossa. Vesinäytteet antavat jatkuvana seurannanvälineenä käytettynä tietoa myös esimerkiksi mangaanin ja raudan kertymisestä verkostossa, ja siten verkoston huuhtelutarpeesta. (Westerholm 2012, 13.)

Biofilmikaivo on vesijohtolinjaan asennettu muovinen laitekaivo, johon on asennettu biofilmikytkin. Laite mittaa veden laadun muutoksia vesijohtoverkostossa (Westerholm 2012, 14). Verkoston kunnon yleiseen tutkimukseen laite on melko tarkka, mutta sen käyttökelpoisuus jatkuvassa verkoston tarkkailussa voi olla heikko.

Näytepalan otto

Näytepalan otto on hyvä menetelmä verkoston ennaltaehkäisevään kunnonseurantaan esimerkiksi kaivutöiden yhteydessä. Näytepalan otossa kerättäviä tarpeellisia tietoja ovat tiedot seinämäpaksuudesta ja pistesyöpymistä sekä näytepalan yleisestä kunnosta. Tietojen tallentamista varten on kirjattava ylös myös ns. paikannus- ja maaperätiedot. (Westerholm 2012, 14.)

Virtausmuutokset

Virtausmuutoksia voidaan tutkia vertaamalla vesijohtoverkoston mallinnuksella saatuja arvoja maastossa tehtyjen virtausmittausten tuloksiin. Mikäli maastomittausten tulokset ovat mallinnusta heikommalla tasolla voi syynä olla mm. kalkkikivi tai seinämiin kertynyt sakka. Vanhoissa pinnoittamattomissa metallisissa vesijohdoissa on usein runsaasti ns. vesikiveä eli kalkkikiveä ja sen vuoksi putken virtausominaisuudet ovat huonontuneet. Muoviputkissa, etenkin raakavesilinjoissa, sakkaa voi kertyä niin paljon, että putken välityskyky alenee jopa 20 – 30 %. (Westerholm 2012, 15.)

Painekoe

Paineen mittausta voidaan hyödyntää paitsi jatkuvassa kunnontutkimuksessa myös vuotokohtien paikannuksessa. Verkoston häiriötilanteet näkyvät paineenmuutoksina. Paineen aleneminen kertoo virtauskapasiteetin alenemisestä ja siten verkoston kunnon heikentymisestä (kertynyt sakka tai mangaani) silloin, kun pumppausten ja kulutusten arvot ovat pysyneet ennallaan. (Westerholm 2012, 17–18.)

Menetelmän heikkoutena on sen aiheuttama katkos vedenjakelussa.

Vesitrioskooppi

Nykyään HS –veden kehityspäällikkönä toimiva Jukka Sandelin (2012) on opinnäytetyössään ”Vesijohtoverkoston hallinnan kehittäminen Akaassa” kehittänyt uudenlaista verkoston kuntotutkimusmenetelmää. Menetelmän avulla voidaan tulevaisuudessa mahdollisesti saada entistä tarkempaa tietoa verkoston osien kunnosta ja saneeraustarpeesta.

Menetelmän lähtökohtana on verkostotieto, kuten Teklan Xpipe -johtokarttajärjestelmä, johon on syötetty verkoston perustiedot (ikä, materiaali). Verkoston kuntoa tutkitaan menetelmässä valittujen ikäkriteerien mukaisesti siten, että tehdään systemaattisesti tutkimusta sekä 20- että 40 vuotta vanhoista verkostoista. Valittuja verkoston osia arvioidaan Sandelinin itse kehittämällä laitteella, paloposteihin kiinnitettävällä vesitrioskoopilla (Kuva 1.), joka mittaa verkoston painehäiriöitä sekä virtauksen aiheuttamaa muutosta veden laadussa. Vesitrioskooppi on valmistettu Akaan Putki Oy:n toimesta, ja se toimii vain vesijohtoverkostossa. Menetelmälle on haettu patenttia.



Kuva 1. Vesitrioskooppi (Sandelin 2012).

Vesitrioskoopin avulla verkoston kuntoa mitataan välittömästi arvioimalla virtausominaisuuksia sekä välillisesti tutkimalla veden laatuun kohdistuvia vaikutuksia. Sandelin (emt., 55) on kuvannut menetelmän periaatteen opinnäytetyössään seuraavasti:

”Metallisen vesijohtoverkoston seinämiin kertyy kalkki-, rauta- ja mangaanisakkaa kuristaen virtauspoikkipinta-alaa. Mitä enemmän seinämässä on kertymää, sitä suurempi painehäviö putkessa aiheutuu. Poikkipinta-alan pienentymistä voidaan mitata virtaaman ja paineen samanaikaisella mittauksella. Metalliputken korroosio riippuu mm. veden korroosioaggressiivisuudesta, ympäröivästä maaperästä ja putken sisä- ja ulkopuolisesta pinnoituksesta. Korroosion yksi muoto on metallin laadullinen muutos, esim. hitsaussauma. Kuntoa mittaavassa menetelmässä analogisesti oletetaan, että kohdissa, joissa materiaaliin on tapahtunut muutoksia (kertymät seinissä) aiheuttavat epäjatkuvuuskohtia laadussa ja lisäävät korroosiomahdollisuutta. Lisäksi käytännön havainto on se, että sisäpuolinen korroosio lisää myös korroosiota yleisesti ko. putken osassa.”

Menetelmässä yhdistetään verkoston seinämistä irronneen sakan aiheuttamien painehäviöiden ja siitä johtuvien veden laadun muutosten avulla saatuja tietoja. Vaikutuksia arvioidaan ns. käänteisesti tutkimalla, mitä merkkejä hyvä ja huonokuntoinen verkosto antaa vedelle (Sandelin 2012, 55). Yhdistämällä saadut tulokset saadaan yhdistetty kuntoindeksi. Se, millä perusteella arvot annetaan, on salaista tietoa: ”Kuntoindeksin laskeminen on menetelmäpatentissa olevaa salaista tietoa (--) Kuntoindeksien tarkoitus on antaa yksikäsitteiset numeeriset arvot tutkittavan verkostonosan virtausominaisuuksille ja vaikuttavuudelle veden laatuun. Yhdistämällä em. ominaisuudet saadaan tulokseksi varsinainen kuntoindeksi.” (Sandelin 2012, 60.)

Riittävän monen tutkimuskohteen avulla muodostetaan ns. keskiarvolukemat esimerkiksi 20 ja 40 vuotta vanhalle verkostolle (metalli/teräs ja valurauta erikseen??). Kaikki ne 20/40 vuotta vanhat verkoston osat, jotka ovat oletettua huonommassa kunnossa, arvioidaan saneerausvelkaa kasvattaviksi ja lasketaan siten saneerausta vaativiksi. Mikäli taas osa verkostosta todetaan oletettua parempikuntoiseksi, voidaan näiden kunto arvioida (esim. 40 vuotta vanhan verkoston kunto vastaa 30 vuotta vanhaa verkostoa) tulevaisuuden saneerausvelan kartoittamista varten. Samassa voidaan myös arvioida, minkälaiset tekijät voivat vaikuttaa siihen, että toiset verkoston osat ovat odotettua paremmassa ja toiset odotettua huonommassa kunnossa (esim. maaperän vaikutukset kulumiseen). Mikäli 40 vuotta vanha verkosto on odotettua paremmassa kunnossa, voidaan myös keskimääräistä saneerausikää nostaa.

Menetelmällä luodaan käsitys paitsi teoreettisesta myös todellisesta painehäviöstä. Kun laitteen avulla saadaan keskiarvo 40 vuotiaan verkoston painehäviöistä ja virtauksen aiheuttamasta muutoksesta veden laadulle, voidaan nämä tiedot yhdistää vikaantumistietoihin, joita voidaan kerätä esimerkiksi Xpipe –järjestelmään (Xpipe on Teklan luoma järjestelmä, jolla kunnat, energiayhtiöt ja vastaavat voivat mallintaa ja analysoida kerättyä verkosto- tai muuta tietoa). Lisäksi näihin tietoihin voidaan yhdistää käyttökokemukset. *Nämä kolme tietoa yhdistämällä (kuntoindeksi, vikaantumistieto, käyttökokemukset) saadaan tulokseksi teoreettista käyttöikää tarkempi käsitys saneeraustarpeesta.*

Uuden menetelmän avulla eri verkostojen osille voidaan antaa kuntoindeksi. Rakentamalla kuntoindeksitiedot, vikaantumistiedon ja käyttökokemukset yhdistävä ohjelma, joka lisäksi yhdistetään moniin muihin jo käytössä oleviin tietoihin (mm. raportit tehdyistä korjaustoimenpiteistä) ja tunnuslukuihin (vuotohistoria), voidaan tulevaisuudessa saada aikaan karttatietoa, joka esittää tietyn alueen

saneeraustarpeet ja priorisoi tietyn alueen saneerauskohteet. (Heinonen 2009, 13, EPA 2002, 27–30.)

Menetelmää testattiin Akaassa Lentilän kaupunginosassa keväällä 2011. Tämän jälkeen myös muut vesilaitokset ovat ilmaisseet kiinnostuksensa menetelmää kohtaan, ja vuoden 2012 aikana menetelmän testaamista jatketaan. Vaikka ei voida olla varmoja, että laitteen ja menetelmän avulla kerätyt tiedot ovat absoluuttisesti oikeita, se on kuitenkin merkittävä edistysaskel kohti suhdelukuasteikolla ja numeerisesti arvottavaa kunnonmäärittämenetelmää.

Vuotokohtien paikannus

Puhdasvesi- ja viemäriverkoston kuntoa voidaan ainakin osittain kartoittaa vuotokohtien paikannuksen avulla. Menetelmiä on käytössä erilaisia. Tässä kappaleessa on käyty läpi vuotojen paikannuksen teknologiaa ja menetelmiä viemäri- ja puhdasvesiverkostossa. Tietolähteinä on hyödynnetty vuotojen paikannusta harjoittavien yritysten internet-sivuja, ko. yritysten henkilöstölle kohdistettuja haastatteluja sekä aiheeseen keskittyneitä alan ammatti- sekä tieteellisiä julkaisuja.

Vuotoääniloggerit

Vuotoääniloggereita voidaan soveltaa paitsi tilapäisessä vuotojen etsinnässä myös vesijohtoverkoston jatkuvassa tarkkailussa. Vuotoääniloggerien toiminta perustuu verkostossa ilmenevien äänien (dB) kuunteluun öisin (kello 02-04). Mikäli loggeri paikantaa poikkeavia ääniä, se tulkitsee ne vuodoksi ja antaa vuotoilmoituksen keskusyksikölle ”Patroller” (akkutoiminen kannettava yksikkö), joka tallentaa vuotoäänien voimakkuuden ja hajonnan sekä loggerin numeron. (Putkistotarvike 2012.)

Vuotoääniloggerien tehokkuuteen vuotojen etsinnässä vaikuttavat muiden kuunteluun perustuvien tekniikoiden tavoin putken koko, putkimateriaali ja syvyys maaperässä, kuuntelua häiritsevien äänten, kuten liikenteen, määrä, ympäröivä maaperä, vuodon tyyppi ja vuotokohdan koko, (water table level?), verkostossa oleva paine sekä käytettävän laitteen herkkyystaso. Tämän tutkimuksen haastattelujen perusteella metalli on kuuntelulaitteiden kannalta paras materiaalivaihtoehto, kun taas muoviputkissa, vuotokohtien paikantaminen on erittäin haastavaa, vaikkakaan ei mahdotonta (ks. myös Hunaidi ym. 2000). Mitä suurempi putken halkaisija on, sitä vaikeampi vuotokohtia on paikantaa. Maaperätyypeistä hiekkapohjaiset ovat kuuntelun kannalta suotuisampi ympäristö kuin savipohjaiset maat. Päälysteistä asfaltti tai betonipäälyste kantaa ääniä nurmikkoa paremmin. Liitos- tai venttiilien kohdalle syntyvien vuotokohtien havaitseminen kuuntelemalla on haastavampaa kuin selkeästä putken halkeamisesta tai korroosiosta aiheutuvien vuotojen paikannus. Verkostopaineen osalta suurempi paine voimistaa myös vuotoääniä. (Hunaidi 2000, 4-5.)

Menetelmän etuna on se, ettei ääniloggerien avulla tehtävä tarkastus vaikuta vesihuollon asiakkaiden vedensaantiin (Westerholm 2012, 26). Haittapuoleksi Westerholm (emt.) mainitsee paineenkorotuspumppamoiden ym. aiheuttamat väärät hälytykset, jotka voidaan kuitenkin kitkeä, kun tiedetään ko. laitteiden tarkka sijainti.

Virtaamamittarit

Virtaamamittareita on olemassa vuotokohtien väliaikaiseen ja jatkuvaan tarkkailuun. Virtaamamittarit seuraavat veden pinnan korkeutta, virtausnopeutta sekä verkostopainetta. Pinnankorkeus mitataan paineanturilla ja virtausnopeus elektromagneettisella anturilla. Antureihin perustuvien mittarien lisäksi Suomen Putkistotarvike Oy on kehittänyt myös lasertekniikkaan perustuvan virtaamamittarin, joka mittaa virtausnopeutta laser –tutkalla, jolloin vältytään anturin tukkeutumiselta, syöpymiseltä ja muilta häiriöiltä. Myös laser –tekniikkaan perustuvaa mittausta voidaan tehdä joko väliaikaisesti tai jatkuvasti. (Putkistotarvike.)

Haastattelujen perusteella virtaamamittaus on käyttökelpoinen erityisesti puhdasvesiverkostojen vuotojen paikantamisessa. Väliaikaisessa virtaamamittauksessa mittarit asennetaan usein valmiina oleviin paikkoihin. Jatkuva seurannassa mittareita asennetaan sekä jo olemassa oleviin että täysin uusiin kohteisiin. Väliaikaisessa seurannassa esimerkiksi radan- tai tienalitusten yhteydessä olevat kaivot ovat otollisia paikkoja, sillä niissä on usein valmiina näkyvillä pätkä paljasta putkea. Väliaikaisen seurannan heikkous suhteessa jatkuvaan seurantaan on se, että mittaustulokset riippuvat suuresti mittauspaikasta.

Painekoe

Painekoetta voidaan hyödyntää myös vuotojen paikannuksessa. Normaalia alhaisempi painetaso kertoo vuodosta silloin, kun pumppausten ja kulutusten arvot ovat pysyneet ennallaan. Varmempaa tietoa vuodoista saadaan vertailemalla kahden suhteellisen lähekkäin asennetun painemittarin tietoja. (Westerholm 2012, 17–18.) ”Menetelmän edellytyksenä on, että tutkittavassa vesijohtoverkostossa on riittävästi tarkkoja painemittareita esimerkiksi virtausmittauskaivojen, paineenkorotusasemien ja jätevesipumppaamoiden vesiliittymien yhteydessä. (emt., 24).”

Akustokorrelaattori

Akustokorrelaattori muodostuu kahdesta radiolähtimestä ja niihin kytketyistä ja verkostoon sijoitettavista mikrofoneista sekä keskusyksiköstä. Keskusyksikköön syötetään tarvittavat tiedot, kuten mikrofonien välinen etäisyys ja putken materiaalitiedot. Vuoto aiheuttaa purkautuessaan verkostosta ulos äänen, joka kulkeutuu mikrofoneille, jotka lähettävät tiedon keskusyksikölle. Keskusyksikkö mittaa äänen aikaeron alle tuhannesosasekunnin tarkkuudella ja määrittää vuotoäänien lähtökohdan eli vuotokohdan. (Westerholm 2012, 27.)

Mikäli vesijohtovuotoa ei kyetä paikantamaan edellä mainittujen menetelmien avulla, voidaan tarvittaessa turvautua myös kuuntelupiikkiin, kaasuun tai puhdistuselementtiin (ks. Westerholm 2012, 27–29).

2.2.2.2 Viemäriverkosto

TV-kuvaus

Jätevesiviemäreiden kuntoa voidaan mitata ja arvioida siihen erikoistuneella TV-kameralla (Heinonen 2009, 33). Kuvaukset suoritetaan puhdistetussa verkostossa. Puhdistus toimii samalla huoltotoimenpiteenä (emt.). Suomessa TV-kuvauksia tekevät lähinnä yksityiset palvelutuottajat, sillä kalliiden laitteiden omistaminen ei ole etenkin pienille vesihuoltolaitoksille kannattavaa.

TV-kuvausten avulla kerättyä materiaalia hyödyntäen viemäriputkiston eri osille voidaan antaa kuntoluokitus (esim. 1-4, jossa 1 tarkoittaa vähäistä vikaa ja 4 vakavaa vikaa). Kuntoluokitus perustuu siihen, miten vaurioitunutta verkosto on keskimäärin tietyllä alueella. Keskiarvojen käyttämisessä on huomioitava, että heikonkin keskiarvon saaneella alueella voi olla hyväkuntoisia verkoston osia (Järvenpään Vesi 2011, 5.).

TV-kuvausten avulla voidaan arvioida viemäriverkoston kuntoa havaitsemalla suoraan rakenteelliset viat. Siten se eroaa esimerkiksi vuoto- tai ongelmarekistereihin tai veden laadun mittauksiin perustuvasta kunnan arvioinnista. Menetelmän puutteena on se, ettei kuvaamalla saada tietoa esimerkiksi pienestä seinämäpaksuudesta, mikäli seinämät ovat kuluneet tasaisesti tai putken ulkopinnan vaurioista, elleivät ne näy sisäpinnalla. Mikäli tulevaisuudessa TV-kuvauksissa käytetty tekniikka kehittyy siten, että kamera pystyy mittaamaan esimerkiksi putken sisähalkaisijan, on laitteen avulla kerättävä tieto entistä luotettavampaa.

TV-kuvausten teettäminen vesijohtoverkostossa on teknisesti mahdollista, mutta hankalaa, sillä putki tulisi ennen kuvausta tyhjentää vedestä, mikä edellyttää vedenjakelukatkoa. Vesijohtojen kuvaamista hankaloittavat putken pieni koko verrattaessa viemäriverkostoon sekä putken tummuus. Musta muoviputki häiritsee kuvan laatua ja koska vesijohtoverkosto on viemäriverkostoa pienempi halkaisijaltaan, voi kameran saaminen sisälle putkeen olla vaikeaa. Viimeisenä esteenä on tarkastuskaivojen puuttuminen puhdasvesiverkostosta. Viettoviemärisä vettä kulkee vain vähän, jolloin sen tyhjentäminen ei ole yhtä vaikeaa eikä kuvaus aiheuta katkosta vesihuoltopalveluun.

Haastattelujen perusteella yksi keino vesijohtoverkoston rakenteellisen kunnan määrittämiseksi on näytepalan otto putkesta. Menetelmänä se on kuitenkin kannattamaton tehtäväksi saneerauspäätösten tueksi. Ennen näytteenottoa, putki tulisi tyhjentää vedestä, jolloin epäpuhtauksia voi päästä putken sisään. Tämä taas edellyttää putken desinfiointia, mikä pitkittää vedenjakelukatkoja entisestään. Lisäksi näytepalan oton perusteella ei voida tehdä laajempia päätelmiä verkoston kunnosta, sillä näytepala edustaa vain yksittäisen putkikohdan kuntoa. Vesijohtopuolella kunnossapidossa suositaan enemmän korjaavaa kuin ennakoivaa kunnossapitoa.

Vuotokohtien paikannus

Vuove -luotain

Vuove-luotain on 1990 -luvun puolivälin jälkeen tuoteistettu ja patentoitu menetelmä viemäriverkoston tarkastuskaivojen välisten vuotokohtien paikantamiseen (Sandelin 2012, 55). Laitteella voidaan kartoittaa verkostoon sisään vuotavien hule- tai muiden vesien määrää. Luotaimella voidaan kartoittaa vuoto- ja jätevesien absoluuttista määrää tai suhteellista osutta virtaamasta. (Vuove-insinöörit Oy.)

Luotain mittaa halutulta matkalta veden laatuparametrejä ja tallentaa ne muistiin, josta tiedot saadaan siirrettyä tietokoneelle. Syötetyt tiedot analysoidaan vuoveluotain –ohjelmalla, joka arvioi vuotovesiprosentin vuotokohdissa. Luotaimen ideana on se, että vuotokohdissa laatuparametrit muuttuvat voimakkaasti. Saatujen tietojen avulla vuoto voidaan paikantaa riittävän tarkasti. (Vuove-insinöörit Oy.)

Savukoe ja virtaamamittarit

Viemäriverkoston osalta verkoston kuntoa ja vuotokohtia voidaan arvioida savukoemenetelmällä sekä virtaamamittauksella. Savukoe -menetelmässä verkostoon syötetään vaaratonta savua paljastaen mahdolliset kansien ja liitosten vuotokohdat. Savun avulla voidaan myös varmistaa, ettei verkostoon johdeta sinne kuulumattomia sadevesiä ja että tuuletus toimii tarkoitetulla tavalla. (Putkistotarvike.)

Viemäriverkoston virtaamamittaus on ajoitettava keväisin sulamisvesien aikaan. Pumppaamoissa tulisi olla asennettuna omat virtaamamittarit. Ne toimivat astiamittareita¹ paremmin erityisesti sulamisvesien aikaan. Mittarien oikeaan asennustapaan ja huoltoon on kiinnitettävä huomiota. Sopiva huoltoväli on etsittävä kokeilemalla siten, että alussa laite huolletaan vuoden käytön jälkeen ja tämän jälkeen väliä pidennetään vuodella, kunnes oikea huoltoväli löydetään.

2.3 Käyttöikään vaikuttavia tekijöitä

Putken käyttöikään vaikuttavat eri tekijät. Usein saneeraussuunnitelmia tehtäessä sovelletaan teoreettista käyttöikää, putkimateriaalia ja asennusvuotta. Näiden tietojen avulla kerätty tieto käyttöiästä ei kuitenkaan välttämättä kuvasta putken todellista käyttöikää. Tässä luvussa käydään läpi verkoston käyttöikään ja kuntoon vaikuttavia tekijöitä. Tekijöiden moninaisuudesta voidaan päätellä, että ns. putken keskimääräinen käyttöikä ei ole välttämättä kovinkaan käyttökelpoinen tieto, vaan arviot tulee tehdä paikkakohtaisesti. Erityisesti maaperätietojen kerääminen on välttämätöntä, mikäli halutaan arvioida verkoston käyttöikää ja saneeraustarvetta. Vesijohtoverkoston osalta tutkimuksessa on hyödynnetty mm. Kekin ynnä muiden (2008) laatimaa tutkimusta vesijohtojen vaurioista ja käyttöiästä Suomessa. Viemäripuolella vaikutuksia on tutkittu aikaisemmin esimerkiksi betoniviemäreiden osalta (Betoniviemärit 2003).

Taulukkoon 2 on tiivistetysti kerätty yhteen vesihuoltoverkoston käyttöikään vaikuttavia tekijöitä.

Ns. astiamittauksista tehdään esim. jätevesipumppaamojen säiliöiden avulla; jäteveden määrää mitataan pumppauskertoihin perustuen. Epätarkkuutta mittaukseen tuo se, että pumppauksen aikana kaivon virtaa tilanteesta riippuen jatkuvasti vettä, jolloin pelkkä pumppauksen ylä- ja alarajan välinen astiatilavuus ei kerro pumpatun jäteveden kokonaismäärää.

Taulukko 2. Verkostoon kuntoon ja käyttöikään vaikuttavia tekijöitä

Sisäpuolinen kuormitus**Veden laatu****Puhdasvesi**

- veden laadun aiheuttama kuormitus: Veden laatu vaikuttaa metallisiin, sementtipohjaisiin ja muovisiin materiaaleihin mm. syöpmisen, aineiden liukenemisen ja saostumisen kautta
- veden syövyttävyys: pH:n, alkaliteetin ja kovuuden pieneneminen sekä kloridien, sulfaattien ja vapaan hiilidioksidin määrän kasvaminen lisäävät veden syövyttävyyttä

Jätevesi

- jäte- ja hulevesi sisältävät hiekkaa ja muita kovia partikkeleita, jotka kuluttavat putkea mekaanisesti
- jätevedessä syntyvät kaasut (rikkivety), väärä pH-pitoisuus, liuottimet tai vastaavat aineet vaikuttavat putken käyttöikään (nykyään betoni kuitenkin kestää jätevesien haitta-aineiden tyyppilliset raja-arvot, kuten pH 6...10 ja sulfaattipitoisuus alle 400 mg/l)
- Betonille haitallisimpia ovat happamat ja toisaalta sulfaattipitoiset jätevedet

Veden lämpötila ja siinä tapahtuvat vaihtelut

- veden lämpötilamuutosten aiheuttamat tilavuusmuutokset materiaaleissa
- Vesijohtopuolella pintavedestä valmistetun talousveden lämpötilat ja niissä tapahtuvat nopeat vaihtelut
- lämpötilan nouseminen lisää kemiallisten ja mikrobiologisten ilmiöiden määrää ja nopeutta ja vaikuttaa myös veden aggressiivisuuteen.
- teollisuuden tuottamat yli 60 asteiset jätevedet kuormittavat verkostoa

Mikrobiologiset ilmiöt

- mikrobikasvuun vaikuttavat veden sisältämät ravinteet, joista tärkeimpänä pidetään fosforia (sen avulla voidaan säädellä siten mikrobien kasvua).
- Myös putkimateriaalien ominaisuudet vaikuttavat mikrobien tarttumis- ja kasvukykyyn niiden pinnalla ja siten käyttöikään

Sisäpuolinen hydraulinen eli mekaaninen kuormitus

- veden tuottama paine, virtauksen ja paineen vaihtelut
- hydrauliset olosuhteet vaikuttavat materiaaleihin sekä aineiden liukenemisen ym. kautta että materiaalia mekaanisesti kuormittaen esimerkiksi kuluttamalla ja paineiskujen kautta. (Kekki ym. 2008, 20.)

Ulkopuolinen kuormitus	Maaperäolosuhteet <ul style="list-style-type: none"> - maaperän lämpötila vaikuttaa mikrobin kasvuun verkostopinnoilla ja siten putken käyttöikään Ilman lämpötila Mikrobiologiset ilmiöt <ul style="list-style-type: none"> - Tyypillisin esimerkki maaperässä tapahtuvasta mikrobiologisesta korroosiosta on sulfaattia pelkistävien bakteerien toiminta valurauta- ja teräspannien pinnassa - Sulfaattipitoisissa maaperissä mikrobiologisen korroosion riski suurempi - Mikrobin kasvamiseen verkostopinnoilla vaikuttavat lämpötila, hapen määrä, materiaalin ominaisuudet, ravinteet (fosfori), desinfektioaineet, paine, virtausolot ja niiden vaihtelu. Ulkopuolinen mekaaninen kuormitus <ul style="list-style-type: none"> - taivutus-, puristus- ja vetojännitykset sekä lämpötilamuutoksista aiheutuvat materiaalin tilavuusmuutokset - ulkopuolisen kuormituksen aiheuttajia: maan routiminen -> maakerrosten liikkeet, liikenne, läheiset maanrakennustyöt
Käyttöä edeltävät olosuhteet ja työn laatu	Valmistus ja kuljetus <ul style="list-style-type: none"> - suojaaminen auringon UV-säteilyltä - huolimaton käsittely (putken pudottaminen, yli ajaminen, taivutukset) - betoniputkiverkostossa vaikuttavat saumojen ja tiivisteen käyttöikä sekä betonin ja raudoitteiden kestävyys Asennus ja käyttöönotto <ul style="list-style-type: none"> - painumaton tai painuva rakenne - maan kivettömyys asennettaessa - arinarakenteet painuvassa maapohjassa

Tehdyn työn laatu

- Vaurioiden välttäminen urakoitsijan toimesta esim. kuljetustilanteissa; vahingot eivät tule esille painekokeissa, vaan vain lyhentyneenä käyttöikä.

Putkimateriaalin ja instrumenttien kestävyys

- laadukkaat suojaukset lisäävät putken käyttöikää huomattavasti
- betoniviemärin kemiallisen rasituksen sietokyky riippuu betonin valmistuksessa käytetyn sementin määrästä ja tyypistä sekä kovettuneen betonin ominaisuuksista (sideaineen eli sementtikiven huokoisuus ja betonin tiiveys; tiiviin ja kestävä betonin edellytys on alhainen vesisementtisuhte)
 - saumojen ja tiivisteiden käyttöikä sekä betonin ja raudotteiden kestävyys
 - kuparisen vesijohtoverkoston käyttöikää voidaan pidentää esim. tina-suojauksella

2.3.1 Sisäpuolinen kuormitus

2.3.1.1 Veden laatu

Puhdasvesi

Veden laatu vaikuttaa metallisiin, sementtipohjaisiin ja muovisiin materiaaleihin syöpmisen, aineiden liukenemisen ja saostumisen sekä biofilmeissä tapahtuvan mikrobitoiminnan vuorovaikutusten kautta. Verkoston hydrauliset olosuhteet puolestaan vaikuttavat materiaaleihin sekä edellä mainittujen ilmiöiden kautta että materiaalia mekaanisesti kuormittaen esimerkiksi kuluttamalla ja paineiskujen kautta. (Kekki ym. 2008, 20.)

Veden syövyttävyyden merkittävä veden teknistä laatua kuvaava tekijä. Yleensä pH:n, alkaliteetin ja kovuuden pieneneminen sekä kloridien, sulfaattien ja vapaan hiilidioksidin määrän kasvaminen lisäävät veden syövyttävyyttä. Näiden muuttujien vaihtelu lisää veden kemiallista epätasapainoa, joka yleensä lisää syöpymistä. (Kekki ym. 2008, 20.)

Jätevesi

Betoniviemäriin johdettava jäte- ja hulevesi sisältävät hiekkaa ja muita kovia partikkeleita, jotka pyrkivät kuluttamaan viemäriputken seinämiä mekaanisesti. Kulutus on suurimmillaan putken mutkissa. (BETONIVIEMÄRIT 2003, 10.) Myös jätevedessä syntyvät kaasut (rikkivety), väärä pH-pitoisuus, liuottimet tai vastaavat aineet kuormittavat viemärin sisäpintaa ja vaikuttavat putken käyttöikä.

Betonille haitallisimpia ovat happamat ja toisaalta sulfaattipitoiset jätevedet. Teollisuudessamme käytettiin 1950- ja 1960-luvuilla runsaasti kemiallisesti aggressiivisia aineita, ja niitä sisältävät jätevedet laskettiin suoraan viemäriin aiheuttaen putkistolle vaurioita. Normaaleissa tämän päivän jätevesiolosuhteissa betoni kestää kemiallista korroosiota hyvin ja sietää myös suurimmat yleisen

viemärlaitokseen johdettavien jätevesien haitta-aineiden tyypilliset raja-arvot, kuten pH 6...10 ja sulfaattipitoisuus alle 400 mg/l (Viemäriin johdettavat teollisuusjätevedet, Vesi- ja viemärlaitosyhdistys 2002).

2.3.1.2 Veden lämpötila ja siinä tapahtuvat muutokset

Yleensä lämpötilan nouseminen lisää kemiallisten ja mikrobiologisten ilmiöiden määrää ja nopeutta ja vaikuttaa myös veden aggressiivisuuteen. Nämä ilmiöt ovat kuitenkin pitkäaikaisia muutoksia, joiden vaikutukset materiaaleihin yleensä ääritapauksia lukuun ottamatta tulevat esiin vasta vuosien kuluessa. Esimerkiksi ero 5 tai 25 °C-asteisen veden aggressiivisuudessa voi olla hyvin suuri.

Aggressiivinen vesi syövyttää esimerkiksi kiinteistön sisäisissä verkostoissa käytettäviä kuparisia vesijohtoputkia hyvin nopeasti ja aiheuttaa siten korroosiota (Huhtiniemi, 9.9.2004). Samoin lämpötilan vaihtelu satunnaisesti tai syklisesti voi vaikuttaa hyvin paljon (McNeill ja Edwards 2002). Suuret lämpötilan vaihtelut Suomessa voivat olla suuressa roolissa materiaalien mekaanisen kestävyuden osalta. (Kekki ym. 2008, 21.) Myös pintavedestä valmistetun talousveden lämpötila vaihtelee huomattavasti vuodenaikojen mukaan. Lämpötilaerot ovat samaa suuruusluokkaa myös verkostoissa. (emt., 22)

Viemäriverkostossa erityisesti teollisuusjätevesien osalta liian korkea lämpötila (n. 60 astetta) kuormittaa viemäriin sisäpintaa.

2.3.1.3 Mikrobiologiset ilmiöt

Kasvuympäristö ratkaisee mikrobien kasvun ja valikoitumisen vesijohtoverkostossa. Tästä syystä putken sisäpinnan virtaavassa vedessä ja ulkopinnan maaperässä tapahtuvia mikrobiologisia ilmiöitä on tarkasteltava erikseen. Mikrobit vaikuttavat toiminnallaan veden hygieeniseen laatuun ja materiaaleihin, mutta toisaalta veden laatu vaikuttaa voimakkaasti mikrobien kasvuun.

Yleiseen mikrobikasvuun vaikuttavat voimakkaasti veden sisältämät ravinteet, joista mm. Suomen ja Japanin jätevesiverkostojen kannalta tärkeimpänä pidetään fosforia. Kasvua rajoittavana fosfori on aine, jonka pienikin lisäys vaikuttaa suoraan mikrobien kasvuun toisin kuin ravinteet, jotka eivät ole kasvua rajoittavia (Sathasivan ym. 1997; Lehtola, Miettinen, Vartiainen & Martikainen 2002). Sen avulla voidaan siten helposti säädellä mikrobikasvua verkostossa. Myös putkimateriaalien ominaisuudet vaikuttavat ratkaisevasti mikrobien tarttumisen- ja kasvukykyyn niiden pinnalla ja siten käyttöikänsä (Kekki ym. 2008, 24).

2.3.1.4 Sisäpuolinen mekaaninen kuormitus

Mekaanista eli hydraulista kuormitusta aiheuttavat verkostossa erilaiset tekijät. Verkostoa kuormittavat sisältäpäin veden tuottama paine, virtauksen ja paineen vaihtelut ja veden lämpötilamuutosten aiheuttamat tilavuusmuutokset materiaaleissa (Kekki ym. 2008, 28). Lisäksi verkoston hydrauliset olosuhteet vaikuttavat materiaaleihin materiaalia mekaanisesti kuormittaen esimerkiksi kuluttamalla ja paineiskujen kautta. (Kekki ym. 2008, 20).

2.3.2 Ulkopuolinen kuormitus

2.3.2.1 Maaperäolosuhteet

Vesijohtomateriaalien kestävyteen ja käyttöikänsä maaperässä vaikuttavat maaperän ominaisuudet ja ”materiaali” sekä laatu sekä tilanteesta riippuen

maaperän sisältämän veden määrä tai pohjaveden taso ja laatu (Kekki ym. 2008, 28). Sijoitettaessa putkilinjoja järven pohjalle tai sillan alle ilmasto-olosuhteisiin ulkopuoliset tekijät poikkeavat normaalista maaperärasituksesta. (emt., 20) Alueella, jossa pohjaveden pinnankorkeus vaihtelee voimakkaasti, maaperäkorroosion riski on suuri. Vastaava vaikutus on havaittu myös eri maakerrosten rajakohdissa (Salo ja Saarikoski 1988). (emt., 28)

Maaperän laadussa aggressiivisuus (ks. esim. Lehtimäki 2007, 25) vaikuttaa putken käyttökään vähentävästi. Toisaalta maaperässä olevat painumat ja kivet kuluttavat verkostoa. Myös maaperän lämpötila ja siinä tapahtuvat vaihtelut vaikuttavat käyttökään. Lämpötila ja siinä tapahtuvat muutokset ovat kuitenkin melko pienessä roolissa verrattaessa muihin tekijöihin. Lisäksi maaperän lämpötila on tekijä, jota ei voi muuttaa.

Viemäriverkostossa käyttökään voi vaikuttaa maaperästä aiheutuva kemiallinen rasitus. Pääsääntöisesti tavalliset betoniputket voidaan Suomessa asentaa ilman vaaraa maaperän aiheuttamista kemiallisista vaurioista. Riskialueilla vaurioihin on kuitenkin syytä varautua. Esimerkkejä alueista, joilla on syytä hakea putkivalmistajan kanssa yhteistyössä oikeat betonitekniset ratkaisut, ovat:

- sellu- ja paperitehtaiden lähistöllä maaperä saattaa sisältää liian korkeita sulfaatti- tai sulfiittipitoisuuksia
- kiisupitoisten kallioiden alueet (esimerkiksi Porin seutu)
- suoalueet, joissa on hiilihappopitoinen pohjavesi. (BETONIVIEMÄRIT 2003, 11.)

2.3.2.2 Ilman lämpötila

Ilman lämpötila ja siinä tapahtuvat nopeat vaihtelut voivat vaikuttaa verkoston vaurioitumiseen ja käyttökään. Ilman lämpötila vaikuttaa aineiden liukenemiseen, syöpymiseen ja mikrobiologiseen aktiivisuuteen sekä jakelu- että kiinteistöverkostojen pinnoilla.

Samoin lämpötilan vaihtelu satunnaisesti tai syklisesti voi vaikuttaa hyvin paljon (McNeill ja Edwards 2002). Suuret lämpötilan vaihtelut Suomessa voivat olla suuressa roolissa materiaalien mekaanisen kestävyuden osalta. (Kekki ym. 2008, 21.)

Yleensä lämpötilan nouseminen lisää kemiallisten ja mikrobiologisten ilmiöiden määrää ja nopeutta. Nämä ilmiöt ovat kuitenkin pitkäaikaisia muutoksia, joiden vaikutukset materiaaleihin yleensä ääritapauksia lukuun ottamatta tulevat esiin vasta vuosien kuluessa. Esimerkiksi ero 5 tai 25 °C-asteisen veden aggressiivisuudessa voi olla hyvin suuri. Aggressiivisuudesta on selitetty tarkemmin luvussa 2.3.1.1.

2.3.2.3 Mikrobiologiset ilmiöt

Maaperässä elää hyvin suuri määrä erilaisia mikrobeja, joiden kirjo on keskimäärin huomattavasti suurempi kuin verkostojen sisällä. Ulkopintojen mikrobiologisen korroosion aiheuttavien mikrobiryhmien tai -lajien on kuitenkin usein todettu olevan samoja, kuin verkostojen sisällä tapahtuvassa mikrobiologisessa korroosiossa. Myös ulkopinnoilla elävät mikrobit muodostavat biofilmiä, ja kasvuun vaikuttavat siten samat tekijät, kuin verkoston sisällä lukuun ottamatta putkessa virtaavaa vettä, joka on ratkaiseva ympäristötekijä mikrobeille. Tyypillisin esimerkki maaperässä

tapahtuvasta mikrobiologisesta korroosiosta on sulfaattia pelkistävien bakteerien toiminta valurauta- ja teräsputkien pinnassa. Sulfaattipitoisissa maaperissä mikrobiologisen korroosion riski on siten suurempi. Mikrobin kasvamiseen verkostopinnoilla vaikuttavat lämpötila, hapen määrä, materiaalin ominaisuudet, ravinteet, desinfiointiaineet, paine, virtausolot ja niiden vaihtelu. (Kekki ym. 2008, 24–25.)

2.3.2.4 Ulkopuolinen mekaaninen kuormitus

Jakeluverkostojen putkiin vaikuttavat ulkopuoliset kuormitukset voidaan jakaa yleisesti taivutus-, puristus- ja vetojännityksiin sekä lämpötilamuutoksista aiheutuviin materiaalin tilavuusmuutoksiin (Makar ym. 2000). Juotosliitoksien ja taivutusten myötä muokkautuneet kohdat syöpyvät muita nopeammin (Huhtiniemi 2004). Ulkopuolisen kuormituksen aiheuttajia on useita. Maakerrosten routiminen ja tällöin tapahtuvat johtoa ympäröivien maakerrosten liikkeet kuormittavat rakenteita pääasiassa alhaalta päin. Roudan aiheuttama maakerrosten nousu voi olla useita senttimetrejä (Salo ja Saarikoski 1988). Myös liikenne ja läheinen maanrakennustoiminta lisäävät mekaanista kuormitusta. (Kekki ym. 2008, 30.)

2.3.3 Käyttöä edeltävät olosuhteet

2.3.3.1 Valmistus ja kuljetus

Kun tuotteet valmistuksen jälkeen kuljetetaan asennuspaikalle tai varastoon, huolellisuus niiden käsittelyssä on tärkeää. Esimerkiksi putkien pudottaminen voi aiheuttaa naarmuja tai halkeamia putkeen tai sen pinnoitteeseen. Huolimaton käsittely voi aiheuttaa myös sisäpinnoitteen vaurioitumista, esim. sementtilaastin hiushalkeilua. Muoviputkien naarmut voivat olla vaurioiden alkukohtia käyttöolosuhteissa. Lisäksi kiinteistöjen muoviputket on suojattava ja jakeluverkostojen putket suositellaan suojattavaksi auringon UV-säteilyltä, sillä pitkäaikainen varastointi suojaamattomassa paikassa voi heikentää materiaalia. (Kekki ym. 2008, 30)

2.3.3.2 Asennus ja käyttöönotto

Jakeluverkoston putkijohto voidaan suunnitella sen toimintatavasta ja maaperäolosuhteista riippuen joko painuvaksi tai painumattomaksi rakenteeksi. Painuvan putkirakenteen tulee kestää painumisesta aiheutuvat muodonmuutokset. Painuvalla maapohjalla putki usein rakennetaan arinarakenteen varaan. Arina tulee suunnitella siten, että se tarjoaa riittävän kantavan työalustan putkea asennettaessa, tasaa epätasaisesta kovasta pohjasta aiheutuvat jännityshuiput, tasaa äkilliset painumaerot ja estää siten putken rikkoutumisen ja liitosten aukeamisen, estää liian suuret painumat ja painumaerot, jotka saattaisivat aiheuttaa putken kaltevuuden suunnan muuttumisen tai muita haittoja sekä tarjoaa riittävän paksun ja routimattoman pohjan putkille. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto 1995) Maan kivettömyys on asennuksessa oleellista. (Kekki ym., 30-31)

2.3.3.3 Tehdyn työn laatu

Saneerattaessa vesihuoltoverkostoa se, miten asennettavaa putkea kohdellaan ennen asennusta voi vaikuttaa huomattavasti siihen, kestääkö putki tavoiteltavat 50 vuotta vai vain esimerkiksi 20–30 vuotta. Pienikin vahinko putken pinnassa voi johtaa siihen, että putki kestää vain 2/3 normaalista käyttöiästään. Tämän kaltaiset työn laadussa tehdyt virheet eivät näy välittömästi saneerauksen jälkeen tehtävissä

painekokeissa. Hyvä palvelutuottaja kiinnittääkin erityistä huomiota siihen, ettei putki vaurioidu mm. kuljetuksessa.

2.3.4 Putkimateriaalin ja instrumenttien kestävyys

Kunnon suojaukset vesijohto- ja viemäriverkostossa lisäävät käyttöikää huomattavasti. Betoniviemäriin käyttöikään vaikuttavien tekijöiden listaan voidaan lisätä saumojen ja tiivisteiden käyttöikä sekä betonin ja raudotteiden kestävyys. Tavoitteeksi asetettu 100 vuoden käyttöikä saavutetaan nykyisillä korkealuokkaisesta betonista valmistetuilla putkilla, mikäli putkessa johdettava jätevesi täyttää sille asetetut vaatimukset ja putkilinja on asennettu asianmukaisesti. (BETONIVIEMÄRIT 2003, 14.)

Kemiallisten rasitusten sieto riippuu betonin valmistuksessa käytetyn sementin määrästä ja tyypistä sekä kovettuneen betonin ominaisuuksista. Betonin sideaineen eli sementtikiven huokoisuus ja erityisesti betonin tiiveys vaikuttavat siihen, kuinka helposti betonia vahingoittavat aineet voivat siihen tunkeutua. Sementtikiveen muodostuva huokosmäärä ja huokosten koko riippuvat pääasiassa betonimassan vesisementtisuhteesta. Tiiviin ja kestävä betonin edellytys on alhainen vesisementtisuhte. Putkibetonit ovat kuivia massoja, joiden vesisementtisuhte on alhainen (noin 0,3...0,4). Putkibetonin tiiviyys ja korkea lujuusluokka takaavat hyvän kemiallisen kestävyuden.

Käyttöikään voidaan vaikuttaa jossain määrin keinotekoisesti. Tutkijatohtorina Manchesterin yliopistossa toimiva Elina Huttunen-Saarivirta on kehittänyt työssään kiinteistön sisäisten vesijohtoputken käyttöikää pidentävää menetelmää (Huhtiniemi 2004). Menetelmässä hyödynnetään tinaa, jolla voidaan pinnoittaa kuparinen vesijohto kauttaaltaan. Koska tina kestää hyvin korroosiota, se suojaa putkistoa ja sen korroosiokestävyys paranee. Samalla putkiremonttien tarve vähenee, vaikka putkessa virtaava vesi olisi huonolaatuista. (Huhtiniemi 2004.)

3 Saneerausvelka ja saneerauspäätöksenteko

Saneerausvelan määrittämisellä tarkoitetaan verkoston kunnon ja sen perusteella tehtävän saneeraustarpeen määrittämistä. Saneerausvelkaan voidaan myös lisätä muut verkoston osat esimerkiksi pumppaamot, jotka eivät vastaa kohtuullista tasoa. Saneerausvelka ilmaistaan lopullisessa muodossa rahamääränä, joka verkostoon tulisi investoida, että verkosto voitaisiin uusia kohtuulliselle tasolle. (Heinonen 2009, 11.)

Tässä luvussa saneerausvelan määrittämisessä on hyödynnetty Akaan vesilaitokselle laadittua opinnäytetyötä Akaan vesilaitoksen verkostojen saneerausvelan arvioinnista (Heinonen 2009), HS -veden kehityspäällikön – Akaan vesilaitoksen entisen verkostopäällikön – Jukka Sandelinin (2012) kirjoittamaa opinnäytetyötä vesijohtoverkostojen hallinnan kehittämisestä sekä Ville Pietarilan (2012) laatimaa tutkimusta Oulun kaupungin alueen vesi- ja viemäriverkostoihin kohdistuvasta saneeraustarpeesta.

3.1 Saneerausvelan määrittäminen

Saneerausta tehdään nykyään paitsi liian vähän myös osittain väärissä kohteissa. Saneeraustarpeen lähtökohtana on pidetty usein ROTI:n (2009) verkostolle keskimääräisesti arvioitua 40 vuoden käyttöikä (Sandelin 2012, 4.1). Mikäli vesihuoltolaitoksella on tiedossa vähintään verkoston eri osien ikä ja materiaali, voidaan keskiarvoa käyttämällä laskea verkostolle ainakin teoreettinen saneeraustarve ja saneerausvelka.

Teoreettisen saneerausvelan laskeminen tehdään siten, että otetaan esimerkiksi kunnassa vuoteen 1960 mennessä rakennettu verkostopituus ja verrataan 40 vuotta myöhemmin, vuonna 2000, saneerattuun verkostopituuteen. Mikäli saneerattu verkostopituus vuonna 2000 jää alle vuonna 1960 rakennetun verkostopituuden, on saneerausvelkaa kertynyt.

3.1.1 Case Akaa

Teoreettista tarkempia arvioida voidaan saada, kun saneeraustarpeen määrittämisessä mainittuihin ikä- ja materiaalitietoihin yhdistetään verkostopäälliköiden tai vastaavien kokemustieto. Tarpeen muuttaminen euromääräiseksi saneerausvelaksi käy yhdistämällä näihin tietoihin yksikköhinnat. Yksi tämän kaltainen selvitys on Akaan vesilaitoksen verkoston saneeraustarpeeseen keskittyvä diplomityö (Heinonen 2009). Selvityksessä perehdytään erityisesti Toijalan alueeseen, jossa verkostotieto on ollut hyvällä tasolla.

Seuraavaksi käydään läpi lyhyesti kyseisen tutkimuksen tulokset. Tutkimuksen tarkempana kohteena oli Toijala, jossa verkostotiedot olivat esimerkiksi Viialan aluetta paremmalla tasolla, ja laskelmien tekeminen siten helpompaa. Opinnäytetyössä käytetyt saneerausvelkalaskelmat perustuivat putkelle asetettuun teoreettiseen 40 vuoden käyttöikä ja saneeraukselle asetettuun yksikköhintaan (€/m) (Heinonen 2009, 37).

Heinosen (2009) teettämän opinnäytetyön tietojen pohjana ovat Toijalan osalta Ilpo Miekan opinnäytetyössään (Vesihuoltoverkoston kuntokartoitus ja saneeraussuunnitelma) aikaisemmin kokoamat Toijalan kaupungin vesihuoltoverkostotiedot ja Akaan saneerausvelkaryhmän alustavat arviot. Heinonen tarkastelee Toijalan alueella sijaitsevien betoniviemäreiden saneeraustarvetta lähtökohtanaan verkoston rakentamisvuosi. Ensimmäiset betoniviemärit rakennettiin Toijalassa vuonna 1952 ja viimeiset 1973. Näin ollen 40 vuoden käyttöikä keskiarvolla ko. viemäriverkoston osien saneeraustarve käynnistyi vuonna 1992.

Selvityksen mukaan vuoteen 2007 mennessä Toijalassa saneerattiin betoniviemäreitä noin 367 metriä vuodessa eli yhteensä betoniviemäriä saneerattiin 11 735 metriä. Tutkimuksen mukaan saneerausmäärän olisi tullut olla 40 vuoden käyttöikäällä 19 291 metriä eli noin 622 metrin vuodessa, mikä on lähes kaksinkertainen määrä. Toijalan alueella vuoden 2007 lopulla teoreettinen saneerausvelan määrä oli siten (19 291 m-11 735 m=) 7556 metriä. (Heinonen 2009, 12.)

Rahamääräisesti mitattuna Toijalan alueen saneerausvelan arvioitiin olevan saatujen lukujen ja 250 euron yksikkökustannusten perusteella 1 889 000 euroa. Koko Akaan

alueella saneerausvelkaa oli kertynyt 15 112 metriä, mikä tarkoittaa 3 778 000 euroa.

Vuoden 2013 jälkeen saneerausvelkaa ei betoniviemäreiden osalta kerry enää lisää, sillä vuoden 1973 jälkeen Toijalan alueella ei ole rakennettu betoniviemäriä. (emt., 13.) Tutkimuksen ulkopuolelle jätetyt muoviputkista rakennetut verkostonosat tulevat kuitenkin kasvattamaan viemäriverkoston saneeraustarvetta.

Laskelmiin voidaan suhtautua varauksella siltä osin, että ne perustuvat yhteen ainoaan yksikköhintaan. Kuten seuraavassa luvussa 3.2 todetaan, voivat yksikköhinnat vaihdella huomattavasti. Näin ollen koko verkoston saneerausvelan perustuminen yhteen yhteiseen yksikköhintaan voi antaa epätarkan kuva alueen todellisesta euromääräisestä saneerausvelasta.

3.1.2 Case Oulu

Ville Pietarilan (2012) laatima selvitys Oulun kaupungin alueen vesi- ja viemäriverkostoihin kohdistuvasta saneeraustarpeesta on tuorein aiheen tiimoilta tehty tutkimus. (Pietarila 2012, 24–25.) Oulussa saneerausmäärät ovat vesi- ja viemäriverkostossa pysyneet suhteellisen vakiona viime vuodet. Saneeraukset ovat kohdistuneet pääosin sinne, missä myös katuverkko on vaatinut saneerausta. Tämä on laskenut saneerauksesta Oulun Vedelle syntyviä kustannuksia. Samalla kuitenkin saneerauskohteet ovat valikoituneet katusaneerauskohteiden mukaisesti, eikä verkostosaneerausta ole välttämättä kohdistettu sinne, missä siitä saataisiin suurin hyöty tai missä sitä eniten kaivattaisiin. (Pietarila 2012, 29–30.)

Sivuilla 29–30 ja 50 esitettyjen taulukoiden 3 ja 9 mukaisten arvioiden sekä muiden taustatietojen avulla Pietarila on laskenut Oulun kaupungin vesihuoltoverkoston saneerausvelan määrän. Laskelmien mukaan saneerausta kaipaavaa vesijohtoverkostoa on Oulussa 35,5 km. Velkaa on kerääntynyt ennen vuotta 1962 rakennetuista eli yli 50 vuotiaista putkista. Huomioiden saneeraustarpeessa olevien putkien materiaalit, Pietarila arvioi ko. putkien saneerauskustannusten olevan yhteensä 9 277 371 € (Pietarila 2012, 40).

Jätevesiviemäreistä 17 km on saneeraustarpeessa huomioiden viemäriverkoston teoreettisen käyttöiän ja asennusvuoden (1962 vanhemmat, pääosin betonista rakennetut, putket). Oulun kaupungin jätevesiviemäreissä käytetty materiaali-jakauma ja saneerauskustannukset huomioon ottaen ko. putkien teoreettinen saneerausvelka on 7 641 237 € (emt., 41). Yhteensä Oulun kaupungin vesihuoltoverkoston saneerausvelka on siten yhteensä noin 16 920 000 €.

Oulun on esimerkki teoreettisen saneeraustarpeen määrittämisestä. Kunnan määrittäminen erityisellä kuntotutkimuksella on lupaava konsepti, mutta toimiakseen se tarvitsee systemaattisuutta ja johdonmukaisuutta (Grigg 2006). Viemäriverkon osalta TV-kuvausten avulla kerättyjen havaintojen kokoaminen yhteenvetokartalle voi helpottaa jatkoarviointeja etenkin, jos tietoihin yhdistetään esimerkiksi erilaisia vuotovesiselvityksiä ja vuotovesimallinnuksia, (joiden avulla saadaan selvitettyä pahimmat vuotovesialueet) sekä raportointitiedot tehdyistä korjaus- ja huoltotoista. (emt., 13.) Lisäksi voidaan hyödyntää edellä esitettyjä tunnuslukuja ja vuosittaisten asiakastytyväisyyskyselyjen tuloksia. Verkoston kuntoa arvioitaessa maaperätiedot ovat keskeistä dokumentaatiota. Parhaimmillaankin näiden tietojen yhdistäminen on kuitenkin epävarmaa, ja vaikka ne tarjoavat elintärkeää tietoa verkostojen

omistajille, on näiden lisäksi kehitettävä uusia entistä tarkempia menetelmiä verkoston kunnan ja saneeraustarpeen määrittämiseen (AWWRF 2004, 20).

3.2 Puutteet nykyisissä saneeraustarpeen ja -velan määrittämisen menetelmissä

Edellä esitellyt teoreettisen kunnan ja saneerausvelan arviointimenetelmät saattavat antaa epätarkan kuvan verkoston kunnosta. Pelkän iän ja putkimateriaalin perusteella tehtävä arviointi ei aina ole riittävä, sillä eri ikäkausien tuotteilla on huomattavia eroja muun muassa kestävyudessa. Huonokuntoisimmat vesijohtoverkostot eivät siten suinkaan ole ”niitä vanhimpia, vaan niitä, jotka on rakennettu sotien jälkeen”, jolloin pula laadukkaista putkimateriaaleista, joiden pinnoitteet olisivat tarjonneet riittävän suojan korroosiota vastaan, oli aikoinaan kova. (Rosengrén 2009, 10.) Pulasta huolimatta verkoston rakentaminen oli välttämätöntä vilkkaan asuttamisen vuoksi. Pula-ajan rakentamisen tulokset näkyvät myös tämän päivän saneeraustarpeessa.

Saneerausvelan teoreettinen laskeminen riippuu monesta eri tekijästä. Putkelle määritellyllä käyttöiällä on huomattava vaikutus saneeraustarpeen arvioinnissa saatuihin tuloksiin (Pietarila 2012, 39). Yleisesti esimerkiksi vesijohtoverkoston tekninen käyttöikä on noin 40–60 vuotta riippuen putken rakennusvuodesta ja rakennusalueelta saaduista kuntotiedoista (Kekki ym. 2008, 134).

Akaan alueella tehdyssä selvityksessä on käytetty vaihtoehtoisia käyttöikäjä ja arvioitu niiden vaikutusta lopulliseen arvioon saneeraustarpeesta. Mikäli tutkimuksessa olisi käytetty 35 tai 50 vuoden käyttöikäjä, olisivat tulokset hyvin erilaisia. 35 vuoden käyttöiällä teoreettinen saneerausvelka samoilla yksikköhintoilla laskettuna Akaassa olisi 34 598 metriä eli 8 649 500 euroa (vrt. 40 vuoden käyttöikään: 15 112 metriä, 3 778 000 €). 50 vuoden käyttöiällä sen sijaan saneerausvelkaa alkaisi muodostua vasta ensi vuodesta lähtien. Saneerausvelkaa arvioitaessa käyttöiän valinnalla on siten suuri vaikutus mahdollisen velan suuruuteen. (Heinonen 2009, 15.)

Samoin saneerausvelan euromääräisessä arvioinnissa yksikköhintojen valinnalla on huomattava merkitys (Pietarila 2012, 39). Pietarilan (2012, 40) opinnäytetyössä saneerauskustannukset on arvioitu seuraavanlaisesti:

Taulukko 3. Vesijohto- ja viemäriputkien saneerauskustannukset

Vesijohto		Viemärit	
Halkaisija/mm	Hinta/m	Halkaisija/mm	Hinta/m
40–160	200 €	110–200	180 €
160–315	350 €	200–500	250 €
315-	600 €	500–1000	500 €
		1000-	1100€

Heinonen (2009, 37) toteaaakin, että etenkin saneerauksen yksikköhinta tulisi arvioida tapauskohtaisesti, koska siihen vaikuttavat monet eri tekijät. Myös tästä syystä arvioiden paikkansa pitävyyttä on arvioitava kriittisesti.

Tapauskohtaisuutta tulisi soveltaa myös maaperätietoihin. Putkimateriaalin, asennusvuoden ja putken iän lisäksi putken käyttöikään vaikuttaa huomattavasti ympäröivä maaperä, sen laatu ja ominaisuudet. Maaperätieto on keskeisessä roolissa, kun arvioidaan muodostunutta saneeraustarvetta.

Saneeraustarpeen arvioinnissa voidaan panostaa myös täysin uuteen tekniikkaan ja menetelmiin. Näin on tehnyt mm. Hämeenlinnan Seudun Vesi Oy:n (jatkossa HS-Vesi) kehityspäällikkö Jukka Sandelin opinnäytetyössään, johon liittyen Akaassa suoritettiin pilottikokeiluita vesihuoltoverkoston kunnan määräytykseen tarkoitettulla vesitrioskoopilla (Sandelin 2012). Akaassa tavoitteena on hyödyntää vesijohtoverkoston kunnossapidon suunnittelussa aikaisemmin puuttunutta suhdelukuasteikollista tietoa. Menetelmään on tarkemmin paneuduttu luvussa 3.4.1.

3.3 Saneeraustarpeen ja –ajankohdan arvioinnin kehittäminen jatkossa

Vesialan toimijoille tehtyjen haastattelujen perusteella saneeraustarpeen ja –ajankohdan määrittämiseen on käytössä useita eri menetelmiä. Vikakorjaukset ovat etusijalla putkistojen korjauksessa. Osassa vesilaitoksista saneerausta tehdään, erityisesti kaupunki- ja taajama-alueella, pääasiassa katusaneerausten yhteydessä. Vesijohtoverkostojen saneerauksessa vaikuttavia tekijöitä ovat putkimateriaali, ikä, veden laatu ja tietojärjestelmistä saatavat vuoto- ja häiriötiedot. Eräissä kunnassa saneeraukseen vaikuttaa merkittävimmin sellaisten kohteiden löytäminen, mitkä suhteutettuna sijoitettavaan rahamäärään vähentäisivät vuotovesiä eniten. Ympäristöolosuhteet vaikuttavat myös saneerauskohteiden valintaan; esimerkiksi hiekkamailla teräsputket kestävät huomattavasti kauemmin kuin savimailla. Viemäriverkostoissa verkoston kuntoa määritetään yleisesti asennusvuoden ja –materiaalin sekä käytön perusteella. Verkoston TV-kuvaamisen perusteella tehdään myös saneerauspäätöksiä.

Verkostotiedon lisäämisen tulisi olla ensisijainen tavoite kunnallisissa vesihuoltolaitoksissa. Aikaisempaa tarkempi verkoston osien kuntotutkimus antaa elintärkeää tietoa esimerkiksi saneeraussuunnitelmaa tehtäessä. Pelkän iän, putkimateriaalin ja kokemuseräisen tiedon perusteella tehdyt saneeraussuunnitelmat voivat johtaa siihen, että saneerataan putkia, jotka todellisuudessa ovat yhä toimintakykyisiä. Samalla saneerausta todellisuudessa kaipaavat putket jäävät saneeraamatta. Näin voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä. Mikäli verkoston kuntoa pystytään tulevaisuudessa määrittämään yhä tarkemmin, voidaan luopua teoreettisen saneerausvelan arvioinnista ja siihen perustuvista saneerausinvestoinneista ja voidaan investoida niihin kohteisiin, joissa verkoston todellinen käyttöikä lähestyy loppuaan.

3.3.1 Saneerausten kustannus-hyöty –näkökulman kehittäminen

Entistä tarkempi verkostotieto antaa mahdollisuuden tehdä laskelmia verkostojen optimaalisesta saneerausajankohdasta. Kun verkostojen todellinen kunto ja saneeraustarve ovat selvillä, voidaan saneeraustarpeen lisäksi muodostaa tarkempi arvio syntyvistä saneerauskustannuksista. Esimerkiksi Akaassa vesijohtoverkoston saneerauskustannusten arvioidaan olevan 250€/metri (Heinonen 2009, 14). Kun tiedossa on tarvittavat saneerauskohteet ja niihin perustuvat arviot tulevista saneerauskustannuksista, voidaan arvioida myös optimaalinen saneerausajankohta

punnitsemalla verkoston nykykuntoa, saneerauskustannuksia ja toisaalta saneerauksen hyötyjä (esim. vertaillaan 1970 rakennettua vesijohtoverkoston ja tarkastellaan, miten lopputulos eroaa, jos verkosto saneerataan vuonna 2010 tai 2020). Mikäli verkosto päätetään saneerata 2010, 40 vuoden iässä, tulevat maksettavaksi saneerauskustannukset (materiaali ja asennustyö (250€/m)), mutta saadaan mm. alla olevan listan mukaiset hyödyt. Hyödyt pätevät pääasiassa niin vesihuolto- kuin viemäriverkostonkin.

Hyödyt:

- verkosto vastaa uutta verkostoa (hyvin tehtynä myös kaivamattomilla (no dig) –menetelmillä saneerattu verkosto vastaa uutta)
- vuotojen aiheuttaman laskuttamattoman veden määrä pienenee
- verkoston korjausten tarve pienenee: verkoston kunnossapitokustannukset ja esim. yllättävien vuotojen korjaustarpeen vähenemisen myötä säästetyt eurot
- säästytään mahdollisista suurista putkirikoista aiheutuneilta kustannuksilta. (Esimerkiksi Helsingissä yhden putkirikon korjaaminen maksaa arviolta 8000€, Oulussa 6000€ ja Tampereella jopa 12 000€) (Verkostosaneerausten vaikuttavuuden arviointi 2011, 29.) Lopulliset kustannukset riippuvat mm. vuodon koosta ja sijainnista.)
 - menetetty vesi
 - vuotavan veden mahdollisesti aiheuttamien vahinkojen korvaukset
 - asiakkaille aiheutuneet vedenjakelukatkot
 - vedenjakelukatkosten seurauksena maksettavat korvaukset
- yllättävien putkirikkojen korjaamisen kustannukset
 - korjaustyömaan ylläpito ja pystyttäminen
 - korjaustyövoiman palkkaaminen lyhyellä varoitusaajalla
 - teiden sulkemiset
 - väliaikaiset liikennejärjestelyt
 - asfaltointi
 - kuljetukset
 - konekustannukset
 - pesupalvelut
 - materiaalit
- veden laatu paranee
- putkiston käyttöikä pitenee

- mahdollisuus kestävän kehityksen mukaiseen toimintatapaan muun muassa säästämällä vettä, optimoimalla verkoston tehokkaan käyttöön ja vähentämällä päästöjä.
- laskuttamattoman jäteveden määrän pienenemisen tuomat kustannussäästöt jätevesipumppaamojen osalta
- saneerausten aiheuttamat liikennevaikutukset - voidaan tarkastella äkillisten putkirikkojen aiheuttamia vaikutuksia kansantaloudelle (Kuivamäki 2011, 5)

Mikäli saneerausta päätetään siirtää 10 vuodelle, säästetään saneerauskustannuksissa. Kuitenkin ko. 10 vuoden ajalla syntyy muita välittömiä ja välillisiä kuluja, kuten äkillisten putkirikkojen korjaamisesta aiheutuvat kustannukset ja suuremman laskuttamattoman veden seurauksena syntyvät kustannukset, joita ei aiemmalla saneerauksella tulisi näiden 10 vuoden aikana syntymään ainakaan mainittavissa määrin.

Saneerauspäätöksen lykkäämisessä on luonnollisesti tarkasteltava rahamääräisesti laskettavissa olevia ennustettavia kustannuksia. Näiden lisäksi on kiinnitettävä huomiota ennalta rahamääräisesti arvaamattomiin kustannuksiin sekä muihin ei-rahallisesti mitattavissa oleviin kustannuksiin ja toisaalta hyötyihin. Sen sijaan, että arvioidaan pelkästään verkoston saneerauksen rahallisia kustannuksia ja hyötyjä, voidaan arviointi ulottaa kattamaan myös saneerauksen sosiaaliset, terveydelliset, yhteiskunnalliset ja kestävään kehitykseen liittyvät vaikutukset. Vesihuoltoverkoston arvon määrittämisestä on Suomessa tehty suhteellisen vähän, ja niissä tapauksissa, joissa arvottamista on tehty, arviointi on perustunut esimerkiksi laskuttamattoman veden tai saneerausinvestointien määrään. Näiden lisäksi tulisi entistä useammin ottaa tavoitteeksi vesihuoltoverkoston sosiaalisen ym. arvon kokonaisvaltainen määrittäminen. Näiden vaikutusten yksiselitteinen arvioiminen on kuitenkin haastavaa.

4 Arvonmäärityksen menetelmät

4.1 Arvonmäärityksen teoriaa yleisesti

Useimmissa arvonmäärityksen menetelmissä arvoa tarkastellaan useista eri näkökulmista (esimerkiksi Sánchez-Fernández et al. 2009). Yleisesti ottaen arvoelementit voidaan jakaa rahallisiin ja ei-rahallisiin näkökulmiin. Toinen yleinen jakamisperuste on jakaa arvo osakkeenomistaja-arvoon (shareholder value), asiakkaan havaitsemaan arvoon (customer value) ja sidosryhmäarvoon (stakeholder value) (Reichheld 1994).

Käyttöomaisuudella on havaittavissa kaksi arvon perustyyppiä eli suorituskyky (capability value) ja taloudellinen arvo. Suorituskykyä mitataan fyysisellä, ei siis taloudellisella, asteikolla ja sen on perinteisesti katsottu olevan erityisesti insinöörien kiinnostuksen kohteena. Koneen suorituskyky voidaan mitata esimerkiksi tuotteiden määrällä, jotka se voi prosessoida sekunnissa. Muita mahdollisia asteikkoja suorituskyvylle ovat yksiköt, pituus, paino jne.

Taloudellinen arvo voidaan esittää eri muodoissa riippuen käyttöomaisuuden käyttötarkoituksesta. Alkuperäiskustannus on käyttökelpoinen arvon mittari, mikäli mittaamisen tarkoituksena on selvittää kuinka varat on käytetty. Jos kyseessä on

vertailu laitteen pitämisen tai korvaamisen välillä, tulevaisuuden kassavirtojen nykyarvo (Discounted Cash Flow, DCF) sekä käyttöomaisuuden poistamisen ja korjaus- sekä korvaamisinvestoinnin odotettu arvo ovat relevantteja mittareita. Taloudellinen arvo mitataan rahamääräisellä asteikolla, joten se on hyvin vertailtavissa toisten taloudellisten mittareiden kanssa.

Myös kestävä kehityksen arvot tulee huomioida järjestelmien arvonmäärityksessä. ISO 26000 -standardi (2010) määrittelee kestävä kehitykseksi sellaisen kehityksen, joka nykyisten sukupolvien tarpeet vaarantamatta tulevien sukupolvien mahdollisuutta täyttää omia tarpeitaan. Kestävä kehitys on korkean elintason, terveyden ja hyvinvoinnin yhdistämistä sosiaaliseen oikeudenmukaisuuteen ja monimuotoisen elämän mahdollistamiseen maapallolla. Nämä sosiaaliset, taloudelliset ja ympäristöä koskevat tavoitteet ovat riippuvaisia toisistaan ja toisiaan vahvistavia.

Kestävä kehityksen näkökulmien huomioonottamisessa on kuitenkin haasteita. Kestävä kehitykseen liittyvien arvoelementtien mittaaminen on vaikeata. Arvo on subjektiivinen ja monitulkintainen käsite, joka voi muuttua ajan kuluessa. Yritysverkostojen arviointi kokonaisuutena ja useista eri näkökulmista on vaikeaa ja resursseja kuluttavaa. Järjestelmien ja ratkaisujen arvoa arvioitaessa tulisi ottaa huomioon jokaisen keskeisen tekijän (asiakas, toimittaja, ympäristö, yhteiskunta...) arvo keskeisimpien arvoelementtien kannalta (kestävä kehitys ja sen taloudelliset, ympäristölliset ja sosiaaliset tekijät, ja mm. poliittiset syyt).

4.2 Arvonmääritys eräillä toimialoilla

Arvonmäärityksestä on runsaasti esimerkkejä useilta eri toimialoilta. Tässä raportissa esittelemme arvonmäärityspäätöksiä yrityksen, rakennusalan, sähköverkkojen ja tieverkoston näkökulmista. Lisäksi esittelemme muutamia yleisiä arvonmääritykseen liittyviä menetelmiä. Esittelemistämme menetelmistä osaa voitaisiin soveltaa myös vesihuoltoalalle. Yksinkertaisimpia arvonmäärityksen menetelmiä ovat omaisuuden arvon laskeminen tilinpäätöksestä tai omaisuuden todennäköisen myyntihinnan laskeminen. Tässä tavassa on kuitenkin ongelmia; tilinpäätöksissä käytettävät kirjanpidolliset arvot eivät välttämättä kuvaa omaisuuden todellista arvoa. Lisäksi liiketoiminnan tulevien voittojen tai tappioiden arvoa ei huomioida vaan keskitytään omaisuuden nykyiseen arvoon. Monet aineettomat tekijät kuten brändi, uskollinen asiakaskunta ja tulevaisuuden odotukset jäävät huomioimatta. (Kallunki ja Niemelä 2004, 32–33.)

Parempana tapana Kallunki ja Niemelä (2004, 33) näkevät sijoitetun pääoman taloudellisen arvon määrittämistä, jossa yhdistyvät kirjanpitoarvo ja liiketoiminnan odotettu kannattavuus. Yleisesti käytettyjä kannattavuuden mittareita ovat esimerkiksi nettotulos ja liikevaihto, joista saadaan johdettua uusia mittareita suhteuttamalla ne mm. kirjanpidolliseen markkina-arvoon. (Kallunki ja Niemelä 2004, 65.) Rakennusallalla rakennusten jälleenhankinta-arvo (JHA) on paljon käytetty menetelmä rakennuksen arvon mittaamiseen. JHA:n laskemisessa huomioidaan rakennuksen ikä, laatu ja kunto sekä varustetaso. JHA:ta tarvitaan erityisesti kiinteistöveron laskemiseen.

Epstein (2008) esittää kestävä kehitykseen liittyvät laskentatavat, jotka huomioivat taloudelliset, sosiaaliset ja ympäristöön liittyvät suorat ja epäsuorat kustannukset:

- ABC (activity-based costing, toimintoperusteinen kustannuslaskenta)
- LCC (life-cycle costing, elinkaarenaikaisten kustannusten laskenta)
- FCA (full cost accounting, kokonaiskustannusmalli, joka ottaa huomioon myös kestävän kehityksen näkökulmat)

Eryteisesti sosiaalisia ja ympäristöön liittyviä kustannuksia laskettaessa on hyvä erotella kustannukset (nykyiset ja tulevat), jotka liittyvät menneisyydessä päätöksiin, nykyiset kustannukset, jotka liittyvät nykyisiin tapahtumiin, ja tulevat kustannukset jotka liittyvät nykyisiin tapahtumiin (Epstein 2008, 108).

Verkosto-omaisuuden arvon määrittäminen on tehty suhteellisen paljon sähköverkkotoiminnassa. Yleisten periaatteiden mukaisesti sähköjakeluverkossa jälleenhankinta-arvo kuvaa omaisuuden arvoa samanlaista omaisuutta hankittaessa (Energiamarkkinavirasto 2010, 3). Siten sähköjakeluverkon jälleenhankinta-arvo kuvaa sellaista verkon arvoa, jossa verkko olisi juuri rakennettu (Partanen 2011, 6) nykykustannustasolla (Hokkanen 2000, 33).

Kustannusten arvioinnissa tulee huomioida erilaisia kustannuseriä. Uudisrakentamisen yhteydessä ilmajohtojen rakentamiskustannuksiin liittyvät muun muassa johtoaluekorvaukset ja johtoalueen raivaus. Muutostöissä erilaisia mahdollisuuksia on jo enemmän. Verkon osa voidaan uusida, joko vaihtamalla se osin tai kokonaan. Perusparannuksien uusintaan liittyy usein vanhan verkoston purkukustannukset, mutta näitä kompensoivat esimerkiksi vanha johtoalue. Näin ollen verkon jälleenhankinta-arvon määrittäminen voidaan myös tarkastella useammasta näkökulmasta:

1) Uuden rakentamisen kautta

2) Vanhaan verkostoon tehtävien muutostöiden (lähinnä perusparannuskustannuksien) myötä. (Hokkanen 2000, 33–34.)

Jälleenhankinta-arvon määrittämisessä otetaan huomioon sekä sähköjakeluverkon komponenttien osat että varsinaisen jakeluverkon jälleenhankinta-arvo (emt., 33). Samalla tavoin myös vesihuoltoverkostossa on huomioitava paitsi varsinaisen jakeluverkon jälleenhankinta-arvo myös verkostossa sijaitsevien eri komponenttien jälleenhankinta-arvo. Tässä tutkimuksessa näiden välille ei kuitenkaan tehdä eroa, vaan verkoston arvoa tarkastellaan kokonaisuutena.

Teknistä nykykäyttöarvoa käytetään mm. käyttöomaisuuteen sitoutuneen pääoman määrittämiseksi. Tekninen nykykäyttöarvo lasketaan vähentämällä käyttöomaisuuden jälleenhankinta-arvosta käyttöiän ja teknistaloudellisen pitoajan välistä suhdetta vastaava käyttöomaisuusarvon aleneminen (Energiamarkkinavirasto 2010, 3).

Nykykäyttöarvolla tarkoitetaan käyttöomaisuutesineen tai muun omaisuuden arvoa, joka on jälleenhankintahinta vähennettynä sen perusteella tehdyillä omaisuuden teknistaloudellista pitoaikaan vastaavilla poistoilla. Nykykäyttöarvo (NKA) selvittämiseksi on tiedettävä komponentin käyttöikä, jota käytetään vuosittaisen poistojen määrittämiseen. Poistotapa vaikuttaa merkittävästi nykykäyttöarvoon. (ks. esim. Hokkanen 2000), 36–37, Partanen 2011, 6–7.)

Sähkönjakeluverkon osalta on käytössä erilaisia pitoaikoja. Pitoaikoja ovat muiden muassa tekninen pitoaika, teknistaloudellinen pitoaika ja kirjanpidollinen pitoaika (verotuksellinen tai suunnitelmallinen poistoaika). Teknistaloudellisella pitoajalla tarkoitetaan sitä aikaa, jonka käyttöomaisuuserät todellisuudessa ovat toiminnallisessa käytössä ennen niiden uusimista (Energiamarkkinavirasto 2010, 3). Toisin sanoen aikaa, jonka komponentti kannattaa pitää sijoituspaikallaan ennen sen uusimista ympäristön kehittymisen, ulkoisen vaurion tai komponentin rappeutumisen takia (Partanen 2011, 7). Teknistaloudellinen pitoaika pitää sisällään kannattavuuden periaatteen. Siinä selvitetään pitoaika, jonka kuluessa laite tulisi uusida taloudellisista syistä. (Hokkanen 2000, 43–44; [Lehmuskoski 1984, 31].) Se on siten verkostolle huomattavasti lyhyempi kuin tekninen pitoaika (Hokkanen 2000, 43–44; [Lehmuskoski 1984, 31].)

Teknistaloudellista pitoaikaa tarvitaan erityisesti poistojen laskennassa ja silloin, kun määritetään komponentin nykykäyttöarvoa (Hokkanen 2000, 43–44; [Lehmuskoski 1984, 31]). Esimerkiksi maakaapeleille pitoaikaväliksi on arvioitu 30–45 vuotta. Tyypilliset verkkoyhtiöiden valitsemat pitoajat sijoittuvat arvion yläpäähän, mikä johtuu yritysten halusta maksimoida poistot verotussyistä. Kunnan omistamalla sähkönjakeluverkolla ei ole tällaista kannustinta.

Tiehallinnossa (2006) on viime vuosina panostettu voimakkaasti elinkaarimallinnukseen ja hankkeiden elinkaaren aikaisten kustannusten pienentämiseen. Hankkeiden arvoa on mietitty monipuolisemmin paneutuen myös tielaitoksen asiakkaiden, yhteiskunnan ja ympäristön tarpeisiin voimakkaammin. Palveluntarjoajien kanssa harjoitettavaa yhteistyötä on syvennetty ja sopimuksia on pidennetty, jotta mahdolliset pitkän aikavälin vaikutukset, kuten innovatiiviset ratkaisut tien kulumisen hillitsemiseksi jne., voitaisiin paremmin huomioida.

Edellä mainittujen laskentatapojen käyttöönottoa vaikeuttaa sosiaalisten ja ympäristöön liittyvien tekijöiden arvottamisen haasteellisuus (Holliday et al. 2002). Kuitenkin, sosiaalisten ja ympäristöön liittyvien vaikutusten arviointi on hyödyllistä, koska se auttaa yrityksiä huomioimaan ulkoiset kustannukset laskelmissaan. Näiden ulkoisten tekijöiden huomiointi auttaa yrityksiä saamaan selkeämmän käsityksen järjestelmiin, prosesseihin ja aktiviteetteihin sitoutuvista kustannuksista. Paremman ymmärryksen tulisi parantaa kestävä kehityksen näkökulmien hallintaa sekä myös tuottaa yritykselle voittoa. (Epstein 2008, 112)

Arvonmääritykseen voidaan käyttää myös tasapainotettuun mittaristoon (Balanced Scorecard, BSC) perustuvia menetelmiä. BSC:tä on käytetty muun muassa toimitusketjun arvonmäärityksessä ja sen etuina ovat aineettomien tekijöiden huomioonottaminen aineellisten ja rahallisten tekijöiden lisäksi (Barber 2008). Arvoelementtimallit (e.g. Kano 1984) ovat yleisesti käytettyjä arvonmäärityksen menetelmiä. Tuote tai palvelu koostuu elementeistä, jotka asiakas näkee joko pakollisina ominaisuuksina (dissatisfiers), enemmän on parempi –ominaisuuksina (satisfiers) tai innostavina ominaisuuksina (delighters). Arvoelementtimallit soveltuvat erityisesti uusien tuote- tai palveluominaisuuksien kehittelyyn, mutta eivät juuri ota huomioon elinkaariajattelua asiakassuhteessa.

Hyöty/kustannukset –suhde –menetelmiä (Khalifa 2004) käytetään erityisesti tuotteen tai palvelun arvon määrittämiseen. Tuotteen tai palvelun arvo on havaittujen aineellisten ja aineettomien hyötyjen sekä rahallisten ja ei-rahallisten kustannusten suhde (e.g. Huber et al. 2001, Day 1990). Mahdollisia

kustannustyyppejä ovat rahalliset, ajalliset, etsimiseen kuluvat, oppimisen ja tunneperäiset kustannukset sekä tarvittava henkinen ja fyysinen työ yhdistettynä rahallisiin, sosiaalisiin ja psykologisiin riskeihin (Huber et al. 2001). Hyöty/kustannukset –suhteeseen perustuvat mallit ottavat arvoelementtimalleja paremmin huomioon tuotteen/palvelun elinkaaren aikana vaikuttavat arvoelementit. Malli on kuitenkin staattinen eikä ota ympäristön muutoksia huomioon (Khalifa 2004).

Means-ends models (keinot-lopputulokset –mallit) ovat arvonmäärityksen menetelmiä, joissa keinot tarkoittavat tuotteita tai palveluita ja lopputulokset ovat asiakkaalle tärkeitä arvoja (Khalifa 2004). Menetelmä painottaa asiakaskokemuksen merkitystä arvon keskeisenä osa-alueen, johon keinot (tuotteet ja palvelut) vastaavat (Lanning 1998). Menetelmä ottaa huomioon eri tuoteominaisuuksien huonotkin seuraukset ja on käyttökelpoinen eri tuotteiden ja palveluiden vertailussa. Menetelmän haittana on toisaalta tuotteen tai palvelun hankinnasta, käytöstä ja poistosta aiheutuvien haittojen ja kustannusten jättäminen vähälle huomiolle. (Khalifa 2004)

Muita arvonmäärityksen menetelmiä ovat muun muassa QFD (Quality Function Deployment), LCCA (life cycle cost analysis) ja TCO (total cost of ownership). QFD:n tavoitteena on asiakastarpeiden tunnistaminen ja niiden muuttaminen tuoteominaisuuksiksi. Tuloksena saadaan tuoteominaisuuksien vaikutus asiakastarpeiden täyttymiseksi. LCCA:n ja TCO:n avulla määritetään tuotteiden tai palveluiden koko elinkaaren aikaiset kustannukset.

4.3 Kirjanpidollinen arvo

Vesiyhtiöt noudattavat kirjanpitolakia ja -asetusta. Myös vesihuoltolaitokset, jotka ovat kunnallisia liikelaitoksia tai vesiyhtiöitä, pitävät liikekirjanpitoa. Kirjanpitolain mukaan pysyviin vastaaviin kuuluvan aineellisen omaisuuden hankintameno aktivoidaan ja kirjataan vaikutusaikanaan suunnitelman mukaan poistoina kuluksi (KPL 5:5 §). Kuntalain mukaan kunnat ja siten myös kuntien liikelaitokset noudattavat soveltuvin osin kirjanpitolakia ([655/73](#)). Kirjanpitolautakunnan kuntajaosto antaa ohjeita ja lausuntoja kirjanpitolain soveltamisesta.

Kirjanpidollisten poistoajan laskennassa on kolme keskeistä muuttujaa: poisto aika, poistonalaisen hyödykkeen arvon määrittäminen (poistoperusta) ja poistomenetelmä.

Monenlaiset syyt saattavat aiheuttaa pitkävaikutteisen tuotannon tekijän käyttökelpoisuuden tai arvon vähentymistä, mikä vaikuttaa poistoajan valintaan (katso Vehmanen ja Koskinen 1997, s. 198, Hokkanen 2000, s. 40, 44–46, ja Partanen 2011, s. 7 ja 8, 11).

Liikekirjanpidossa poistoajan valinta perustuu siihen, mikä on hankintameno taloudellinen vaikutusaika, jolla tarkoitetaan hyödykkeen taloudellista pitoaika. Taloudellisen pitoajan päätyttyä on hyödykkeen hankintameno oltava kokonaan poistettu mahdollista jäännösarvoa lukuun ottamatta. Hyödykkeen taloudellinen vaikutusaika riippuu hyödykkeeseen liittyvistä tulonodotuksista ja kunnissa ja kuntayhtymissä myös tulonodotuksista riippumatta hyödykkeen käytöstä kunnan palvelutuotannossa. Kirjanpidon taloudellinen pitoaika on yleensä todellista käyttöaika lyhyempi.

Kirjanpitolain ja kuntajaoston yleisohjeiden mukaan pitkävaikutteiset hyödykkeet aktivoidaan taseeseen toteutuneeseen hankintamenuon perustuen. Jos kunta on saanut hankintamenuon valtionapua, poistot lasketaan hankintamenuosta, josta on vähennetty saatu rahoitusosuus. Kaikki tämä merkitsee sitä, että inflaation vallitessa kuntien ja myös vesilaitosten pitkävaikutteisten hyödykkeiden kuten verkostojen ja pumppaamojen ja puhdistamojen korvausinvestointeja ei voida kuin osaksi rahoittaa kirjanpidollisilla poistoilla. Kunnan tuloslaskelmassa vuosikatteen tulee olla suuremmat kuin poistot, jos kunta haluaa varmistaa tulevien investointien tulorahoituksen (kunnan tuloslaskelmassa vuosikatteesta vähennetään suunnitelman mukaiset kirjanpidon poistot laskettaessa tilikauden tulosta).

Kirjanpitoarvo ei sellaisenaan kerro käyttöomaisuuden käypää arvoa, koska se ei huomioi mahdollisilla investointi- tai muilla avustuksilla rahoitettua osuutta eikä inflaation vaikutusta. Lisäksi kunnilla on harkinnanvaltaa myös poistoajoissa ja poistomenettelyssä (Huittisten ja Vammalan kaupungit, Punkalaitumen, Vampulan ja Äetsän kunnat 2007, 26). Usein kunnissa on valittu kuntajaoston yleisohjeen liitteen esimerkkiajoista pisimmät tai poistoprosenteista pienimmät tarkemmin perustelematta hyödykkeiden tai hyödykeryhmien taloudellista pitoaikaa, mikä on vastoin poistoyleisohjeen ohjeita ja suunnitelmapoistojen periaatteita (Kuntaliitto, muistio 18.6.2012).

Pitkät poistoajat kunnallisessa liikekirjanpidossa johtavat poistojen alimitoitukseen suhteessa investointien rahoitustarpeisiin. Ongelma otettiin esille hallituksen esityksessä kuntalain muuttamisesta (HE 24/2012).² Esityksessä kiinnitettiin huomiota siihen, että keskimäärin kuntien suunnitelmapoistot ovat selvästi alimitoitettuja suhteessa investointien omahankintamenuoihin ja erityisesti kasvavien kuntien investointitarpeisiin. Poistoajat ovat useissa kunnissa liian pitkät ja poistot liian pienet. Tämä vaikuttaa osaltaan siihen, että tilinpäätösinformaatio ei hälytä riittävän hyvin saneeraamisen rahoitustarpeista, mikä vaikuttaa osaltaan kunnissa syntyvään saneerausvelkaan vesihuollon verkostojen ja laitteistojen suhteen.

Tätä ongelmaa on yritetty lieventää siten, että kirjanpitolautakunnan kuntajaoston tarkisti 2011 yleisohjettaan suunnitelman mukaisista poistoista. Uusimman ohjeen mukaan poistot tulisi tehdä kuntajaoston asettamissa rajoissa mahdollisimman nopeasti, jollei pidemmän poistoajan käyttämiseen ole poistettavasta hyödykkeestä johtuvaa erityistä perustetta.

Kuntajaoston suunnitelman mukaisten poistojen yleisohjeen liitteessä on poistoajat eri hyödykeryhmille. Yleisohjeen liitteen 1 mukaan vedenjakeluverkosto ja viemäriverkosto poistetaan 30–40 vuodessa sekä sähkö-, vesi- yms. Laitosten laituskoneet ja laitteet 10–20 vuodessa. Poistomenettelynä voidaan käyttää joko tasapoistoa tai menojäännöspoistoa. Yleisohjeen mukainen 30–40 vuoden poistoaika voi erota tapauksesta riippuen verkoston osan todellisesta käyttöiäst. Poistoaika voi noudattaa todellista käyttöikää 60- ja 70-luvulla rakennettujen muoviputkien osalta, mutta myöhemmin rakennettujen verkostojen käyttöikä voi olla huomattavasti pidempi. Näissä tapauksissa poistoajat ovat varsin lyhyet verrattuna verkostojen todelliseen käyttöikään, jolloin myös kirjanpidollinen

² Laki kuntalain muuttamisesta (325/2012) tuli voimaan 1 päivänä heinäkuuta 2012. Lainmuutoksella uudistetaan kunnan talouden sisäistä ohjausta koskevia säännöksiä.

jäännösarvo on todellista taloudellista käyttöarvoa alhaisempi (Turun vesiliikelaitos 2011a).

Poistoja käytetään myös nykykäyttöarvon laskennassa. Silloin poistoperustana käytetään jälleenhankinta-arvoja eli käypiä arvoja. Toisin sanoen, nykykäyttöarvoja laskettaessa poistoperusta kuvastaa inflaation vallitessa paremmin kuin historialliset hankintamenot tulevia verkostojen ja laitteistojen korvausinvestointien rahoitustarpeita. *Vesihuollon saneerausvelkaa laskettaessa nykykäyttöarvot antavat historiallisia hankintamenoja paremmin arviointiperusteen velan suuruudelle.*

Kirjanpidon poistomenettely perustuu varovaisuusperiaatteeseen, eli investointien vaikutus tuloslaskelmaan pyritään tasaamaan hieman niiden todellista pitoaikaa lyhyemmälle ajalle. Tästä syystä käyttöomaisuuden nykykäyttöarvo on usein kirjapitoarvoa hieman korkeampi. Vähennykset ovat käytännössä tasapoistoja, jossa kohteen arvon oletetaan vähenevän hankintahetkestään lineaarisesti ja päätyvän pitoaikansa päätteeksi nolnaan. (Huittisten ja Vammalan kaupungit, Punkalaitumen, Vampulan ja Äetsän kunnat 2007, 26–27.)

Vesihuoltoverkostossa, samoin kuin esimerkiksi rakennusten osalta, kohteella on kuitenkin olemassa myös jäännösarvo tai niin sanottu romuarvo, mikä myös selittää nykykäyttöarvon ja kirjapitoarvon väliset erot. Kunnassa valittujen pitoaikojen välillä on hajontaa, mikä johtaa osaltaan siihen, että kirjapitoarvolla mitattuna verkostojen arvot voivat vaihdella huomattavasti. Esimerkiksi Huittisten seudulla toteutuneissa hankkeissa on käytetty pitoaikoina verkostojen osalta 30–50 vuotta. (Huittisten ja Vammalan kaupungit, Punkalaitumen, Vampulan ja Äetsän kunnat 2007, 27.)

Kuntalain vuonna 2012 hyväksytyssä muutoksessa kuntien tilinpäätöksen informaatiotehtävää parannetaan säännöksellä, jonka mukaan toimintakertomuksessa on annettava arvio todennäköisestä tulevasta kehityksestä. Arvio olisi eräänlainen tilinpäätökseen ja ennakoitavissa oleviin tulevaisuudennäkymiin perustuva tulkinta kunnan tilanteesta. Arvion kohteena olisivat esimerkiksi kunnan talouden tasapaino, tulorahoituksen kehitys ja sen riittävyys, näköpiirissä olevat investointitarpeet ja niiden rahoitus sekä velkaantumiskehitys. Kuntien vesihuollon tulevat investointitarpeet ja siihen liittyvä saneerausvelka voisivat hyvinkin olla asioita, joista kuntien tulisi kertoa arviossaan tulevasta kehityksestä. Saneerausvelasta voisi olla myös tilinpäätöksen liitetiedoissa arvio.

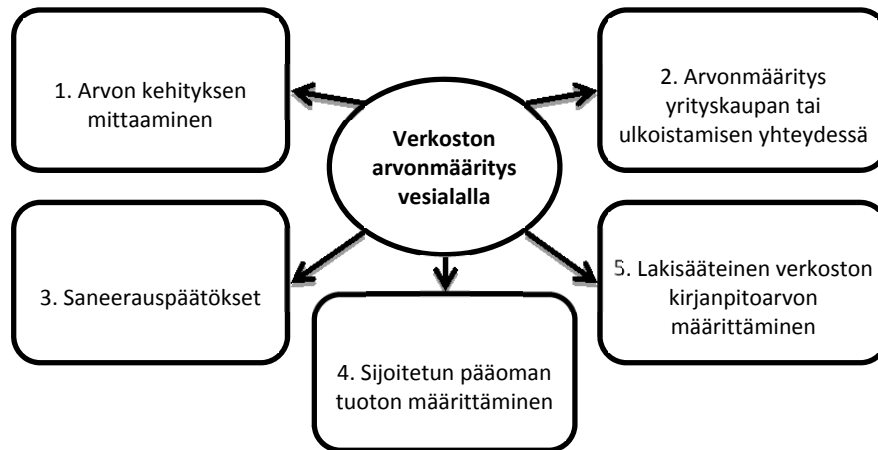
5 Vesi- ja viemäriverkoston taloudellisen arvon määrittäminen käytännössä

Miksi vesi- ja viemäriverkoston liittyvän käyttöomaisuuden arvo tulisi määrittää? Käyttöomaisuuden arvonmäärittäminen on osa käyttöomaisuuden menestyksekkästä hallintaa (asset management). Käyttöomaisuuden hallinnassa tarvitaan kokonaisvaltaista näkemystä; ongelmia on analysoitava liiketoiminnan, informaatioteknologian ja insinöörinäkökulmien raja-aidat ylittäen (Amadi-Echundu 2006). Arvonmäärittäminen on keskeinen osa vesi- ja viemäriverkoston hallinnan kehittämistä. Tietämällä verkoston arvon paremmin vesilaitokset voivat kohdistaa resurssiaan ja tehdä investointejaan perustellusti ja tehokkaasti. Arvonmäärittäminen auttaa verkostoon liittyvien riskien ja mahdollisuuksien tunnistamisessa ja niukkojen resurssien tehokkaammassa hyödyntämisessä. Verkoston kunto muodostaa suuren

osan verkostoon sitoutuvasta arvosta, mutta arvoon kuuluvat myös muut tekijät kuten esimerkiksi turvallisuus ja verkoston tuottamat niin taloudelliset, sosiaaliset kuin ympäristöä koskevat hyödyt ja kustannukset.

Verkoston arvonmäärityksen käyttökohteet on esitetty Kuvassa 3. Arvon kehityksen mittaamisessa ja saneerauspäätöksissä on tärkeää käsitelläkö hyötyjä ja haittoja pelkästään rahamääräisillä mittareilla vai liitetäänkö mukaan esimerkiksi tekninen tai kestävä kehityksen näkökulma.

Kuva 2. Verkoston arvonmäärityksen käyttökohteet vesialalla.



1. Arvon kehityksestä saatavaa tietoa voidaan käyttää saneeraus- ja kunnossapitopalveluiden vaikuttavuuden (effectiveness) mittaamiseen. Tärkeitä saneerauksen ja kunnossapidon vaikuttavuutta kuvaaviin mittareihin kuuluvat muun muassa muutokset teknisessä ja teknistaloudellisessa käyttöiässä, vuotojen ja putkirikkokojen määrä ja muutokset muissa kustannuksissa ja veden laadussa. Kuten aikaisemmissa kappaleissa on mainittu, kyseiset mittarit eivät välttämättä anna täyttä kuvaa saneeraus- ja kunnossapitopalvelujen laadusta, vaan palveluista riippumattomat tekijät voivat vaikuttaa verkoston laatuun.

2. Monet vesilaitokset ovat alkaneet käyttää ulkoisia palveluntuottajia (julkisia tai yksityisiä) saneeraukseen ja kunnossapitoon. Kunnossapitopalveluita ulkoistettaessa verkoston omistajan on tärkeää tietää käyttöomaisuutensa kunto ja arvo. Myös vesilaitosten yhdistyessä tai yksityistämistilanteissa verkoston arvo on keskeinen tekijä. Verkoston arvon ymmärtäminen on tärkeää verkostoon sijoitetun pääoman sekä sen ympäröivälle yhteisölle tärkeän roolinsa takia.

3. Verkoston arvonmääritys tarjoaa vesilaitoksille arvokasta tietoa saneerauksen optimaalisesta ajankohdasta ja mahdollisista saneerausmenetelmistä. Kappale 3 käsittelee saneerausta ja saneeraukseen liittyvää päätöksentekoa kattavasti.

4. Vesihuoltolaki (119/2001) määrää, että vesimaksut voivat sisältää enintään kohtuullisen tuoton pääomalle. Näiden tuottojen on kuitenkin oltava riittäviä turvaamaan vesilaitoksen investoinnit pitkällä aikavälillä. Kohtuullisten maksujen arviointi on ollut ongelmallista vesilaitosten eriävien kirjanpito- ja saneerauskäytäntöjen takia.

5. Vesilaitoksen käyttöomaisuudelle on lakisääteinen velvollisuus määrittää kirjanpitoarvo, josta tehdään poistoja laskentakausittain. Käyttöomaisuudesta

tehtävät poistot vaikuttavat vesilaitoksen tulokseen. Kirjanpitoarvoa on käsitelty kappaleissa 4.3.

Tässä raportissa keskitymme pääasiallisesti ensimmäiseen, kolmanteen ja viidenteen arvonmääritysluokkaan eli arvon kehityksen mittaamiseen, saneerauspäätöksiin sekä kirjanpitoarvoon. Lisäksi arvonmääritystä yrityskaupan yhteydessä sivutaan kappaleissa 5.3, 5.4 ja 5.5. Saneerauspäätöksiä ja kirjanpitoarvoa on käsitelty jo aikaisemmissa kappaleissa, joten tämän kappaleen painopisteenä on arvon muutoksen mittaaminen.

Vesihuoltojärjestelmän arvonmääritykseen ei ole vielä vakiintuneita käytäntöjä olemassa. Standardimenetelmien puute on huomattu myös kansainvälisissä julkaisuissa (e.g. Griggs 2005). Tässä tutkimuksessa pyrimme luomaan pohjaa vesihuoltojärjestelmien arvonmuutoksen mittaamiselle ja esittää arvonmuutoksen mittaamiseen soveltuva tarkistuslistapohjainen malli.

Vesihuoltoverkoston arvon osalta keskitytään kirjanpidollisen arvon sekä jälleenhankinta-arvon (JHA) ja tästä johdettavan teknisen nykykäyttöarvon (NKA) määrittämiseen eri verkosto-omaisuuden osa-alueille. Lisäksi pohditaan jälleenhankinta-arvoon ja erityisesti tekniseen nykykäyttöarvoon vaikuttavien teknistaloudellisen pitoajan ja teknisen käyttöiän muodostumista sekä verkoston kuntoon vaikuttavia tekijöitä. Verkosto-omaisuuden eri osa-alueet on tarkemmin määritelty johdantoluvussa 1.2. On kuitenkin muistettava, että omaisuusarvo vesihuoltoverkoston kaltaisessa kohteessa on aina suuruusluokkatason, ja voi siten pitää sisällään merkittäviäkin virheitä.

Verkosto-omaisuuden arvoa ja siihen liittyviä periaatteita on tutkittu vain vähän vesihuoltoverkoston osalta. Aikaisempi arvonmääritykseen liittyvä tutkimus koskee pääosin esimerkiksi sähköjakelua ja sähköverkoston toiminnan tai tieinfrastruktuurin arvon määrittämistä. Tällaisia tutkimuksia ovat muiden muassa Lappeenrannan teknillisen korkeakoulun energiatekniikan osaston diplomityö ”sähköjakeluverkon jälleenhankinta-arvon määrittäminen” (Hokkanen 2000), Jarmo Partasen (2010) asiantuntijalausunto liittyen sähköjakeluverkkopääoman arvon määrittämisen periaatteisiin, Energiamarkkinaviraston (2010) teettämä selvitys sähköverkkotoimintaan sitoutuneen pääoman määrittämisestä sekä Sakari Uimosen (2007) kirjoittama selvitys tieinfrastruktuuriin sitoutuneen pääoman määrittämisestä.

Vesihuoltojärjestelmien osalta on olemassa jonkin verran kansainvälisiä arvonmääritysesimerkkejä. Jung et al. (2009) esittävät vesihuoltojärjestelmän arvonmääritykseen soveltuvan menetelmän, joka koostuu LCC-mallista ja ei-rahallisten tekijöiden arvioinnista. Ei-rahalliset tekijät on arvioitu subjektiivisesti rakennusprojektien sidosryhmien taholta. Epävarmuuden hallinta on keskeisessä osassa mallissa, joista esimerkkeinä mainitaan herkkyys- ja riskianalyysi sekä simulointi.

Vesihuoltojärjestelmien arvioinnissa käytettäviin laskentaperiaatteisiin liittyy paljon epävarmuustekijöitä. Jung et al. (2009) mukaan erityisesti pitkissä projekteissa LCCA:n luotettavuudesta ollaan erimielisiä pitkän aikavälin aiheuttaman epävarmuuden takia. Epävarmuutta aiheuttavat mm. kustannus- ja ajoitustiedot liittyen rakentamiseen, käyttöön, huoltoon ja poistovaiheeseen pitkissä projekteissa.

Varsinaisia vesihuoltoverkoston arvonmäärityksiä tai vastaavaa koskevia selvityksiä on tehty jonkin verran vesihuoltolaitosten toimeksiannosta erityisesti yhtiöittämistä

tai muuta vastaavaa toimenpidettä varten siirtyvän verkoston arvon kartoittamiseksi. Akaan kaupungin vesijohtoverkoston saneerausvelan määrittämistä ja verkoston hallintaa käsittelevät opinnäytetyöt lähestyvät verkoston kuntoa ja siten myös rahallista arvoa teknisestä näkökulmasta. Turun vesiliikelaitoksen vesihuoltoyhtiön perustamissuunnitelman yhteydessä teetetty arviointiraportti vesihuoltolaitosten käyttöomaisuuden teknisistä nykykäyttöarvoista keskittyy eri verkosto-osien puhtaasti arvon määrittämiseen. Näitä case -kohtaisia selvityksiä on hyödynnetty myös tässä raportissa, ja niiden avulla kehitetään verkoston kunnan ja arvon määrittämisen menetelmää laajemmin koko vesihuoltoalalle.

5.1 Verkoston arvonmäärittämisen haasteet

Verkoston arvonmäärittämisessä on paljon haasteita. Olemassa olevien menetelmien ja työkalujen hyödyntäminen on tärkeää, jotta arvonmäärittäminen voidaan tehdä kustannustehokkaasti. Kuitenkin perinteiset verkoston taloudelliseen arviointiin tarkoitetut menetelmät tuottavat vain karkeita arvioita verkoston arvosta, koska verkoston kuntoon (ja näin arvoon) vaikuttavat monet tekijät (van der Hoop 2010). Tiedonhankintaa vaikeuttaa entisestään se, että verkostot ovat useimmiten maan alla ja niihin on vaikea päästä käsiksi. Verkostojen sijainti ja muut liittyvät infrastruktuurit (erityisesti tiestö) vaikuttavat myös arviointiin. Tieto, johon arvioinnit perustuvat, on usein puutteellista, epäluotettavaa, levittäytynyt useaan eri systeemiin ja epäjärjestelmällisesti kerättyä. Arvon määrittämisen haasteita lisää vesihuoltojärjestelmän arvon riippuminen järjestelmän sijainnista (vrt. kaupunki ja haja-asutusalue) ja muista infran osista kuten tieverkosta ja sadevesiviemäriin.

Tiedon lisääminen ja sen luotettavuuden parantaminen ovat keskeisessä osassa verkoston arvonmäärittämisestä. Erityisen tärkeää tiedon lisääminen on pienemmissä vesilaitoksissa, joissa verkostotieto on usein erityisen vajavaista. Arvonmäärittäminen voi joissain laitoksissa perustua vanhoihin putkikarttoihin, putken asennusvuoteen ja asennusmateriaaliin ja/tai työntekijöiden kokemukseen. Vesihuoltojärjestelmän arvottamisessa keskeiseksi tarkastelukohteeksi nousee myös se, miltä osin järjestelmää on järkevä arvottaa.

5.2 Arvonmuutoksen mittaaminen

Saneeraus- ja kunnossapitotoimenpiteiden aiheuttaman arvonmuutoksen mittaaminen on keskeisessä osassa saneerauspalveluiden tarpeen saattamisessa kuntapäätäjien tietoon. Arvonmuutoksen mittaaminen auttaa myös palveluntarjoajia osoittamaan palveluidensa hyödyllisyyden vesilaitoksille.

Vesihuoltolaitosten haastatteluiden perusteella kunnossapito- ja saneerauspalveluiden vaikuttavuuden ja arvon määrittämisestä tehdään vesilaitoksen puolesta seuraamalla palveluntarjoajien dokumentaatioita, yhteistyönä viranomaisten kanssa (terveysvalvonta ja laadunvalvonta), omavalvontana lähinnä aistihavainnoin sekä katselmuksina. Varsinkin suurissa urakoissa ja suuremmissa vesilaitoksissa saneeratut viemärit kuvataan. Osalla vesilaitoksista on käytössään yksiselitteisiä mittareita laadunvalvontaan (esim. vuotovesi-%/putkikilometri ja ilman vettä olemisen aika vuodessa). Palveluntarjoajien näkökulmasta mittareiden tulisi olla helppokäyttöisiä ja tarvittavien tietojen toimittamisen tulisi onnistua kohtuullisella vaivalla ja kustannuksilla.

Arvonmuutoksen arvioimiseksi voidaan yksinkertaisimmillaan tarjota tarkastuslistaa, jossa on esitettyä saneeraukselle tai kunnossapidolle asetetut laatuksiteerit ja vaaditut laatusot. Laatuksiteerejä voivat olla esimerkiksi verkoston kunnossapitäjän tai saneeraajan toimien vaikutus veden laatuun (haitallisten aineiden pitoisuus), katkojen määrä 5 vuotta saneerauksen jälkeen tai vuosi kunnossapitosopimuksen päättymisen jälkeen tai vuotovesi-%. Esimerkkejä tarkastuslistoista on esitetty Taulukossa 4.

Taulukko 4. Tarkastuslistaesimerkki (Puhdasvesi).

Mitattava suure	Alustava taso ennen saneerausta (1-5)	Taso saneerauksen jälkeen (1-5)	Taso 5 vuotta saneerauksen jälkeen (1-5)
Vuotovesi-%	2	4	4
Katkojen määrä	3	3	4
Veden laatu	2	4	4
Kunnossapito- ja korjauskustannukset	2	3	3
Ympäristö- ja turvallisuusriskit sekä -kustannukset	1	2	2
Virtausmittaukset	2	3	3

Saneeraus- ja kunnossapitopalvelun arvon mittaamiseen päästään tarkemmin käsiksi käyttäessä useita muuttujia arvonmäärityksen perustana. Olemassa olevia monimuuttujamenetelmiä ovat muun muassa AHP (Saaty 1980) ja Utility Value Analysis (mm. Götze et al. 2008), joita voidaan soveltaa tarpeen mukaan. Arvonmääritysprosessin määrittely kannattaa aloittaa vesilaitoksen ja kuntalaisten tarpeiden määrittelyllä.

Tarpeiden pohjalta luodaan mittaristo, joka kuvaa verkoston arvoa, ja sen kehitystä, mahdollisimman tarkasti. Mittareihin tulee luoda asteikot, jotka voivat olla joko numeerisia tai laadullisia. Mittarit tarvitsevat pohjakseen luotettavaa tietoa. Mahdollisia sidosryhmien tiedontarpeita, niihin liittyviä arvonmuutoksen mittareita sekä mittareiden tarvitsemia tiedonlähteitä on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Vaatimuksia arvonmuutoksen mittaamiseen tarkoitettulle menetelmälle.

Sidosryhmien tarpeet	Arvoelementit	Tiedonlähteet
Verkoston kunto	Asennus- tai saneerausvuosi, putkimateriaali ja -tyyppi, järjestelmän rakenne <ul style="list-style-type: none"> Venttiilien määrä Asennustekniikka Putken kulmat ja muut vaikeasti saneerattavat kohteet Videokuva (etenkin viemäriverkosto) Testien tulokset	Historia ja kunnossapitotiedot, kartat, kunnossapitoraportit, videokuvaus, sensorit ja testit (ääniloggerit, jäljityskaasu, virtaamamittaus jne.), putken kaivaminen esiin, putken leikkaus, kokemus, asiantuntija-arviot
Verkoston toimintavarmuus (laskuttamaton vesi, putkirikot ja katkot, vuodot ja tukkeumat, vähennetyt huolto ja korjaustoimet)	Laskuttamaton vesi per putken sisäpinnan ala x putken kokonaispituus, Putkirikkojen, katkojen, vuotojen ja tukkeutuminen määrä ja aiheutuneet kustannukset vuodessa, epäkäytettävyy-%	Historia ja kunnossapitotiedot, kartat, testit (ääniloggerit jne.)
Veden laatu	Aistihavainnot, vaihtelut pitoisuuksissa (pH, sulfaatti, kloori jne.)	Automaattinen ja manuaalinen mittaus
Tuotannollisen arvon lisäys	Laskuttamaton vesi per putken sisäpinnan ala x putken kokonaispituus, Laskutettu vesi	Historia ja kunnossapitotiedot, kustannus ja tuottotiedot tietojärjestelmistä
Kunnossapito- ja korjauskustannusten väheneminen	Kunnossapito- ja korjauskustannusten muutos, kunnossapito- ja korjaus toimintojen määrän muutos verrattuna pitkän aikavälin keskiarvoon	Kunnossapitoraportit, historia ja kunnossapitotiedot
Ympäristö- ja turvallisuusriskien sekä -kustannusten väheneminen	Muutokset havaituissa ja toteutuneissa ympäristöön ja turvallisuuteen (safety) liittyvissä riskeissä	Ympäristö- ja turvallisuusraportit, kunnossapitoraportit, viranomaiset, asiantuntija-arviot
Verkoston turvallisuuden lisääntyminen (security)	Muutokset havaituissa ja toteutuneissa turvallisuuteen (security) liittyvissä riskeissä	Turvallisuusraportit (security), asiantuntija-arviot

Sidosryhmien tarpeiden pääryhmät ovat verkoston kunto sekä arvo (tarkastelukauden alussa ja lopussa), toimintavarmuus (laskuttamattoman veden määrä, putkirikot ja katkot, vuodot ja tukkeumat, korjaus- ja kunnossapitotoimien väheneminen), veden laatu, tuotannollisen arvon muutos, kunnossapito ja korjauskustannusten muutos, ympäristöön ja turvallisuuteen liittyvien kustannusten ja riskin vähentäminen. Näihin liittyviä mittareita voivat olla esimerkiksi asennusvuosi, rakennusmateriaali ja -tapa, putkityyppi, vuotovedet (vuotavuus /putkimetri tai vuotavuus /putken sisäpinta-ala), tukkeumat, katkot, veden laadun mittaus, kustannusten muutos, tuottojen muutos ja tehdyt kunnossapito ja korjaustoimenpiteet.

Mahdollisia mittausvälineitä ja tiedonlähteitä voivat olla esimerkiksi historiatiedot vesilaitokselta, kunnontarkistus ennen saneerausta ja saneerauksen jälkeen, kustannustiedot tietojärjestelmistä, asiantuntija-arviot, kokemustieto,

verkostokartat ja kunnonmäärityksen menetelmät (esim. Sandelinin kehittämä menetelmä kunnonmittaukseen).

Tarpeet ja niitä kuvaavat mittarit tulisi painottaa tärkeysjärjestykseen, jotta mittaus kohdistuisi keskeisiin verkoston arvoa kuvaaviin mittareihin. Mittareihin voidaan myös asettaa tiettyjä minimi- ja maksimiarvoja, jotka on saavutettava tai joita ylittämällä ei saada enää lisäarvoa. Painotus voidaan tehdä esimerkiksi ulkoisia asiantuntija-arvioita käyttäen tai vesilaitoksen ja palveluntarjoajan tekemänä yhteistyönä.

Tarkastelujakson valinta on keskeinen päätös arvonmäärityksessä. Tarkastelu tulisi suorittaa ennen saneerauksen tai kunnossapitosopimuksen alkua ja ulottaa tarkastelua myös saneerauksen tai kunnossapitosopimuksen päättymisen jälkeen, jotta arvonmuutokset voitaisiin paremmin todeta. Saneerauksen ja kunnossapidon arvoa määritettäessä on huomattava, että arvonmuutos voi johtua myös palveluun liittymättömistä tekijöistä (onnettomuus, sääolot jne.).

Käytännössä numeroarvojen antaminen mitattaville suureille on hyvin tapauskohtaista. Lisäksi saadut tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia toisten vesilaitosten tulosten kanssa. Kuitenkin vesihuollossa on tarvetta useita eri näkökulmia huomioiville arvonmäärityksen menetelmille sekä kunnossapito- ja saneeraustoiminnan laadun mittaamiselle. Näkökulman laajentaminen koskemaan koko elinkaaren aikaista tarkastelua useita arvoelementtejä huomioiden kehittää vesilaitosten omaisuuden hallintaa.

5.3 Jälleenhankinta-arvo ja tekninen nykykäyttöarvo

Vesihuoltoalalla jälleenhankinta-arvolla tarkoitetaan kyseessä olevaa verkoston osaa vastaavan verkoston uudisrakentamisesta aiheutuvia todennäköisiä rakennuskustannuksia arviointihetkellä. Jälleenhankinta-arvolla viitataan siten siihen rahamäärään, joka tarvitaan uuden mitoituskapasiteetiltaan samanlaisen verkosto-omaisuuden hankkimiseen nykykustannuksilla ja nykyaikaisia menetelmiä käyttäen (Huittisten ja Vammalan kaupungit, Punkalaitumen, Vampulan ja Äetsän kunnat 2007, 26).

Arviointihetkellä vesihuoltoverkostojen taloudellinen arvo voidaan määritellä nykykäyttöarvolla. Nykykäyttöarvon pohjalla on yllä esitelty jälleenhankinta-arvo, joka määritellään kullekin luvussa 1.2 eritellylle omaisuusryhmälle erikseen. Teknisen nykykäyttöarvon menetelmä perustuu jälleenhankintahintaan, josta tehdään teknistaloudellisen pitoajan mukaiset poistot (ks. esim. Turun vesiliikelaitos 2011a, Viitasaaren kaupunki, s.11). Tekninen nykykäyttöarvo määräytyy siis jälleenhankinta-arvosta jäljellä olevan materiaaliokohtaisen teknis-taloudellisen käyttöiän perusteella, jonka määrittämiseksi tarvitaan tiedot verkoston pituudesta, materiaaleista, iästä, putkikoosta sekä eri materiaaleja ja kokoja olevien verkostojen keskimääräisistä rakentamiskustannuksista (kuten rakentamisen laadusta, putken sijainnista ja kilpailutuksen tehokkuudesta). (Liikanen, 16.9.2011, Kuivamäki ja Kolehmainen 2011). Nykykäyttöarvosta käytetään ajoittain myös nimitystä substanssiarvo (Huittisten ja Vammalan kaupungit, Punkalaitumen, Vampulan ja Äetsän kunnat 2007, 26).

Nykykäyttöarvoa määriteltäessä voidaan valita erilaisia muuttujia laskelmien perustaksi. Lisäksi voidaan tehdä vaihtoehtoisia määrittelymenetelmiä, kuten

esimerkiksi Turun vesiliikelaitoksen (2011b, 14–16) selvityksessä. Arvioitaessa verkoston eri omaisuusryhmien nykykäyttöarvoa vesihuoltoyhtiöön osallistuvissa kunnissa vaihtoehtoisiksi menetelmiksi esitettiin:

- 1) kuntakohtaisia kertoimia vastaamaan uudisrakentamisen erilaisia kustannuksia
- 2) kertoimia, jotka perustuvat verkostojen sijaitsemiseen asemakaava-alueella tai sen ulkopuolella
- 3) kaikille kunnille yhtäläisiä kertoimia sijainnista piittaamatta (Turun vesiliikelaitos 2011).

Toisaalta kyseisen melko yksityiskohtaisen tarkastelun sijaan taloudellinen arvo voidaan laskea myös karkeasti käyttäen keskimääräisiä verkoston rakentamiskustannuksia ja ikää. (Liikanen, 16.9.2011.) Yksityiskohtaisella tavalla laskettuna ei kuitenkaan saada tarkkoja arvioita, ja kaikissa kunnissa käyttöikä ei aina ole edes saatavilla kaikista verkostojen osista. Tällöin eräänlaisena hätäratkaisuna arvioita ja saneeraussuunnitelmia tehtäessä voitaisiin hyödyntää minimi- ja maksimiarvojen laskemista nykykäyttöarvoon suuresti vaikuttavalle käyttöiälle. Arvojen avulla voidaan edelleen laskea minimi- ja maksimiestimaatit myös nykykäyttöarvolle.

5.3.1 Verkostot

Verkostojen osalta tekninen nykykäyttöarvo on määritetty muun muassa Turun vesiliikelaitoksen (2011) teettämän selvityksen raportissa. Raportissa on otettu huomioon verkostojen arvioitu jälleenhankintahinta, putken ikä, koko ja materiaali sekä materiaaliikohtainen teknistaloudellinen käyttöikä. Raportissa saneerattujen verkostojen oletettiin vastaavan uutta, jolloin saneerattujen verkosto-osuuksien rakennusvuodeksi asetettiin saneerausvuosi.

Turussa laskelmissa käytettiin oletuksena vesi-, jätevesi- ja sadevesijohtojen sijaintia samassa kaivannossa, mikä alensi yksikkökustannuksia. Oletuksen haittapuoleksi todettiin, että haja-asutusalueilla verkostoja ei ole rakennettu tällä tavalla. Toisaalta kuitenkin haja-asutusalueiden edullisemman rakentamisen todettiin kompensoivan epäkohtaa. Laskelmiin kuuluivat ainoastaan vesihuoltolaitoksen vastuulla olevat runkojohdot. Siten kiinteistöjen vastuulla olevat tonttijohdot jäivät tarkastelun ulkopuolelle.

Asemakaava-alueet huomioitiin laskelmissa prosentuaalisten kertoimien kautta. Asemakaava- ja niiden ulkopuolisten alueiden yksikköhintoja painotettiin kertoimilla 1,0 ja 0,6. Tuloksena saatiin kunkin vesihuoltoyhtiöön mukaan tulevan kunnan vesijohto-, jätevesiviemäri- ja sadevesiviemäriverkostoille laskennassa käytetyt yksikköhintakertoimet, jotka huomioitiin asetettaessa saatuja arvioita Taulukon 2 mukaisesti matriiseihin.

Yksikköhintojen laskemisessa huomioitiin putket ja niiden mukana tulevat varusteet, kuten venttiilit, kaivot ja palopostit. Lisäksi mukaan otettiin maanrakennustyöt sekä suunnittelu- ja rakennuttamiskustannukset. Yksikköhinnat laskettiin erikseen vesijohdoille, jätevesi- ja sadevesiviemäreille. Paineviiemäreille käytettiin samoja hintoja kuin vesijohdoille. Saadut yksikköhinnat määritettiin materiaalin ja putkikoon mukaan. (Turun vesiliikelaitos 2011a, 5)

Mikäli käytössä olisi ollut useampi Turun vesiliikelaitoksen teettämän raportin kaltainen arvio, olisi niissä käytettyjen arvojen vertaileminen voinut synnyttää arvokasta tietoa käytetyistä menetelmistä ja niiden yhdenmukaisuudesta. Pyyntöistä huolimatta emme kuitenkaan saaneet käyttöömmme tätä vähän aikaa julkisesti näkyvillä ollutta tiivistettyä raporttia lukuun ottamatta muita nykykäyttöarvon määrittämiseen keskittyneitä arvioita.

5.3.2 Jälleenhankinta- ja tekninen nykykäyttöarvo muissa vesihuoltoverkoston omaisuusryhmissä

Paineenkorotusasemat ja jätevesipumppaamot

Turun vesihuoltoyhtiön perustamista varten tehdyissä arvioissa vesijohtoverkostojen paineenkorotusasemien jälleenhankinta-arvot on laskettu mm. pumppaamotyyppi (pakettipumppaamo, paikalla rakennettu pumppaamo), pumppujen teho sekä asennustavat huomioiden (pumput imultaassa, erillinen pumppaustila, huoltorakennuksella varustettu pumppaamo). Jälleenhankinta-arvon oletettiin jakautuvan rakennustekniseen osaan (40 %), jonka käyttöiäksi oletettiin 30 vuotta, koneistoon ja LVI-osaan (40 %) sekä sähköinstrumentointiin (20 %), joista molempien käyttöiäksi arvioitiin 15 vuotta.

Selvityksessä käytetyt paineenkorotusasemien eri tehoisten pumppujen ja jätevesipumppaamojen yksikköhinnat on kirjattu taulukoissa 2.6 ja 2.7 (Turun vesiliikelaitos 2011, 7-8). Mikäli paineenkorotusasemien pumppujen tehot poikkesivat lähtötietotaulukon tehoista, käytettiin laskennassa annettua arvoa lähinnä olevaa pumpun tehoa. Jätevesipumppaamojen laskelmissa sadevesiviemäreiden pumppaamot on jätetty tarkastelun ulkopuolelle.

Vesisäiliöt

Turun vesiliikelaitoksen selvityksessä vesisäiliöiden hankintahintaa käytettiin jälleenhankintahintana indeksikorotus huomioiden, mikäli hankintahinta oli tiedossa. Mikäli hankintahintaa ei ollut tiedossa, määritettiin jälleenhankintahinnat Suomen Rakennusinsinöörien Liiton (RIL 124-2-2004) ohjeiden mukaisesti vesisäiliön tilavuuteen perustuen. Nykykäyttöarvon laskennassa vesisäiliön käyttöiäksi oletettiin 50 vuotta. Arvonmäärittämisessä huomioitiin tehdyt saneeraukset määrittämällä saneerauskustannuksille nykykäyttöarvo erikseen. Myös tällöin käyttöikäniä käytettiin 50 vuotta.

Vedenkäsittelylaitokset

TSV:n tekopohjavesilaitoksen valmistuttua toimintaan jäävien vesilaitosten arvot määritettiin Turun tapauksessa kahdessa osassa: ensimmäisessä vaiheessa arvonmäärittäminen tehtiin asiantuntijan toimesta tarkastuskäynnillä ko. laitoksilla. Arvonmäärittäminen perustui vesilaitosten prosessien ja laitteiden (raakaveden pumppaus, ilmastus, alkalointi, suodatus, vesisäiliöt/painesäiliöt, UV-laite, natriumhypokloriitin annostelu, puhtaan veden pumppaus, valvomorakennus jne.) sekä niihin kuuluvien komponenttien (rakenteet, koneisto, LVI, sähkö jne.) jälleenhankintahintaan vastaavanlaisissa laitoksissa sekä tarkastuskäynnin perusteella tehtyyn arvioon niiden teknisestä nykykäyttöarvosta (pisteytys 1 - 5). (Turun vesiliikelaitos 2011, 8-9)

Projektin toisen vaiheen arvonmääritys perustui tietoon laitoksen investointikustannuksista, joka jaettiin rakennukseen sekä koneisto/LVIS –komponentteihin yhdessä kuntien yhteyshenkilöiden ja konsultin kanssa. Rakennusteknisen osan käyttöikäksi oletettiin 30 vuotta, koneiston ja LVI-osan 15 vuotta ja sähköinstrumentoinnin 15 vuotta. Saneerausinvestoinnit huomioitiin määrittämällä niille erikseen nykykäyttöarvo (ei huomioitu jälleenhankinta-arvossa). (Turun vesiliikelaitos 2011, 8-9)

Jätevedenpuhdistamot

TSP:n keskuspuhdistamon rinnalle toimintaan jäävien jätevedenpuhdistamoiden arvot määritettiin kunnilta saatujen lähtötietojen perusteella (ks. kuntakohtaiset liitteet). Jälleenhankinta-arvot ovat suuntaa antavia ja perustuvat vastaavien toteutuneiden kohteiden hintaan. Nykykäyttöarvojen laskennassa koneiston käyttöikäksi oletettiin 15 vuotta ja rakennusten 30 vuotta. Koneiston osuudeksi oletettiin 40 % ja rakennuksen osuudeksi 60 %.

5.4 Tekninen ja teknistaloudellinen pitoaika vesihuoltoverkostossa

Yleisesti käyttöiällä tarkoitetaan rakenteen valmistuksen tai asennuksen jälkeistä aikaa, jonka rakenne tai tuote asianmukaisesti huollettuna säilyy käyttökelpoisena käyttökohteessaan. Käyttöikä päättyy, kun rakenne saavuttaa käyttöikärajatilan. (REM – ympäristö ja elinkaarimittaristo.) Käyttöikä on materiaalin käytössä oloaika asentamisesta käytöstä poistamiseen asti (Kekki, Kaunisto, Keinänen-Toivola & Luntamo 2008, 18).

Vesihuoltoverkostojen arvonmäärityksessä käytetään hyödyksi niin sanottuja teknistaloudellisia pitoaikoja, jotka ovat huomattavasti lyhyempiä kuin tekninen pitoaika, mutta huomattavasti korkeampia kuin kirjanpidossa käytetyt verkostojen kirjanpidolliset pitoajat (poisto aika). Teknistaloudellisia pitoaikoja voidaan hyödyntää esimerkiksi kannattavuuslaskelmissa. Se on osin harkinnanvarainen suure, koska siinä yhdistyvät kaksi edellä esiteltyä hyvinkin poikkeavaa pitoaikaa (emt.) (Hokkanen 2000, 43–44; [Lehmuskoski 1984, 31]).

Vesihuoltoverkoston käyttöikään liittyvää tutkimusta on tehty jonkin verran. Tutkimukset ja muut kirjoitukset painottuvat usein vesihuoltoverkoston kuntoon tai käyttöikään vaikuttaviin tekijöihin. Yksi vastaavanlaisista tutkimuksista on tutkimus vesijohtomateriaalien vaurioista ja käyttöiästä Suomessa (Kekki, Kaunisto, Keinänen-Toivola & Luntamo 2008). Työssä keskitytään suomalaisissa vedenjakelu- ja kiinteistövesijohdoissa käytettyjen putkimateriaalien vauriomekanismeihin, vaurioiden ilmenemiseen sekä niiden syihin. Lisäksi arvioidaan suoraan putkistojen käyttöikää ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Myös materiaaliikohtaisia tutkimuksia on tehty (ks. esim. Betoniviemärit 2003 – käsikirja).

Muoviputkien käyttöiästä ei ole vielä pitkää käytännön kokemusta, koska muoviviemäreiden rakentaminen on alkanut muita putkimateriaaleja huomattavasti myöhemmin – pääosin vasta sotien jälkeen 1960- ja 1970-luvuilla. Suunnittelussa on kuitenkin yleisesti käytetty 50 vuoden käyttöikää, kuten alla olevassa taulukossa on esitetty (ks. esim. Heinonen 2009, 15). Muoviviemärit ovat siten vasta saavuttamassa käyttöiän huipun Suomessa.

Taulukko 6. Putkimateriaalien pitoajat (Lähde: Turun vesiliikelaitos 2011a, 7)

Materiaali	Käyttöikä
Muovi	50
Valurauta	45
Teräs	40
Betoni	40
Asbesti	40

Mikäli putken materiaali ei ole tiedossa, käytetään nykykäyttöarvon laskennassa oletusmateriaalina usein muovia, sillä sen rakentamisen yksikkökustannukset on helppo määrittellä. Asbestiviemäreille, klinkkeri- ja lasikuituputkille sekä betoni-paineviemäreiden rakentamiskustannuksina käytettiin Turun vesiliikelaitoksen selvityksessä muovin yksikkökustannuksia, koska ko. putkimateriaaleja ei enää käytetä, eikä siten niiden hintatietoja ole saatavilla. (ks. esim. Turun vesiliikelaitos 2011, 7)

Putkimateriaalin lisäksi pitoajat/käyttöiät voivat vaihdella rakennusvuoden ja sen mukaan, onko kyseessä vesijohto-, viemäri- vai sadevesiviemäriverkosto. Alla on esitetty Pietarilan opinnäytetyössään käyttämät rakennusvuoden huomioivat teoreettiset käyttöiät putken käyttötarkoituksen mukaan.

Taulukko 7. Vesihuoltoverkoston käyttöiät rakennusvuosittain (Pietarila 2012, 39)

Rakennusvuosi	Käyttöikä		
	Vesijohto	Jätevesiviemäri	Sadevesiviemäri
– 1970	50	50	60
1970–1980	45	50	60
1980–1990	50	50	60
1990 –	60	60	70

Nykykäyttöarvon näkökulmasta voidaan pitoajasta laskea tarkempien mittausmenetelmien kehittymistä odottaessa eräänlaiset minimi- ja maksimiestimaatit eli arviot, kuten Hokkanen (2000, 38) on tehnyt sähköjakeluverkon osalta. Menetelmä voi olla oikea ratkaisu silloin, kun arvioitavasta vesihuoltoverkostosta ei ole saatavilla tarvittavia tietoja tai se on muutoin puutteellista. Tällöin pitoaikaa laskiessa ei saada aikaisempaa tarkempia arvioita, mutta arvioita tehtäessä esimerkiksi verkoston nykykäyttöarvosta, johon valittu pitoaika olennaisesti vaikuttaa, saadaan verkoston pitoajalle epävarmuustekijät huomioon ottava vaihteluväli.

Käyttöikä vaihtelee runsaasti muun muassa materiaalin ja asennusvuoden mukaan. Sotien jälkeiset huonokuntoisimmat verkostojen osat eivät ole olleet käyttöikältään parhaimmista. Sen sijaan tänä päivänä ja tulevaisuudessa asennettavien putkien ja käyttöikäen arvioidaan olevan huomattavasti edeltäjiään pidempiä. Turun vesiliikelaitoksen entisen verkostopäällikön, Reijo Rosengrénin mukaan nykyisin vesiverkostossa käytettävät materiaalit ja pinnoitteet ovat sellaisia, että putket saattavat kestää jopa 200 vuotta, mikäli asennus- ja maanrakennustyöt ja muut toimet tehdään huolellisesti. (Rosengrén 2009, 10). Myös esimerkiksi betoniviemärielle ennustetaan tavanomaisissa olosuhteissa kulumisriskillä mitoitettuna 100 vuoden käyttöikä (Betoniviemärit 2003, 14).

5.5 Tuotannollinen arvo

Jälleenhankintahinnasta poistojen jälkeen määräytyvä nykykäyttöarvo on yksi tapa määrittää vesihuoltolaitosten käyttöomaisuuden arvoa. Toinen yleisesti käytetty arvonmäärittäminen menetelmä on tuottoarvon määrittäminen, joka vesihuollossa voidaan nähdä myös verkoston tuotannollisena arvona. Tuottoarvon määrittäminen perustuu laitoksen ennustettuun tuloksentehtävyyteen käyttöomaisuuden substanssiarvon sijaan (Turun vesiliikelaitos 2011).

Tuotannollista arvoa laskettaessa huomioidaan verkoston asentamisen kustannukset ja verkoston asentamisesta aiheutuvat tulot. Akaassa verkstorakentamisen menot pitävät sisällään sekä putkimateriaalin että asennustyön. Arvoksi on määritetty 250€/ putkimetri. Arvo vaihtelee ja pääkaupunkiseudulla luku voi olla jopa kymmenkertainen rakennuskustannusten kasvun vuoksi. Tuotannollisen arvon toinen puoli eli tuotot muodostuvat liittymismaksuista ja asiakkaiden maksamista perus- ja käyttömaksuista. Näiden kahden arvon suhde määrittää verkoston rakentamisen kannattavuuden ja verkoston tuotannollisen arvon/ nettoarvon. Tiivistetysti voidaan sanoa, että verkoston tuotannollinen arvo perustuu siihen, kuinka montaa ihmistä, teollisuuslaitosta tai vastaavaa veden kuluttajaa verkosto palvelee. Teollisuuslaitokset kuluttavat moninkertaisesti asukkaisiin nähden, jolloin yhden teollisuuslaitoksen toimintaa palveleva putki voi olla tuottoarvoltaan huomattavasti korkeampi kuin pienen lähiön vesihuoltoverkosto.

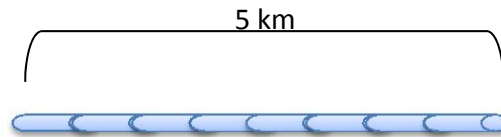
Käytännön tuottoarvoa voidaan mitata laskemalla vesihuoltoverkoston tuotto vuodessa putkimetriä/putkikilometriä kohden (Kuinka paljon laskutettua vettä virtaa pois laitokselta ja kuinka paljon ihmiset tästä vedestä maksavat (veden hinta) vuodessa pois lukien laskuttamaton vesi?)

Tavoitteena on, että verkoston perusinvestoinnit ja ylläpito katetaan liittymis- ja perus- ja käyttömaksuilla. 100 %:n tavoite ei haastattelujen mukaan ole kuitenkaan realistinen. Esimerkiksi Akaassa luku on 75 %, joka sekin on maan keskiarvoihin nähden suhteellisen korkea.

Nämä saamatta jääneet tulot (esim. laskuttamaton vesi, joka menee esimerkiksi maaperään) voidaan laskea saamatta jääneiksi tuloiksi, jotka vaikuttavat siten nettomenoihin. Nettomenoihin voidaan lisätä myös ylläpidon kustannukset, mikäli niitä ei kateta liittymis- ym. maksuilla. Akaan tapauksessa 25 % tuotetusta talousvedestä ei tule katetuksi liittymis- ym. maksuilla, joka siten tulisi lisätä verkoston tuotannollista arvoa laskettaessa kuluihin.

5.6 Laskentaesimerkkejä arvonmäärityksen menetelmistä

Arvonmäärityksen menetelmiä voidaan havainnollistaa kuvan 3 esimerkillä. Esiteltäviä menetelmiä ovat jälleenhankinta-arvo, nykyarvo ja tekninen nykykäyttöarvo, joita voidaan soveltaa useassa aikaisemmin raportissa esitellyssä arvonmäärityksen menetelmässä.



Kuva 3. Esimerkkiverkosto

Esimerkkiverkoston alkuoletukset:

- vesijohtoverkosto, jonka pituus (l) = 5 km
- saneeraus tapahtuu haja-asutusalueella
- menetelmänä sujutus (no-dig -menetelmä)
- putkikoko 100 mm
- oletetaan, että saneerattu verkosto vastaa uutta
- verkoston jäännösarvo on (JA_t) = 0 €
- verkoston tekninen käyttöikä (i) on 50 vuotta
- verkosto on ollut käytössä 40 vuotta
- taulukon 3 mukaan arvioidaan saneerauksen metrihinnaksi 200 € sisältäen kaikki asennus- ja materiaalikustannukset
- investoinnin nettotuotot vuodessa (S_t) = 5000 €
- hankintahinta (HH) = 100 000 €
- Laskentakorko (r) = 5 %

Jälleenhankinta-arvo:

Verkoston jälleenhankinta-arvolla voidaan kuvata esimerkiksi uuden verkoston hankintakustannuksia ja sitä voidaan käyttää pohjana saneeraus- ja kunnossapitotoimien kannattavuuden arviointiin. Esimerkkiverkoston jälleenhankinta-arvo (JHA) voidaan karkeasti laskea seuraavasti edellä mainittuja alkuoletuksia käyttäen:

$$\text{—} \quad \text{—} = 1\,000\,000 \text{ €}$$

Jossa,

l = verkostopituus metreinä, — = Jälleenhankintahinta putkimetriltä

Nykyarvo (NA):

Nykyarvolla voidaan kuvata verkoston tuotannollista arvoa, mikäli oletetaan, että investoinnin tuotto kuvaa laskutettua vettä ja liittymismaksuja ja kustannukset kuvaavat muun muassa rakennus-, asennus-, ylläpito- ja saneerauskustannuksia. Nykyarvoa voidaan yleisesti käyttää saneeraus- ja kunnossapitoinvestointien kannattavuuden mittarina.

Nykyarvo voidaan esittää seuraavassa muodossa:

$$NA = \sum_{i=1}^n \frac{S_t}{(1+r)^i} + \frac{JA_t}{(1+r)^i} - HH$$

jossa

S_t = on investoinnin juoksevasti syntyvät nettotulot vuonna i , r = laskentakorko, JA_T = komponentin jäännösarvo pitoajan n lopussa, HH = verkoston hankintahinta

Aritmeettisen sarjan summa voidaan esittää muodossa:

$$\sum_{i=1}^n \frac{S_t}{(1+r)^i} = i \times \left(\frac{S_1 + S_i}{2} \right)$$

Jos $JA_t = 0$, $S_t = 5000\text{€}$, $r = 5\%$ $HH = 100\,000\text{€} \Rightarrow$

$$NA = \sum_{i=1}^n \frac{S_t}{(1+r)^i} - HH = i \times \left(\frac{S_1 + S_i}{2} \right) - HH = 50 \times \left(\frac{\frac{5000\text{€}}{1+0,05} + \frac{5000\text{€}}{(1+0,05)^{50}}}{2} \right) - 100\,000\text{€} \sim 30\,000\text{€}$$

Tekninen nykikäyttöarvo (TNKA):

Teknisen nykikäyttöarvon laskennassa jälleenhankintahinnasta vähennetään verkoston iän ja teknisen käyttöiän suhde kerrottuna jälleenhankintahinnalla. TNKA on käyttökelpoinen työkalu verkoston saneeraus- ja kunnossapitopäätöksenteossa ja -suunnittelussa.

Teknisen nykikäyttöarvon kaava voidaan esittää muodossa:

$$TNKA = JHA - \sum_{i=1}^n P_{JHA}(i)$$

jossa

NKA = verkoston nykikäyttöarvo, JHA = verkoston osan jälleenhankintahinta poiston suorittamishetkellä, $\sum_{i=1}^n P_{JHA}(i)$ = on jälleenhankintahintaan nojautuen tehdyt poistot yhteensä ajanhetkeen i mennessä

Mikäli valitaan poistomenetelmäksi tasapoisto, voidaan yhtälö kirjoittaa muotoon:

$$NKA = JHA - \frac{JHA}{T} \times t = 1\,000\,000\text{€} - \frac{1\,000\,000\text{€}}{50\text{v}} \times 40\text{v} = 200\,000\text{€}$$

jossa,

T = verkoston pitoaika vuosissa, t = verkoston käyttöikä vuosissa

Esiteltyjä laskennallisen arvonmäärityksen perusmenetelmiä voidaan hyödyntää sovellettuina monissa tässä raportissa mainituissa arvonmäärityksen menetelmissä, kuten FCA-, LCC- ja ABC-laskentatavoissa. Näissä menetelmissä rahamääräisten kustannusten ja hyötyjen lisäksi myös sosiaaliset ja ympäristöön liittyvät suorat ja epäsuorat kustannukset huomioidaan mahdollisuuksien mukaan. Lisäksi laskennassa tulisi huomioida verkostoon ja ennustamiseen liittyvät epävarmuudet ja riskit.

6 Vesihuoltoalan tietojärjestelmien ja mittaustekniikan kehitystarpeet arvonmäärityksen tukemiseksi

Elinkaarensa loppupäässä olevien putkien pienissä urakoissa tehtävien saneerausten johdosta tietojärjestelmät ovat muuttuneet yhä tarpeellisemmiksi, jotta verkostotieto pysyy ajan tasalla. SerVesi-projektin vesilaitoksille tehdyn haastattelututkimuksen mukaan etenkin pienissä kunnissa verkostotieto saattaa perustua paperikarttoihin tai muuhun – ei sähköisesti saatavilla olevaan – dataan tai jopa verkostomestarin hallussa olevaan henkilökohtaiseen tietämykseen. Kokemus-, kunnossapito- ja karttatiedon siirtäminen tietojärjestelmään vähentää henkilöstön vaihdon yhteydessä tapahtuvia tiedon häviämiseen liittyviä riskejä.

Suurella osalla vastaajista on kuitenkin käytössään verkostotietokanta. Osassa suuremmista kunnista ja niiden vaikutusalueella on käytössään Teklan X-pipe kun taas muissa kunnissa CAD-pohjaiset järjestelmät ovat yleisimpiä). Yleisesti verkostotietojen kerääminen on tehostunut ja täsmentynyt viime vuosien aikana. Tietojärjestelmät sisältävät mm. putkien sijaintitietoja, asennusvuoden ja -tavan, sekä putkimateriaalin. Viime vuosien aikana osa vesilaitoksista on kerännyt verkstodataa myös teettämällä viemäreiden TV-kuvauksia, ottamalla valokuvia ja dokumentoimalla muuta yksityiskohtaista tietoa esimerkiksi saneeraustöiden yhteydessä sekä ylläpitämällä muun muassa verkoston kunnossapito-, ongelma- ja vuotorekisteriä. Näiden lisäksi hyödyllisiä kerättäviä tietotyyppisiä ovat esimerkiksi tiedot verkostossa käytetyistä komponenteista ja laitteista, muun verkostoa ympäröivän infran tila, johtokartat ja korot, veden laatuun kohdistuvien vaikutusten määrä ja siinä tapahtuvat muutokset sekä pumppaamoihin ja mittauskaivoihin liittyvät tiedot.

Tietojärjestelmiin liittyvänä ongelmana on vanhojen tietojärjestelmien ja paperikarttojen yhdistäminen uudempiin tietojärjestelmiin, mistä johtuen kaikki järjestelmissä oleva tieto ei aina ole täysin luotettavaa ja tarkkaa. Tilannetta pyritään parantamaan kuvaamalla putkistoja ja syöttämällä kunnossapidettävien ja saneerattavien kohteiden päivitetty tiedot järjestelmään.

Ongelmana on myös tietokantojen yhdistäminen. Laittevalmistaja voi esimerkiksi todeta tietojen olevan yhdistettävissä helposti muihin tietokantoihin, mutta asiakkaan halutessa vaihtaa toimittajaa, tarvitaan tietokantojen yhdistämiseksi esimerkiksi salasana tai muu tieto, jota ei ole luovutettu asiakkaalle. Monelta eri taholta tulevan tiedon yhdistäminen samaan tietokantaan helpottaisi tietojen seuraamista ja etenkin tilaajapuolella kerätyn datan luotettavuutta ja ymmärrettävyyttä.

Vesihuoltoverkoston kunnossapidon näkökulmasta ongelmana ei aina ole tiedon puute, vaan sen sivuuttaminen. Monessa kunnassa kerätään tärkeää verkostotietoa huomattavan paljon. Tämän tiedon jalostaminen ja erityisesti verkostotietojen seuraaminen jää kuitenkin vähemmälle ja esimerkiksi kunnossapitotoimiin tartutaan vasta ongelmien ilmettyä. Esimerkiksi pumppaamoissa etävalvontaa tekevä palvelutuottaja voisi ilmoittaa tilaavalle vesilaitokselle, kun pumpun tuotto putoaa puoleen tarkoitetusta. Tällä hetkellä pumput vaihdetaan uusiin vasta sitten, kun vanhat lakkaavat kokonaan toimimasta.

Syynä seurannan vähäisyyteen voi olla esimerkiksi puutteet osaamisessa tai kiire. Kerättyjä tietoja seuraamalla ja analysoimalla voidaan kuitenkin parhaassa

tapauksessa välttyä suurilta ongelmilta. Verkostotietojen tarkempi seuranta, valvonta ja analyysi voikin olla seuraava askel kohti laajempaa vesihuoltoverkoston ennakoivaa kunnossapitoa. Tilaajan ja palvelutarjoajan näkökulmasta tämän kaltainen palvelukonsepti on suhteellisen riskitön. Samalla sen avulla voitaisiin parhaassa tapauksessa vähentää äkillisten putkirikkojen määrää ja parantaa kerätyn verkostodatan laatua.

Myös tietokantojen yhdistäminen voi tarjota uudenlaisia mahdollisuuksia sekä tilaajille että palvelutuottajille. Esimerkiksi suuremmat yritykset, joissa voidaan tarjota tiedon seuranta- ja valvontapalvelua monelta osa-alueelta, voi tietokantojen yhdistäminen luoda täysin uudenlaisen palvelukonseptin.

Vesihuoltolaitosten hallinto- ja talousseminaarissa Katri Vasama (18.4.2012) esitti arvioitaan vesihuollon ja vesihuollon tietohallinnon nykytilasta:

- vesihuoltolaitosten toimintamuodot vaihtelevat (osa kunnan organisaatiota, kunnan omistama yhtiö, osakeyhtiö, osuuskunta tai yhtymä)
- vesihuoltolaitosten tiedonantovelvoitteet perustuvat lainsäädäntöön (vesilaki, vesihuoltolaki, ympäristönsuojelulaki, terveydensuojelulaki jne.)
- vesihuoltolaitosten tuottamia tietoja tallennetaan eri sidosryhmien ylläpitämiin tietojärjestelmiin

Nämä tekijät, kuten monet muutkin tekijät, aiheuttavat sen, että vesihuoltolaitosten tietojärjestelmissä on kehitystarpeita (Vesihuollon tietohuollon kehitystyöryhmä (2009), Kaatra et al. (2010:6), Vasama (18.4.2012)):

- laitosten teknisissä valmiuksissa on merkittävää vaihtelua
- Suomella on lakisääteisiä velvoitteita raportoida vesilaitostoiminnasta EU:lle, mutta laitoksilla ei ole velvollisuutta toimittaa valtionhallinnolle tarvittavia tietoja
- vesihuoltolaitoksilla on erilaisia velvoitteita kirjanpidosta ja toimintakertomuksen laatimisesta toimintamuodosta riippuen
- vesihuoltolaitosten toimintaan liittyvää käsitteistöä ei ole sovittu yhteisesti
- vesihuoltolaitokset ovat velvoitettuja vastaamaan useisiin tietosisällöltään osin päällekkäisiin kyselyihin vuosittain
- tietojen tallennus tehdään käsin vesilaitoksissa, ELY-keskuksissa ja Suomen Ympäristökeskuksessa (SYKE):ssä
- tietojen säilytys toteutetaan osin paperiversioina eri toimijoiden arkistoissa
- ajantasaista vesihuoltolaitostietoa ei ole viranomaisten eikä vesihuoltolaitosten omistajien tai asiakkaiden saatavissa

Edellä mainittujen seikkojen kehittämiseksi Vasama (18.4.2012) esittää seuraavia tavoitteita:

- tietojen toimitus ”yhden luukun periaatteella” kehitettävään vesihuoltotietopalveluun. Tähän päästään edistämällä sähköistä tiedonsiirtoa

ja tietojen yhteiskäyttöä, lisäämällä yhteistyötä sidosryhmien kanssa ja tietoarkkitehtuurin yhtenäistämällä

- helppokäyttöisen käyttöliittymän kehittäminen, johon sisältyvät tiedonsiirron ja rajapintojen kehittäminen, käyttöliittymän vastaavuus tiedon tuottajien (mahdollisuus tiedon tarkistamiseen ja tuotetun tiedon hyödyntämiseen) ja loppukäyttäjien (raportointityökalut, karttapalvelut) tarpeisiin
- tietokyselyjen keskittäminen ja ajantasaisen vesihuoltolaitostiedon saatavuuden varmistaminen
- toiminnan tunnuslukujen tuottaminen perustiedosta ja talouden läpinäkyvyys

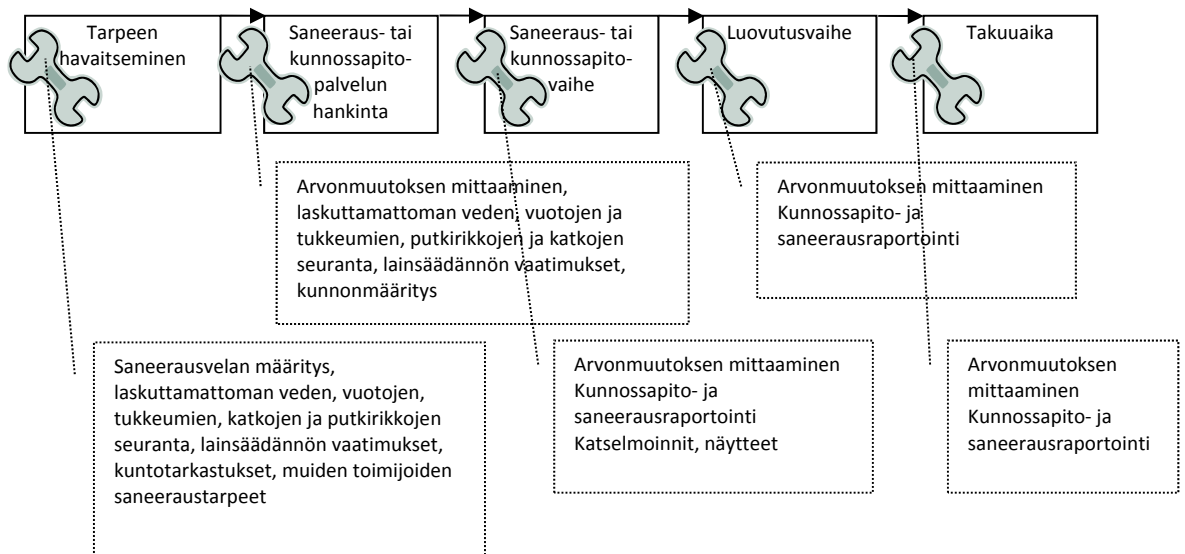
Samankaltaisia kehitystarpeita on tunnistettu myös muualla (esim. Sinha ja Graf 2011). Sinha ja Graf (2011) esittävät Yhdysvaltaisten vesihuoltolaitosten käyttöön yhteistä tietojärjestelmää, jossa olisi paikkatietojen, materiaalin, asennusvuoden ja kunnossapitotietojen lisäksi myös syvällistä tietoa teknologioista, asennustavoista ja käyttökokemuksista sekä parhaista käytännöistä. Esitettyä tietojärjestelmää päivitetäisiin aktiivisesti, jotta vesilaitoksilla olisi aina uusin tieto käytettävissään.

Tietojärjestelmät ovat keskeisessä roolissa myös verkoston kunnan- ja arvonmäärityksessä: verkoston kustannustehokas arviointi vaatii paljon luotettavaa tietoa verkoston kunnosta ja toiminnasta. Yhtenä verkostotietojärjestelmien ongelmana voidaan pitää tiedon sirpaleisuutta eri järjestelmissä, tiedostoissa ja paperikartoissa. Tiedon luotettavuus ja helppo saatavuus yhdestä lähteestä on edellytys verkoston arvon kustannustehokkaalle määrittämiselle.

7 Pohdinta – kunnan- ja arvonmäärityksen menetelmien yhdistäminen

Tässä raportissa on esitetty suuri määrä saneeraus- ja kunnossapitopäätöksentekoa tukevia menetelmiä ja mittareita. Menetelmien tehokas käyttö edellyttää saneeraus- ja kunnossapitoprosessien ymmärtämistä. Menetelmien tavoitteena on vahvistaa vesilaitosten ja palveluntarjoajien kestävä kehityksen mukaista ennaltaehkäisevää verkostonhallinnan toimintatapaa. Saneeraus- ja kunnossapitoprosessien voidaan ajatella koostuvan viidestä vaiheesta: Tarpeen havaitseminen, saneeraus- tai kunnossapitopalvelun hankkiminen, saneeraus- tai kunnossapitovaihe, luovutusvaihe ja takuu-aika.

Kuvassa 4 esitellään, missä saneeraus- tai kunnossapitopalvelun elinkaaren vaiheessa mikäkin menetelmä on hyödyllinen. Tarkastelutasona on yksittäisen saneeraus- tai kunnossapitopalvelun tai -palvelukokonaisuuden taso. Vesihuolto- ja viemäriverkosto on esitetty samassa kuvassa, koska niiden arvioimiseen käytettävät menetelmät eivät yleistasolla eroa merkittävästi toisistaan.



Kuva 4. Arvon- ja kunnonmäärittäminen menetelmät vesi- ja viemäriverkostojen kunnossapito- ja saneerausprosessin aikana

Vesihuolto- ja viemäriverkostojen arvon- ja kunnonmäärittämisessä on havaittavissa suurelta osin samat vaiheet ja toimintatavat, vaikka mittaamisen käytännön työkalut poikkeavatkin toisistaan merkittävästi.

Tarpeen havaitseminen:

Tarpeen havaitsemisvaiheessa on keskeistä, että vesihuolto- ja viemäriverkostosta ja niiden toiminnasta on saatavilla riittävästi tietoa. Saatavilla olevan tiedon, resurssien riittävyyden ja muiden sidosryhmien tarpeiden (päättäjät, kuntalaiset, katusaneeraajat) perusteella vesilaitokset tekevät päätöksensä. Vesihuoltoverkostoa koskevaan saneeraus- ja kunnossapitopäätöksentekoon vaikuttavat tarpeen havaitsemisvaiheessa esimerkiksi saneerausvelan määrittäminen, laskuttamattoman veden määrän, vuotojen, putkirikkojen ja katkojen seuranta (huomioitava menetelmien rajoitteet), kuntotarkastukset sekä lainsäädännön vaatimukset. Viemäriverkostoa koskevaan päätöksentekoon vaikuttavat lisäksi viemäriin vuotavan laskuttamattoman veden määrä sekä tukkeumien sekä putkirikkojen seuranta. Lisäksi, vesihuolto- ja viemäriverkoston saneeraus- ja kunnossapitopäätökset voivat perustua muun muassa kokemukseräiseen tietoon tai tietoon putkimateriaalista, -tyypistä ja asennusvuodesta.

Saneeraus- tai kunnossapitopalvelun hankinta:

Tarpeen havaitsemisen jälkeen arvon- ja kunnonmäärittäminen työkaluja tarvitaan saneeraus- tai kunnossapitopalvelun hankintavaiheessa. Hankintavaiheessa käytettäviä menetelmiä ovat muun muassa verkoston kunnonmäärittäminen ja arvonmuutoksen mittaaminen, joita on käsitelty aiemmin tässä raportissa. Hankintavaiheen arvonmuutoksen mittauksen tavoitteena on verkoston arvon alkutason määrittäminen. Tiedonlähteinä voivat olla esimerkiksi tietojärjestelmät, vikarekisterit, asennus- ja materiaalitiedot sekä kuntotarkistusten tulokset.

Saneeraus- tai kunnossapitovaihe:

Saneeraus- tai kunnossapitovaiheessa käytettävien menetelmien tarkoituksena on seurata ja varmistaa saneeraus- tai kunnossapitopalveluiden laatua. Käytettyjä menetelmiä voivat olla arvonmuutoksen mittaaminen, erilaiset raportit palveluntarjoajilta ja viranomaisilta, katselmoinnit, näytteet ja tv-kuvaukset.

Luovutusvaihe:

Luovutusvaiheessa arvon- ja kunnonmäärityksen tavoitteena on saneeraus- ja kunnossapitopalvelun laadunparointi. Kuten saneeraus- ja kunnossapitovaiheessakin, käytettävänä menetelminä voivat olla arvonmuutoksen mittaaminen, erilaiset raportit, katselmoinnit, näytteet ja tv-kuvaukset.

Takuuaika:

Takuuajan (tai vaihtoehtoisesti pidemmän aikavälin tarkastelun) erottaminen on perusteltua, jotta saadaan kuva saneerauksen tai kunnossapidon pidemmän aikavälin vaikutuksista. Käytettävänä menetelminä voivat olla erilaiset arvon- ja kunnonmäärityksen menetelmät, joiden antamia tuloksia voidaan verrata ennen saneerausta tai kunnossapitoa saatuihin tuloksiin. Tietoja voidaan kerätä muun muassa tietojärjestelmistä tai raportoinneista koskien veden laatua, laskuttamatonta vettä tai korjaus- ja kunnossapitokustannusten muutosta.

8 Yhteenveto ja johtopäätökset

Yleisesti hyväksyttyä vesihuoltoverkostojen arvioimiseen tarkoitettua menetelmää ei tällä hetkellä ole olemassa. Tiedon saaminen verkoston arvon muutoksista on erityisen tärkeää kunnossapito- ja saneeraussopimusten aikana yksityisten ja julkisten toimijoiden välillä. Tällä tavoin yhteistyön onnistumista voidaan arvioida kokonaisvaltaisesti ja objektiivisesti. Yksityisten ja julkisten toimijoiden välisissä sopimuksissa kunnan ja arvon muutoksen todentaminen on tärkeässä roolissa.

Vesi- ja viemäriverkostojen kuntoa arvioitaessa tarvitaan luotettavaa, käyttökelpoista ja systemaattisesti kerättyä tietoa. Vesi- ja viemäriverkoston teknisen kunnan määrittämisessä on käytössä monia keinoja, kuten virtaamamittaukset, vuotoääniloggerilla tai vuotoäänikorrelaattorilla tehdyt vuotojen etsinnät sekä savukoe. Vuotojen paikannus on kunnissa yleisesti käytössä oleva menetelmä, jolla verkostoa pyritään saattamaan reaktiivisesti parempaan kuntoon. Riittävää keinoa verkoston kunnan määrittämiselle menetelmät eivät kuitenkaan tarjoa, koska niiden perusteella kerätään useimmiten tietoa perinteisiä tunnuslukuja varten.

Saneerauspäätösten saneeraustarpeen arvioiden tueksi tarvitaan teoreettista käyttöikää tarkempaa tietoa. Verkoston käyttöikään vaikuttavat monet eri asiat, kuten veden laatu, maaperäolosuhteet, mikrobiologiset ilmiöt ja putken asennustyön laatu. Näin ollen saneeraamalla sokeasti 40 tai 50 vuoden iän ylittäneet verkostonosat voidaan saneerata putkia, jotka todellisuudessa kestäisivät vielä 10 vuotta tai pidempään. Vielä kauemmaksi todellisesta saneeraustarpeesta liikutaan silloin, kun vesihuoltolaitoksen saneerauspäätöksiin vaikuttaa katujen saneeraus. Yhteistyön lisääminen julkisten liikelaitosten sekä myös yksityisten toimijoiden välillä onkin yksi keskeisistä arvonmääritykseen liittyvistä kehityskohteista.

Tarkempien vesihuoltoverkostojen saneerausvelka-arvioiden saavuttamiseksi vesihuoltolaitosten olisi syytä panostaa uusiin tutkimusmenetelmiin ja -laitteisiin tai muun verkostotiedon parempaan dokumentointiin, tallentamiseen ja erityisesti analysointiin. Tässä raportissa on esitetty eräänä uutena menetelmänä vesitrioskooppi, jonka avulla voidaan tehdä verkoston kuntotutkimusta. Menetelmässä laitteen avulla muodostettu kuntoindeksi yhdistetään käyttökokemuksiin ja vikaantumistietoihin. Mikäli vesilaitoksella ei ole käytössä vesitrioskooppia, se voi yhdistää ja analysoida muuta dataa, kuten esimerkiksi perinteisiä tunnuslukuja, materiaali- ja asennustietoja, historiatietoja vuodoista ym. ja ongelmarekistereitä, kokemuseräistä tietoa sekä tietoja ympäröivän infrastruktuurin kunnosta. Tarkemmalla tietojen keräämisellä ja sen analysoimisella vesihuoltolaitos pääsee lähemmäksi tapauskohtaista saneeraustarpeen arviota.

Kuten Oulun ja Akaan saneerausvelkaesimerkit osoittavat, ei saneerausvelan määrittämisessä useinkaan hyödynnetä kaikkea tarpeellista verkostotietoa, vaan arviot tehdään teoreettisen käyttöön, asennusvuoden ja materiaalitietojen pohjalta. Tässä raportissa esitettyjen menetelmien avulla vesihuoltolaitos voi entistä vahvemmin osoittaa kuntatason päättäjille saneerausinvestointivajeen. Tarkemmalla tietojen analysoinnilla vesihuoltolaitos voi myös kehittää omaa saneeraustoimintaansa siten, että se voi yhä paremmin kohdistaa saneeraukset sinne, missä verkostojen kunto näyttää analyysin valossa heikoimmalta.

Vesialalla on arvonmäärittämiselle useita eri sovelluskohteita, joista tämä raportti keskittyy erityisesti arvonmuutoksen mittaamiseen ja saneerauspäätöksentekoon. Lisäksi raportissa käsiteltiin tuotannollista arvoa, kirjapitoarvoa sekä arvonmäärittäystä verkoston eri osien arvottamista jälleenhankinta-arvoon, tekniseen nykykäyttöarvoon ja teknisiin pitoaikoihin perustuen. Vesilaitoksilla ja palveluntarjoajilla on tarvetta kokonaisvaltaisille, mutta kustannustehokkaille arvonmäärittämismenetelmille, jotka voidaan toteuttaa nykyisellä laitteistolla tai pienillä investoinneilla. Aineettomat tekijät tulisi ottaa paremmin huomioon päätöksenteossa, jossa nykyään keskitytään rahamääräisiin mittareihin ja suorituskykyyn.

Saneeraus- ja kunnossapitopalveluiden arvonmuutoksen mittaaminen on tärkeää sekä vesilaitoksille että palveluntarjoajille, jotta kunnossapitopalveluiden (sis. saneerauksen) tarpeellisuus voidaan osoittaa päättäjille. Arvonmuutoksen mittaamiseen soveltuvan menetelmän tulisi tarkastella arvoa useista eri näkökulmista. Tässä raportissa esitettiin alustava malli arvonmuutoksen mittaamiselle, joka perustuu verkoston kunnan ja toimintavarmuuden, veden laadun, tuotannollisen arvon, korjaus- ja kunnossapitokustannusten, ympäristö- ja turvallisuusriskien sekä verkoston turvallisuuden määrittämiseen.

Raportissa käsiteltiin myös tietojärjestelmien kehitystarpeita arvonmäärittäksen tueksi. Tietojärjestelmien tarpeellisuus on kasvanut voimakkaasti vesilaitoksissa saneerausmenetelmien kirjon kasvaessa ja dokumentaatio- sekä raportointitarpeen lisääntyessä. Verkostotietojen kerääminen on tehostunut ja monipuolistunut viime vuosina: esimerkiksi TV-kuvaa, valokuvia, kunnossapito-, ongelma- ja vuototietoa ym. kerätään jatkuvasti.

Tietojärjestelmiä koskevana yleisenä ongelmana on tietojen hajanaisuus eri järjestelmissä ja verkkokartoissa ja siitä seuraavat puutteet tietojen tarkkuudessa ja luotettavuudessa. Ongelmaa pyritään korvaamaan kuvaamalla putkistoja ja

saneerattavien sekä kunnossapidettävien kohteiden tietojen päivittämisellä. Toisena merkittävän ongelmana nähdään tietojen sivuuttaminen ja verkostotietojen seuraamatta jättäminen, jotka voivat johtuvat puutteista tietojärjestelmien käytettävyydessä, kiireestä tai osaamisen puutteesta. Yhtenä ratkaisuna tietojärjestelmien ongelmiin olisi yhtenäisen tietojärjestelmien luominen, jossa olisi monipuolista ja luotettavaa tietoa järjestelmästä helppokäyttöisessä muodossa.

Lähteet

- Alegre, H. (1998), *Performance indicators for water utilities; The IWSA proposal*. International Conference on Master Plans for Water Utilities, IWSA. Prague, Czech Republic.
- Amadi-Echundu, J. (2006), *Behavioral Preferences for Engineering Asset Management*. Proceedings of the WCEAM2006, paper 025.
- AWWRF (AWWA Research Foundation) (2004), *Assessment and renewal of water distribution systems*. Loppuraportti. Verkossa: http://www.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=vY7DITLbpG4C&oi=fnd&pg=PR9&dq=assessment+and+renewal+of+water+distribution+systems&ots=-uTy3262gg&sig=aE-pSN2W6tPgHzWVlIOsBEurwyY&redir_esc=y#v=onepage&q=assessment%20and%20renewal%20of%20water%20distribution%20systems&f=false. Viitattu 26.1.2012.
- Barber, E., (2008), *How to measure the "value" in value chains*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 38, 9, pp. 685-698.
- Betoniviemärit 2003 – käsikirja* (2003), Rakennusteollisuus RT ry, Jyväskylä. Verkossa: <http://www.betoni.com/files/files/Betoniviem%C3%A4rit.pdf>. Viitattu 5.1.2012.
- Day, G., (1990), *Market-Driven Strategy: Processes for Creating Value*. The Free Press, New York, USA.
- Energiamarkkinavirasto (11.6.2010), *Selvitys sähköverkkotoimintaan sitoutuneen pääoman määrittämisestä*. Raportti 52K30042.11-Q070-001. Verkossa: http://www.emvi.fi/files/Raportti_Poyry_2010.pdf. Viitattu 29.12.2011.
- EPA (2002), *Deteriorating Buried Infrastructure Management Challenges and Strategies*.
- Epstein, M., (2008), *Making Sustainability Work: Best Practices in Managing and Measuring Corporate Social, Environmental, and Economic Impacts*. Greenleaf, Sheffield, UK.
- Farley, M. & Trow, S. (2003), *Losses in water distribution networks – A Practitioners Guide to Assessment, Monitoring and Control*. IWA Publishing. Verkossa: http://www.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=mspMfSwddIkC&oi=fnd&pg=PR9&dq=assessment+and+renewal+of+water+distribution+systems&ots=lmlryC8_ml&sig=ULdlFVpcZpz-bZOO99vMoKRSWk&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false. Viitattu 26.1.2012.
- Grigg, N., (2005), *Assessment and renewal of water distribution systems*. Journal of American Water Works Association, 97, 2, pp. 58-68.
- Hanski, J., Luomanen, T., Kortelainen, H. & Välisalo, T. (2011), *Assessing the Value of Water Supply Networks. Conference paper*. Third International Engineering Systems Symposium CESUN 2012, Delft University of Technology, 18-20 June 2012.
- Hokkanen, J. (2000), *Sähkönjakeluverkon jälleenhankinta-arvon määrittäminen*. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, Energiatekniikan osasto, diplomityö.

Verkossa:

http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=s%C3%A4hk%C3%B6jakeluverkon%20j%C3%A4lleenhankinta-arvon%20m%C3%A4%C3%A4ritt%C3%A4minen%20diplomity%C3%B6n%20aihe&source=web&cd=1&ved=0CCkQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.energiamarkkinavirasto.fi%2Ffiles%2FJakeluverkon_JHA_HokkanenJari.pdf&ei=lzsVT9GRJML54QTIuKXBAg&usg=AFQjCNF1BxETNKRRyPck9MQmP8YGKR04DA&cad=rja. Viitattu 28.12.2011.

Holliday, C., Schmidheiny, S., Watts, P., (2002), *Walking the Talk: The Business Case for Sustainable Development*. Greenleaf, Sheffield, UK.

van der Hoop, G.W. (2010), A New Approach to Asset Management for Sewer Networks . MSc Thesis, Delft University of Technology. Saatavissa: http://www.citg.tudelft.nl/fileadmin/Faculteit/CiTG/Over_de_faculteit/Afdelingen/Afdeling_Bouw/-_Secties/Sectie_Bouwprocessen/-_Onderwijs/-_MSc_Afstudeerprojecten/doc/AF-209_Van_der_Hoop_-_Asset_Management_for_Sewer_Networks.pdf. Viitattu 26.9.2012.

Huber, F., Herrmann, A., Morgan, R.E., (2001), *Gaining competitive advantage through customer value oriented management*. The Journal of Consumer Marketing, 18 1, pp. 41-53.

Huhtiniemi, K. (9.9.2004), *Tina suojaa kupariputkea korroosiolta*. Tekniikka & Talous. Verkossa: <http://www.tekniikkatalous.fi/metalli/tina+suoja+kupariputkea+korroosiolta/a37110>. Viitattu 13.1.2012.

Huittisten, Vammalan kaupungit, Punkalaitumen, Vampulan ja Äetsän kunnat (2007), *Selvitys vesihuoltoyhteistyön kehittämisestä*. Verkossa: http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=selvitys%20vesihuoltoyhteisty%C3%B6n%20kehitt%C3%A4misest%C3%A4&source=web&cd=1&ved=0CCkQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.tampereenseutu.fi%2F%40Bin%2F1740731%2F17%25A7_JLselvitys_ty%25C3%25B6suunnitelma.doc&ei=VysUT-egJon64QSM-eDVaw&usg=AFQjCNHUFLPjz4WytejVNMAjzki3dsvOBA&cad=rja. Viitattu 16.1.2012.

Hunaidi, O. (2000), *Detecting leaks in water-distribution pipes*. Construction technology update, no. 40. Verkossa: https://www.nrc-cnrc.gc.ca/obj/irc/doc/ctun40_eng.pdf. Viitattu 19.1.2012.

Hunaidi, O., Chu, W., Wang, A. & Guan W. (2000), *Detecting leaks in plastic pipes*. Journal AWWA, 92:2:82-94, American Water Works Association. Verkossa: <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/obj/irc/doc/pubs/nrcc42813.pdf>. Viitattu 6.6.2012.

ISO 26000 (2010), Guidance on social responsibility, Finnish Standards Association SFS.

Järvenpään Vesi (2011), *Järvenpään vesihuoltoverkostojen saneerausohjelma 0122-P11691*. Verkossa: http://www.jarvenpaa.fi/liitetiedostot/editori_materiaali/10357.pdf. Viitattu 9.3.2012.

Jung, P., Seo, J., Lee, J. (2009), *Probabilistic value analysis methodology for public water supply systems*. Civil Engineering and Environmental Systems, Vol. 26, No 2, 141-155.

Kaatra et al. (2010), Vesihuoltolain tarkastamistyöryhmän loppuraportti 2010:6. Verkossa: http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/tyoryhmamuistiot/2010/5qY7MKtlv/trm2010_6.pdf. Viitattu 4.9.2012.

Kano, N., Seraku, N., Takahashi, F. and Tsjui, S. (1984), "Attractive quality and must-be quality", *Hinshitsu*, Vol. 14 No. 2, pp. 147-56.

Karttunen, E. (2004), *RIL 124-2 Vesihuolto II*. Helsinki. Vammalan Kirja-paino Oy.

Kekki, T.K. Kaunisto, T., Keinänen-Toivola, M.M. & Luntamo, M. (2008), *Vesijohtomateriaalien käyttöikä ja vauriot Suomessa*. Vesi-instituutin julkaisu 3. Verkossa: <http://www.prizz.fi/linkkitiedosto.aspx?taso=2&id=547&sid=671>. Viitattu 10.1.2013.

Khalifa, A.S., (2004), *Customer value: a review of recent literature and an integrative configuration*. *Management Decision*, 42, 5/6, pp. 645–666.

Kuivamäki (2011), *Verkostosaneerausten vaikuttavuuden arviointi*. Vesihuolto 2011 esitys. Turun messi- ja kongressikeskus 18.–19.5.2011. Verkossa: http://www.vvy.fi/files/1550/kuivamaki_reijo.pdf. Viitattu 20.1.2012.

Kuivamäki, R. ja Kolehmainen R. (2011), *Kaksi ongelmaa, yksi ratkaisu? Vesihuoltoliiketoiminnan valvonnan tarve ja tavoitteet*. *Vesitalous* 5/2011.

Kuntaliitto (2012), Muistio poistosuunnitelmien tarkistamisesta (18.6.2012). Saatavissa: http://www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/kuntatalous/kirjanpito/kirjanpito-suositukset-julkaisut/Documents/Muistio_%20poistosuunnitelman_%20tarkistamisesta18062012.pdf. Viitattu 26.9.2012.

Lanning, M.J. (1998), *Delivering Profitable Value: A Revolutionary Framework to Accelerate Growth, Generate Wealth, and Rediscover the Heart of Business*. Perseus Books, Reading, MA.

Lehtimäki, E. (2007), *Vedenjakeluverkostossa käytettävät tarvikkeet ja materiaalit ja niiden soveltuvuus saneeraus- ja uudisrakennustöihin Tampereen Vedessä*. Tutkintotyö, Rakennustekniikan koulutusohjelma, Tampereen ammattikorkeakoulu. Verkossa: http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9489/Lehtim%C3%83%3Fki_Esko.pdf?sequence=2. Viitattu 8.10.2012.

Lehtola, M., Miettinen, I., Vartiainen, T. & Martikainen, P. (2002), *Changes in content of microbially available phosphorus, assimilable organic carbon and microbial growth potential during drinking water treatment processes*. *Water Res* 36(15), 3681-3690. Lei J. ja Saegrov S. (1998). Statistical approach for describing failures and lifetimes of water mains. *Water Science & Technology* 38(6), 209-217.

Verkossa:

http://pdn.sciencedirect.com/science?_ob=MiamiImageURL&_cid=271768&_user=950207&_pii=S0043135402001008&_check=y&_origin=article&_zone=toolbar&_coverDate=30-Sep-2002&_view=c&_originContentFamily=serial&_wchp=dGLbVlk-zSkzV&_md5=bc353f62e10fa4a4614b5857c57901b2&_pid=1-s2.0-S0043135402001008-main.pdf&_sqtrkid=0.2800708423652031. Viitattu 15.8.2012.

McNeill L.S. & Edwards M. (2001), *Iron pipe corrosion in drinking water distribution systems*. Journal AWWA 93(7). Verkossa: http://www.nuflowtech.com/Portals/0/pdfs/Iron_Pipe_Corrosion.pdf. (88–100).

MMM (2008), *Vesihuoltoverkostojen nykytila ja saneeraustarve*. Yves-tutkimuksen päivitys 2008. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki. Verkossa: http://www.mmm.fi/attachments/vesivarat/5xAhDyJGF/YVES2008-raportti_300408.pdf. Viitattu 17.1.2012.

Mustonen, H. (2010), Tietojen tuottaminen ja hallinta verkostosaneerauskohteiden valintaa varten. Vesitalous 6/2010. Verkossa: http://www.vesitalous.fi/upload/lehtiarkisto/2010/6_2010.pdf. (5)

Newberry, D. M. (2000), *Privatization, restructuring and regulation of network utilities*. MIT Press, Cambridge.

Office of Water (4601M). Verkossa: http://www.epa.gov/ogwdw/disinfection/tcr/pdfs/whitepaper_tcr_infrastructure.pdf. Viitattu 27.1.2012.

Partanen, J. (2011), *Sähkönjakeluverkkoliiketoiminnan taloudellinen valvonta; verkkopääoman määritykseen liittyviä toimintaperiaatteita*. Verkossa: http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CCUQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ficora.fi%2Fattachments%2Flausunto%2F617upRfiA%2FLiite3_Jarmo_Partasen_lausunto.pdf&ei=iqqHUPDJLMSG4gTc1IHYBA&usq=AFQjCNE29dROkW8sAdrpnYPaJoySASW-Ew. Viitattu 24.10.2012.

Pietarila, V. (2012), Oulun vesihuoltoverkoston saneerausvelan määrittäminen. Opinnäytetyö, Rakennustekniikan koulutusohjelma, Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Verkossa: http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/41364/Pietarila_Ville.pdf?sequence=1. Viitattu 8.8.2012.

Pöyry (2011), Turun vesiliikelaitos. *Vesihuoltolaitosten käyttöomaisuuden tekniset nykyarvot*. Raportti.

Putkistotarvike. Verkossa: <http://www.sptoy.com/putkistotarvike>. Viitattu 9.3–5.6.2012.

REM – ympäristö ja elinkaarimittaristo. *Käyttöikä – määritelmä*. Verkossa: <http://rem.e21.fi/fi/Mittaristo/Tuotteet/Kiinteistot/Kayttoika/>. Viitattu 1.12.2011.

Rosengrén, R. (2009), *Heikkokuntoisten putkilinjojen saneeraus teettää työtä*. KunnallisSuomi 5/2009. Verkossa:

http://www.ammattiviestit.fi/resources/userfiles/File/KS_touko_09_I_Vesi.pdf.

Viitattu 9.1.2012.

Sægrov, S., Melo Baptista, J. F., Conroy, P., Herz, R. K., LeGauffre, P., Moss, G., Oddevald, J. E., Rajani, B. & Schiatti, M. (1999), *Rehabilitation of water networks – Survey of research needs and on-going efforts*. Urban Water 1. Verkossa: <http://0-www.sciencedirect.com.precise.petronas.com.my/science/article/pii/S1462075899000023>. Viitattu 27.1.2012. (15-22)

Salo M. ja Saarikoski K. (1988), *Vesi- ja viemäriverkostojen ylläpitotarpeen määrittäminen*. VTT, Tiedotteita 860.

Sandelin, J. (2012), *Vesijohtoverkoston hallinnan kehittäminen Akaassa*. Ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö, Teknologiaosaamisen johtaminen, Hämeen ammattikorkeakoulu. Verkossa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201203293901>. Viitattu 27.9.2012.

Sinha, S., Graf, W. (2011), *National Database for Water Infrastructure System. Pipelines 2011: A Sound Conduit for Sharing Solutions*, ASCE 2011.

Tiehallinto (2006), Hankinta 2010. *Tienpidon hankintastrategia*. Edita Prima.

Turun vesiliikelaitos (2011a), *Vesihuoltolaitosten käyttöomaisuuden tekniset nykykäyttöt. Turun Kaupunginhallituksen 10.10.2011 pöytäkirjan 026/2011 liite*.

Turun vesiliikelaitos (2011b), *Turun seudun vesihuolto-yhtiö. Perustamissuunnitelma ja alustava liiketoimintasuunnitelma*. Verkossa: http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=vesihuoltolaitosten%20k%C3%A4ytt%C3%B6omaisuuden%20tekniset%20nykykäyttöt&source=web&cd=1&ved=0CDkQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.turku.fi%2Fpublic%2Fdownload.aspx%3FID%3D130292%26GUID%3D%257BD4352EDC-8521-438D-8227-E3F0D626310F%257D&ei=4BcUT_K5J0zR4QTi-6TTAw&usq=AFQjCNHFBBFd1y86T5gwfWO8JqPRF_EQgQ&cad=rja. Viitattu 16.1.2012

Työ- ja elinkeinoministeriön kirjanpitolautakunnan kuntajaosto (2011), *Yleisohje kunnan ja kuntayhtymän suunnitelman mukaisista poistoista*. Suomen Kuntaliitto (3. tarkistettu painos), Helsinki.

Uimonen, S. (2007), *Suomen infrastruktuuripääoma: Tiet*. Verkossa: Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, VATT. Helsinki. Verkossa: http://www.vatt.fi/file/vatt_publication_pdf/k436.pdf. Viitattu 12.3.2012.

Vasama, K. (2012), *Vesihuollon tietohuollon kehittäminen*. Esitys vesihuoltolaitosten hallinto- ja talusseminaarissa, 18.4.2012. Verkossa: http://www.vvy.fi/files/2098/Vasama_Katri_netsti.pdf. Viitattu 4.9.2012.

Vehmanen, P. ja Koskinen, K. (1997), *Tehokas kustannushallinta*. Porvoo: WSOY.

Verkostosaneerausten vaikuttavuuden arviointi (2011), Raportti 67090591.BBP. Verkossa:

http://www.vvy.fi/files/1441/Loppuraportti_11042011_verkostosaneerauksen_vai_kutustenarviointi.pdf. Viitattu 20.1.2012.

Verohallinto (14.5.2010), *Kiinteistön verotusarvo kiinteistöverotuksessa*. Verkossa: http://arkisto.vero.fi/print.asp?article=896&language=FIN&domain=VERO_MAIN&path=5,40. Viitattu 1.12.2011.

Vesihuollon tietohuollon kehitystyöryhmä (2009), Vesihuollon tietohuollon kehittämistyöryhmän raportti 27.2.2009. Esityksessä: Vasama, K. (2012), Vesihuollon tietohuollon kehittäminen. Esitys vesihuoltolaitosten hallinto- ja talousseminaarissa, 18.4.2012. Verkossa: http://www.vvy.fi/files/2098/Vasama_Katri_netsti.pdf. Viitattu 4.9.2012.

Vesihuoltolaitosten tunnuslukujärjestelmän raportti 2010. (2011), *Vesilaitosyhdistyksen monistesarja* nro 29. Helsinki. 2. painos. ISBN 978-952-5000-82-5. 63s.

Vikman, Hannu - Arosilta, Anna (2006), *Vesihuollon erityistilanteet ja niihin varautuminen*. Ympäristöopas 128, Suomen ympäristökeskus. Verkossa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=50713&lan=fi>. Viitattu 8.8.2012.

Viitasaaren kaupunki. *Selvitys Viitasaaren Lämpö Oy:n ja Viitasaaren kaupungin vesihuoltolaitoksen toiminnasta*. Verkossa: <http://asha.wiitaunioni.fi/dweb/kokous/2011495-5-25014.PDF>. Viitattu 16.1.2012.

Vuove-insinöörit Oy. Vuove-luotain. Verkossa: <http://www.vuove.fi/virtaamamittaus.html>. Viitattu 9.3.2012.

Välisalo, T., Heino, O. & Luomanen, T. (2012), *Metering of quality of water supply and sewage network maintenance services*.

Westerholm, K. (2012), *Vesijohtoverkostojen kunnossapidon suunnittelu ja toteutus Hämeenlinnan kantakaupungin alueella*. Opinnäytetyö, Rakentamisen koulutusohjelma, Hämeen ammattikorkeakoulu. Verkossa: <http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/41299/Opinnaytetyo%20YAMK%20Kim%20Westerholm%20lopullinen%20versio.pdf?sequence=1>. Viitattu 8.10.2012.

Lait, esitykset ja asetukset:

Hallituksen esitys (HE 24/2012) kuntalain muuttamisesta.

Kirjanpitolaki (655/73). Luku 5, pykälä 5.

Vesihuoltolaki (119/2001). Luku 4, pykälä 18.

Muut lähteet:

Liikanen, R. (16.9.2011), Sähköpostiviesti.