

Lassi Jokinen

VESIJOHTOVERKOSTOJEN OMAISUUS- DENHALLINNAN KEHITTÄMINEN

Kandidaatintyö
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Tarkastaja: Hannele Auvinen
5/2023

TIIVISTELMÄ

Lassi Jokinen: Vesijohtoverkostojen omaisuudenhallinnan kehittäminen
Improving asset management of water distribution networks
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Tekniikan ja luonnontieteiden TkK-tutkinto-ohjelma, ympäristö- ja energiatekniikka
Toukokuu 2023

Suomessa vesijohtoverkostot alkavat tulla käyttöikänsä päähän, ja saneerausten korjausvelka kasvaa vuosi vuodelta. Vastatakseen tähän ongelmaan vesihuoltolaitosten on kehitettävä toimintaansa siten, että puhtaan ja terveydellisesti moitteettoman veden jakelu voidaan turvata myös tulevaisuudessa. Ratkaisu tähän ongelmaan löytyy omaisuudenhallinnasta, jonka kehittäminen kuuluu myös kansalliseen vesihuollon kehittämissuunnitelmaan. Tässä työssä tutkittiin omaisuudenhallinnan teoreettista pohjaa sekä selvitettiin vesijohtoverkostojen omaisuudenhallinnan keskeisimmät haasteet ja pohdittiin tärkeimpiä ratkaisukeinoja niihin.

Omaisuudenhallintaprosessi on koko laitoksen toiminnot ja organisaatiosot läpileikkaava prosessi, jonka tarkoituksena on optimoida laitoksen kaikkien omaisuserien tuottama hyöty ja niistä aiheutuvat elinkaarikustannukset. Omaisuudenhallinnan menettelyt voidaan jakaa operatiivisella tasolla omaisuudelle tehtäviin toimenpiteisiin, kuten kunnossapitoon ja saneeraukseen, sekä strategisella ja taktisella tasolla tehtäviin omaisuudenhallintasuunnitelmiin ja toimenpiteiden kohteiden priorisointiin.

Kuntotiedon kerääminen rakennetuista vesijohdoista ja kerätyn tiedon tehokas hyödyntäminen on kriittistä kunnossapito- ja saneerausresurssien kohdistamiseksi linjoille, jotka tarvitsevat toimenpiteitä eniten. Verkostojen kuntotietoa voidaan hyödyntää kunnonmallinnuksessa, joka on kypsän omaisuudenhallinnan tärkeimpiä työkaluja. Kunnonmallinnuksen avulla voidaan ennaltaehkäistä häiriöitä aiheuttavia vikaantumisia sekä korjata potentiaalisia lähitulevaisuuden vikoja ennen kuin ne ilmenevät. Kuntotiedon tuottamiseksi on olemassa useita erilaisia menetelmiä, mutta monessa niistä on merkittäviä haasteita systemaattisen ja kokonaisvaltaisen kuntotiedon kartuttamisen näkökulmasta. Vesijohtoverkostojen kunnossapito- ja saneeraustoimenpiteiden kohdistamisen tulee perustua kuntotietoon verkostoista, mutta myös riskiperusteiseen arviointiin mahdollisen häiriön vaikutuksista vedenjakelulle. Vesijohtojen saneerausmenetelmät ovat nykyään hyvin kypsiä, mutta kaivamattomat menetelmät tarvitsevat edelleen erityisvälineitä ja -henkilöstöä.

Suomen vesihuoltolaitokset ovat lähivuosina havahtuneet omaisuudenhallinnan keskeiseen rooliin, ja etenkin strategisen ja taktisen tason omaisuudenhallinta on jo hyvällä tasolla. Keskeisimmiksi haasteiksi vesijohtoverkostojen omaisuudenhallinnassa tunnistettiin omaisuustiedon kartuttaminen ja sen tehokas hyödyntäminen sekä korjausvelan taittaminen. Lisäksi laaturvirheet vesijohtoverkostojen asennuksessa ja käyttöönotossa ovat haaste kunnonmallinnukselle ja vesijohtojen käyttöikänsä ennustamiselle.

Omaisuustiedon kartuttamisen kannalta parhaaksi ratkaisuksi todettiin systemaattinen kuntotutkimuksiin panostaminen. Myös nykyisten sekä uusien kuntotutkimusmenetelmien kehittäminen ja pilotointi auttavat kuntotiedon kartuttamisessa. Korjausvelan taittamisen osalta siirtyminen nykyisestä urakkakohtaisesti osioituneesta saneerausmallista kumppanuuteen perustuvaan ja vesijohtojen saneerauksen kokonaisuuden optimoivaan aluesaneerausmalliin voi helpottaa tavoitteiden saavuttamista. Asennuksen ja käyttöönoton laatua voidaan parantaa viranomaissäästösten ja henkilöstön kouluttamisen avulla.

Avainsanat: omaisuudenhallinta, vesijohtoverkosto, kuntotieto, kunnossapito, saneeraus

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. VERKOSTO-OMAISUUS JA SEN KUNTOON VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	2
2.1 Vesijohtoverkosto-omaisuus ja sen käyttöikä	2
2.2 Vauriot ja häiriöt	4
3. OMAISUUDENHALLINTAPROSESSI	6
3.1 Omaisuu denhallinnan teoria	6
3.2 Omaisuu denhallinnan perustaso	8
3.3 Omaisuu denhallinnan menettelyt vesijohtoverkostoille	11
3.4 Omaisuu denhallintaohjelma ja -suunnitelma	13
4. VERKOSTOJEN KUNTOTIEDON HALLINTA	16
4.1 Kuntotieto ja tutkittavien kohteiden valinta	16
4.2 Kuntotutkimusmenetelmät	18
5. VERKOSTOJEN YLLÄPITO	23
5.1 Kohteiden valinta	23
5.2 Kunnossapito ja saneeraus	24
6. NYKYISTEN OMAISUUDENHALLINTAPROSESSIEN KEHITTÄMINEN	28
6.1 Omaisuu denhallinnan nykytila	28
6.2 Omaisuu denhallinnan kehittäminen	29
7. JOHTOPÄÄTÖKSET	32
LÄHTEET	34

1. JOHDANTO

Suomessa oli vuonna 2001 noin 83 500 km vesijohtoja (Karttunen et al. 2004, s. 647–648). Usein käytetty arvio vesijohtojen vikatiheydestä vuodessa on 0,15–0,20 vikaa kilometriä kohden. Vikoja on siis korjattava vuosittain noin 12 500–16 700 km, huomioimatta muista kuin suorista putkirikoista riippuvia saneeraustarpeita. Suomen vesihuoltoverkot alkavat tulla saneerausikään (Haapakoski 2014, s. 5). Helsingissä marraskuussa 2022 rikkoutunut iso runkolinja, ja sen aiheuttamat useat muut putkirikot (HSY 2022) saivat osakseen huomattavaksikin luokiteltavaa mediahuomiota valtamediassa. Tämän lisäksi vesijohtoverkostojen saneerausmäärät ovat kaukana tarvittavasta tasosta (Aksela et al. 2014, s. 14). Verkot siis jatkavat rapistumistaan.

Verkostojen ikääntymisen seurauksena saneeraustarpeiden kohdistaminen kriittisimmille kohteille kasvaa entisestään (Laakso et al. 2022, s. 10). Verkosto-omaisuudenhallinnan merkitys tuleekin mitä todennäköisimmin kasvamaan tulevaisuudessa. Vesihuollon omaisuudenhallinnan kehittäminen on myös kirjattu osaksi kansallista toimenpidesuunnitelmaa, joka tähtää vesihuollon parantamiseen (Maa- ja metsätalousministeriö 2022, s. 4).

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on perehtyä omaisuudenhallinnan teoreettisiin perusteisiin ja menetelmiin sekä selvittää, mitkä ovat tällä hetkellä vesijohtoverkostojen omaisuudenhallintaan liittyvät keskeisimmät haasteet, ja miten nykyistä omaisuudenhallinnan tasoa voitaisiin parantaa. Omaisuudenhallinnan nykytilan tarkastelussa keskitytään HSY:n palvelualueeseen. Vesijohtotyypeistä käsitellään vesihuoltolaitoksen vastuulla olevia pää- ja jakelujohtoja (Vesihuoltolaki 119/2001, 7 §). Tonttijohdot jätetään huomioimatta, sillä ne eivät ole vesihuoltolaitosten omaisuutta, ja vesihuoltolaitosten vaikutusvalta niihin on vähäinen.

Työn toisessa luvussa perehdytään vesijohtoverkostojen vaurioiden syihin ja niistä aiheutuviin häiriöihin. Kolmannessa luvussa tarkastellaan omaisuudenhallintaprosessia koko laitoksen tasolla. Neljännessä luvussa pureudutaan vesijohtojen kuntotutkimuksiin ja kuntotiedonhallintaan. Viidennessä luvussa käsitellään verkostojen kunnossapidon ja saneerauksen menettelyjä. Kuudennessä luvussa tutkitaan omaisuudenhallinnan nykytilaa ja esitetään kehitysehdotuksia omaisuudenhallinnan saattamiseksi paremmalle tasolle. Seitsemännessä luvussa kootaan merkittävimmät havainnot yhteen.

2. VERKOSTO-OMAISUUS JA SEN KUNTOON VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Vesihuoltolaitoksen on taattava asiakkailleen kohtuuhintaista, ja terveydellisesti moitteetonta talousvettä (Vesihuoltolaki 119/2001, 1 §). Suomessa on totuttu korkeaan palvelutasoon vesihuollossa, vaikka putkirikot ja niiden aiheuttamat häiriöt ja palvelukatkokset ovat osa vesihuoltolaitosten arkipäivää (Haapakoski 2014, s. 4). Tästä huolimatta vakavat toimintahäiriöt ja niistä johtuvat laajamittaiset terveys- tai ympäristöuhat ovat rajoittuneet yksittäistapauksiin.

2.1 Vesijohtoverkosto-omaisuus ja sen käyttöikä

Vesijohtoverkostat voidaan jakaa pää-, jakelu- ja tonttijohtoihin (Kaunisto et al. 2008, s. 32). Pääjohtoja ovat vesihuoltolaitoksilta lähtevät linjat, jotka useimmiten kuljettavat vettä kokonaisille kaupunginosille, ja joista jakelujohdot lähtevät. Jakelujohdoilla vesi kuljetetaan lähelle asiakkaita.

Vesijohtoverkoston tekniset vaatimukset voidaan jakaa vedenjakelun toiminnallisiin vaatimuksiin ja verkostoon kuuluvien putkien teknisiin vaatimuksiin (Karttunen 2010, s. 100–101). Toiminnallisia vaatimuksia ovat kyky taata jatkuva laatuvaatimukset täyttävän veden saanti, riittävä paine kaikissa käyttötilanteissa, sekä varautuminen kriisitilanteisiin. Käytettävien putkien teknisiä vaatimuksia ovat esimerkiksi putken paineluokka, korrosiokestävyys, sekä putken pinnasta mahdollisesti liukenevat yhdisteet.

Käyttöiällä tarkoitetaan materiaalin käytössäoloaikaa asentamisesta käytöstä poistoon saakka (Kaunisto et al. 2008, s. 18). Käyttöikään vaikuttavat tuotteen koostumus, valmistus, kuljetus, asennus ja käyttöönotto. Myös käyttötilanteessa veden laatutekijät sekä virtauksen aiheuttama hydraulinen kuormitus vaikuttavat käyttöikään. Verkostoissa myös verkoston suunnittelulla ja mitoituksella on merkittävä vaikutus käyttöikään. Erityisesti asennuksen ja käyttöönoton laatu vaikuttavat mahdollisten vaurioitumisen todennäköisyyteen ja käyttöikään. Yleisesti ottaen käyttöiän voidaan arvioida olevan 70 vuotta vesijohdoille ja 50 vuotta viemäreille (Haapakoski 2014, s. 5). On tosin huomioitava, että verkoston rakennusajankohta ja käytön aiheuttama kuormitus vaikuttavat käyttöikään merkittävästi, eli verkoston ikä itsessään ei kerro kaikkea. Paineluokaltaan alhaisten ja lähellä korkeinta sallittua käyttöpainetta käytettyjen putkien käyttöiän voi olettaa olevan keskimääräistä alhaisempi (Kaunisto et al. 2008, s. 134). Myös esimerkiksi 1960- ja

1970-luvuilla asennetuissa muoviputkissa on paljon dokumentoimattomia paikallisvirheitä, mikä tekee niiden uusimisajankohdan määrittämisestä haastavaa.

Erilaiset verkostomateriaalit reagoivat olosuhteiden muutoksiin erilaisilla tavoilla. Pää- ja jakelujohdot kohtaavat suurempaa räsitusta suhteessa tonttijohtoihin, ja niiden kuntoon ja käyttöikään vaikuttaa myös useampi muuttuja (Kaunisto et al. 2008, s. 18). Putkia asennetaan olosuhteiltaan hyvin erilaisiin ympäristöihin, esimerkiksi laadultaan erilaisiin maaperiin, vesistöihin, kaupunkien keskustoihin, tai haja-asutusalueelle. Maaperään asennettujen verkostomateriaalien käyttöikään vaikuttavia käytönaikaisia tekijöitä ovat veden laatutekijät, virtauksen aiheuttama hydraulinen kuormitus (Kaunisto et al. 2008, s. 18), sekä maaperän rakennetta ympäröivän maan ominaisuuksista aiheutuva kuormitus (Kaunisto et al. 2008, s. 28). Veden huono tekninen laatu lisää mahdollisuutta syövyttävien olosuhteiden syntyyn ja vaikuttaa veden sisältämien aineiden saostumiseen ja liukenemiseen (Kaunisto et al. 2008, s. 18). Veden tekninen laatu vaikuttaa myös mahdollisesti haitallisen mikrobitoiminnan edellytyksille verkostossa. Veden teknisen laadun muuttuminen vaikuttaa monella tavalla vesijohtoverkostojen olosuhteisiin (Kaunisto et al. 2008, s. 20). Veden laadun muuttuminen esimerkiksi raakavesilähteen vaihtamisen yhteydessä voi aiheuttaa vanhojen saostumien irtoamista. Tämä voi mahdollisesti aiheuttaa veden laadun heikkenemistä siten, että vesi ei enää täytä laatuvaatimuksia, ja siten aiheuttaa mahdollisia terveyshaittoja. Veden laadun muuttuessa vanhat arviot sen vaikutuksista verkostomateriaaleihin eivät välttämättä enää päde, sillä arviot perustuvat usein juuri tiettyyn veden laatuun (Kaunisto et al. 2008, s. 20).

Virtauksen aiheuttama hydraulinen kuormitus koostuu veden paineesta, paineenvaihteluista, lämpötilan aiheuttamista tilavuudenmuutoksista, sekä kiintoaineen aiheuttamasta kulumisesta (Kaunisto et al. 2008, s. 28). Virtauksen kasvaessa suureksi kiintoaineen ja virtauksen aiheuttama vahinko kasvaa, mutta toisaalta hidas virtaus mahdollistaa syövyttävien olosuhteiden synnyn. Maaperän vaikutukset käyttöikään aiheutuvat pääosin maaperän sisältämän veden määrästä ja laadusta, pohjaveden pinnankorkeudesta ja laadusta, sekä maaperän mikrobiologisesta toiminnasta. Alueilla, joilla pohjaveden pinnankorkeudessa on huomattavaa vaihtelua, on erityisen suuri riski maaperäkorroosioon. Korroosiota aiheuttavat myös maaperän mikrobit (Kaunisto et al. 2008, s. 25). Maaperän aiheuttama mekaaninen kuormitus vaikuttaa aina verkostomateriaaleihin (Kaunisto et al. 2008, s. 18). Kadun alle sijoitettuun vesijohtoon vaikuttaa myös maanpäällisen liikenteen aiheuttama kuormitus (Kaunisto et al. 2008, s. 22)

Vesijohtoverkoston elinkaarella tarkoitetaan sen käyttöikää suunnittelusta hävittämiseen (Karttunen 2010, s. 101). Verkoston käyttöikä alkaa suunnitteluvaiheessa, kun verkoston

toiminnallisia vaatimuksia ja materiaalivalintoja määritetään. Suunnitelmien pohjalta verkosto rakennetaan ja se otetaan käyttöön. Käytön aikana verkkoon kohdistetaan kunnossapitotoimia, ja tarvittaessa sitä parannetaan saneeraamalla tai uusimalla. Elinkaaren lopussa verkosto hävitetään kierrättämällä tai jätteenä.

2.2 Vauriot ja häiriöt

Vauriolla tarkoitetaan merkittävää alenemaa materiaalin käytettävyydessä (Kaunisto et al. 2008, s. 18). Vaurio voi olla esimerkiksi vuoto. Vauriot voivat syntyä useiden eri vauriomekanismien, kuten murtuman, avulla. Vaurioita tilastoitaessa on olennaista tietää, onko vaurioitunut johto pää-, jakelu- vai tonttijohto (Kaunisto et al. 2008, s. 32). Suurin osa vesijohtojen vaurioista johtuu virheistä asennuksessa tai käyttöönotossa (Kaunisto et al. 2008, s. 119). Tämän jälkeen yleisimmät syyt vesijohdon vaurioituiselle ovat verkoston teknisen käyttöiän saavuttaminen ja erilaiset vahingot.

Vesijohtoverkoston häiriöt voivat olla esimerkiksi putkirikkoja, veden paineenvaihteluita, tai laatuongelmia vedessä (Laakso et al. 2022, s. 15). Häiriöiden mahdollisuus riippuu useista tekijöistä, kuten putken kestävydestä, rakentamisen laadusta ja käyttöolosuhteista. Häiriön todennäköisyyttä kasvattavat etenkin puutteelliset tai heikentyneet putki-liitokset. Häiriöllä voi olla hyvin erilaisia ja eritasoisia seurauksia riippuen putken asemasta verkossa, sijainnista, ja putken ominaisuuksista (Laakso et al. 2022, s. 15–16). Ne voivat haitata vedenjakelua, tai vahingoittaa rikkoutuneen johdon ympärillä olevia rakenteita. Myös häiriöalueen rajaamiseen tarvittavien venttiilien kunto vaikuttaa merkittävästi häiriön seurauksiin ja niiden vakavuuteen. Vesijohtoverkoston häiriöt voivat johtua rakenteellisista, toiminnallisista, tai muista tekijöistä (Suomen kaupunkiliitto 1991, s. 10).

Rakenteellisia tekijöitä ovat putkien rakenteen heikkeneminen, tiivisteiden rappeutuminen, painumat ja siirtymät, sekä korrosio (Suomen kaupunkiliitto 1991, s. 10). Toiminnallisia tekijöitä ovat saostumista aiheutuva hydraulisen karheuden kasvu sekä verkoston tai yksittäisen putken yli- ja alikuormitus. Muita tekijöitä ovat maankäytön muutokset, muu rakennustoiminta ja johdon ympäristön olosuhteet. Rakenteellisista tekijöistä aiheutuvia häiriöitä ovat rakenteiden rikkoontuminen ja korrosion tapauksessa veden laadun heikkeneminen. Rakenteiden rikkoutumisesta, eli putkirikoista, aiheutuu suoraa kunnossapito- (Suomen kaupunkiliitto 1991, s. 10) tai saneeraustarvetta (Nikulainen 1993, Kaunisto et al. 2008, s. 32 mukaan). Putkirikot voivat myös aiheuttaa katkoja vedenjakelussa (Suomen kaupunkiliitto 1991, s. 10). Toiminnallisista tekijöistä verkoston ylikuormitus aiheuttaa kapasiteetin riittämättömyyttä, alikuormitus veden laadun heikkenemistä ja hydraulisen karheuden kasvaminen molempia edellä mainittuja. Veden laadun heikkenemisestä voi aiheutua esteettisiä muutoksia vedessä, sekä pahimmillaan terveyshaittoja.

Riittämätön kapasiteetti laskee vesihuollon palvelutasoa. Maankäytön muutos, tai muu rakennustoiminta voi aiheuttaa vesijohtolinjaan linjauksen tai korkeusaseman muutostarpeita. Johtoa ympäröivistä olosuhteista voi aiheutua tarve parantaa johdon lujuutta, tai asentaa sen ympärille suojaputki. On sanomattakin selvää, että toimenpiteitä aiheuttavat vauriot ja häiriöt aiheuttavat ylimääräisiä kustannuksia.

3. OMAISUUDENHALLINTAPROSESSI

Luvussa 2 esiteltyjen verkostojen kuormitustekijöiden sekä häiriömekanismien ja -seurausten pohjalta voidaan todeta, että verkostoihin vaikuttavat monet eri tekijät ja verkostoissa esiintyvät häiriöt ovat monen tekijän summa. Tämä korostaa verkostojen omaisuudenhallinnan merkitystä. Huonosti hoidettu vesihuolto-omaisuus voi johtaa taloudellisten seurausten lisäksi muun muassa häiriöihin veden toimitusvarmuudessa, ongelmiin veden laadussa, vakaviin verkostovuotoihin, epätarkkaan ja puutteelliseen omaisuustietoon sekä lyhytnäköiseen omaisuussuunnitteluun, joka ei perustu tietoon tai objektiiviseen analyysiin (Crabol et al. 2023, s. 12).

3.1 Omaisuudenhallinnan teoria

Yksinkertaistettuna omaisuudenhallinta tarkoittaa tietyn palvelutason tarjoamista optimoimalla omaisuuden tuottama hyöty ja sen elinkaarikustannukset (Crabol et al. 2023, s. 4). Omaisuudenhallinnassa keskeistä on etenkin omaisuuteen liittyvän tiedon hankkiminen ja käsittely (Crabol et al. 2023, s. 4), eli omaisuudenhallinta on pitkälti tiedonhallintaa (Crabol et al. 2023, s. 29). Erilaisia tapoja toteuttaa omaisuudenhallintaa on useita, mutta niillä kaikilla on kuitenkin hyvin samankaltainen päämäärä ja vaiheet (Lehtinen et al. 2006, s. 24–34). Omaisuudenhallintamallit soveltuvat hyvin pohjaksi omaisuudenhallinnalle, mutta omaisuudenhallinnan soveltaminen käytäntöön vaatii aina laitospohtaista räätälöintiä ja kehitystyötä.

Omaisuudenhallinta on koko organisaation läpi kulkeva prosessi, eikä niinkään yksittäinen toiminto muiden joukossa (Lehtinen et al. 2006, s. 18). Vesihuoltolaitoksella omaisuudenhallintaan osallistuvia toimintoja ovat muun muassa verkstorakentaminen ja -kunnossapito, tietohallinto, sekä taloushallinto. Kaikki vesihuollon parissa tehtävä työ on jollain tavalla omaisuudenhallintaa (Crabol et al. 2023, s. 1). Omaisuudenhallintaan liittyvän päätöksenteon on syytä perustua laitoksen toimintaympäristöstä johdettuihin strategisiin tavoitteisiin. Strategiset tavoitteet asettaa laitoksen johto, ja niissä on syytä määrittellä omaisuudelle asetettavat palvelutasot sekä tunnusluvut, joilla omaisuuden suorituskykyä ja kehitystä seurataan. Laitoksen toimintaympäristöllä tarkoitetaan kaikkea toimintaa ja ohjausta, jonka puitteissa vesihuoltoa järjestetään. Vesihuoltolaitoksen toimintaa ohjataan lakien, lupien, asetusten ja omistajaohjauksen avulla (Crabol et al. 2023, s. 6). Toimintaympäristön määrittämisessä on hyvä aloittaa tarkastelemalla eri asiakasryhmiä ja niiden tarpeita. Vesihuollon asiakaskunta vaihtelee kriittisistä yhteiskunnallisista

toimijoista kesämökillä vettä käyttäviin asiakkaisiin, joten on ensiarvoisen tärkeää tunnistaa eri asiakasryhmien vesihuoltoa kohtaan asettamat odotukset ja vaatimukset. Tämän lisäksi on syytä pohtia, miten tarpeet tulevat tulevaisuudessa muuttumaan. Palvelutasojen määrittämisessä on syytä ottaa huomioon toimintaympäristöstä tai sen ennustetuista muutoksista johdettujen tavoitteiden lisäksi myös omaisuuden suorituskyky ja sen kehittyminen (Paavilainen 2019, s. 12).

Palvelutasot jaetaan kolmeen pääluokkaan (Paavilainen 2019, s. 12). Nämä tasot ovat pakollinen taso, tavoitetaso ja kestävä taso. Pakollisella tasolla vesihuoltolaitos täyttää lakisääteiset ja lupaehtojen mukaiset vaatimukset. Tavoitetasolla tarkoitetaan tasoa, joka pyritään saavuttamaan ennalta määrätyn aikataulun puitteissa. Tavoitteena voi olla nykytilan ylläpitäminen, tai jokin muu asetettu palvelutaso. Kestävällä tasolla laitoksen toiminta on optimoitu ja priorisoitu suhteessa omaisuuden suorituskykyyn ja toimintaympäristön pitkän aikavälin kehityskuvaan. Omaisuuden kehittämistarpeen ja siihen tarvittavien resurssien tulee pohjautua asetettujen palvelutasojen ja omaisuuden suorituskyvyn eroon. Toimintamalli, jossa resurssit määräävät tuotetun palvelutason ei ole kestävä ja taloudellisen omaisuudenhallinnan mukaista. Palvelutasojen ja omaisuuden suorituskyvyn kehitystä seurataan laitoksen ennalta määrittämien tunnuslukujen avulla (Crabol et al. 2023, s. 1). Omaisuudenhallinnassa hyödynnetään riskiperusteista lähestymistapaa, ja hyvässä omaisuudenhallinnassa palvelutasojen osalta riskiksi on syytä tunnistaa tyytymätön asiakas tai sidosryhmä (Paavilainen 2019, s. 12). Vesihuoltolaitoksen olisikin syytä lisätä palvelutasoriskien määrittely ja hallinta osaksi riskienhallintaprosessia. Samassa yhteydessä on suotavaa määrittää lisäksi mahdollisten palvelutasomuutosten vaikutus omaisuuteen sekä sen elinkaaren aikaisiin kustannuksiin.

Omaisuuteen liittyvän päätöksenteon tulee aina perustua laitoksen toimintaympäristöstä johdettuihin tavoitteisiin (Crabol et al. 2023, s. 1) sekä arvioon omaisuuden elinkaaren aikaiseen arvon muodostumiseen (Paavilainen 2019, s. 8–9). Omaisuuden elinkaaren aikaisen arvon muodostumisen huomioon ottamisessa on erityisen tärkeää optimoida omaisuuden elinkaarensa aikana tuottama arvo, sekä elinkaaren aikana aiheutuvat kustannukset. Yksinkertaisimpiakin päätöksiä tehdessä on suotavaa käyttää järjestelmällisiä ja hyvin dokumentoituja menetelmiä.

Strategisissa tavoitteissa määritellään palvelutasot, sekä palvelutasojen ja omaisuuden suorituskyvyn kehittymisen seuraamiseen käytettävät tunnusluvut. Yksi omaisuudenhallinnan jalkauttamisen ensimmäisiä työvaiheita onkin tavoitteiden asettaminen koko omaisuudenhallintaprosessille ja sen kehittämiseksi (Paavilainen 2019, s. 3). Tavoitteiden asettaminen kannattaa aloittaa arvioimalla omaisuuden suorituskyvyn ja toiminnallisuus-

den nykytilaa ja huomioida mahdolliset vaihtoehdot sekä omaisuuteen liittyvä päivitystarve (Crabol et al. 2023, s. 7–8). Nykytilanteen tuntemisen avulla tavoitteet voidaan yhdistää laitoksen talous- ja henkilöstöresursseihin, mikä lisää mahdollisuutta asettaa aidosti saavutettavissa olevia tavoitteita. Tavoitteiden asettamisen avulla saadaan myös arvio tavoitteisiin pääsemiseen tarvittavasta työmäärästä. Tavoitteiden asettamisella voidaan myös vapauttaa enemmän resursseja muiden tavoitteiden saavuttamiseen, mikäli laitos toteaa olevansa jo vähintään tavoitetasolla jollain omaisuudenhallinnan osa-alueella. Tavoitteiden asettamisen kautta realisoituu myös se, mitä omaisuudenhallinnalla halutaan saavuttaa.

Tavoitteiden toteutumista seurataan tunnuslukujen avulla (Paavilainen 2019, s. 13). Tunuslukujen kehitystä seuraamalla saadaan tietoa siitä, ovatko tavoitteisiin pääsemiseksi tehdyt toimenpiteet hyviä ja tehokkaita (Crabol et al. 2023, s. 7). Vesijohtoverkkoihin liittyviä merkittäviä tunnuslukuja ovat kustannukset (Paavilainen 2019, s. 13–15), putkirikot, vesijohtoverkoston uusiutumisaika, laskuttamattoman veden eli vuotojen määrä ja osuus verkostoon pumpatusta vesimäärästä sekä veden laatuun ja asiakastyytyväisyyteen liittyvät tekijät, kuten reklamaatiot ja palvelukatkosten yleisyys. Myös verkoston korjausvelka, rakentamiskustannukset sekä perustiedot verkostojen määrästä voivat olla hyödyllisiä tunnuslukuja.

Käytännössä tehokkaan omaisuudenhallintajärjestelmän määrittämisen ja jalkauttamisen tueksi on syytä laatia pitkäjänteisen ja kestävänsä omaisuudenhallinnan politiikan mukainen omaisuudenhallintaohjelma (Paavilainen 2019, s. 11). Omaisuudenhallintaohjelman tueksi laaditaan tarkemmat omaisuuseräkohtaiset omaisuudenhallintasuunnitelmat. Esimerkiksi vesijohtoverkostoille tulee laatia oma omaisuudenhallintasuunnitelma koko laitoksen omaisuudenhallintaohjelman pohjalta. Omaisuudenhallinnan politiikka osoittaa selkeät painopisteet omaisuudenhallinnalle, sekä suunnan omaisuuden kehittämiselle. Omaisuudenhallinnan politiikka myös viestii organisaation sitoutumisesta pitkäjänteiseen omaisuudenhallinnan suunnitteluun sekä jatkuvaan kehittämiseen. Omaisuudenhallinnan politiikka määrittää palvelutasojen kehittämisen lähtökohdat.

3.2 Omaisuudenhallinnan perustaso

Hyvän ja tehokkaan omaisuudenhallinnan järjestämiseksi on olemassa niin sanottu omaisuudenhallinnan perustaso, jolle jokaisen laitoksen olisi syytä pyrkiä (Paavilainen 2019, s. 4). Omaisuudenhallinnan perustaso käsittelee koko omaisuudenhallintaprosessia, ja luvun 3.1 palvelutasot ovat osa prosessia. Omaisuuden hallinnan perustaso koostuu kolmesta osa-alueesta. Nämä osa-alueet ovat ymmärrys hallittavasta omaisuudesta, omaisuuden elinkaaren hallinta sekä omaisuudenhallinnan mahdollistajat.

Ymmärrystä hallittavasta omaisuudesta voidaan pitää omaisuudenhallinnan edellytyksenä (Paavilainen 2019, s. 4). Omaisuutta on mahdoton hallita, mikäli sen olemassaolo ja suorituskyky eivät ole tiedossa (Crabot et al. 2023, s. 12). Omaisuuden elinkaaren hallinnalla tarkoitetaan lähinnä omaisuuteen kohdistettavien toimenpiteiden suunnittelua (Paavilainen 2019, s. 4). Omaisuudenhallinnan mahdollistajat ovat omaisuudenhallinnassa käytettäviä työkaluja ja prosesseja, kuten johtamis- ja tietojärjestelmiä sekä henkilöstön osaamista. Perustason omaisuudenhallinta on esitelty osa-alueittain tarkemmin taulukoissa 1–3.

Taulukko 1. Ymmärrys hallittavasta omaisuudesta (Paavilainen 2019, s. 4–5)

Osa-alue	Perustason menettelyjen kuvaus
Tietoisuus	Laitoksella on riittävät tiedot sen toimintaympäristöstä, omaisuudesta ja sen suorituskyvystä, sekä omaisuudenhallinnan menettelyistä ja tavoitteista. Omaisuudenhallinnan vastuut, tavoitteet ja riskit on dokumentoitu huolellisesti.
Omaisuudenhallinnan tavoitteet	Laitoksella on johdon hyväksymä omaisuudenhallintaohjelma, joka sisältää omaisuudenhallinnan tavoitteet. Kaikille omaisuusryhmille on olemassa dokumentoidut tavoitteet ja omaisuudenhallintaohjelma.
Omaisuustiedon hallinta	Laitoksella on omaisuustietojärjestelmä, joka sisältää perustiedot omaisuuseristä (sijainti, tyyppi, ikä, ominaisuudet, määrät ja kustannukset). Omaisuuserät on priorisoitu ja tiedonhallinta on dokumentoitu.
Palvelutasovaatimusten määrittäminen	Palvelutasot on määritetty, ja niitä seurataan tunnusluvuilla. Asiakasryhmät ja niiden vaatimukset on tunnistettu.
Kysynnän ennustaminen	Kysyntätekijät ovat selvillä ja dokumentoitu. Kysynnän ennustaminen perustuu historiatietoon ja toimintaympäristön muutoksesta kertoviin tunnuslukuihin.
Omaisuuden kunnan ja suorituskyvyn hallinta	Kuntotiedon hallintaan on olemassa suurimman osan omaisuuseristä kattava suunnitelma. Laitoksella on dokumentoitu kaikkien omaisuusryhmien suorituskyky.

Taulukko 2. Omaisuuden elinkaaren hallinta (Paavilainen 2019, s. 5–6)

Osa-alue	Perustason menettelyjen kuvaus
Päätöksenteko	Päätöksentekotavat ovat systemaattisia ainakin isommissa hankkeissa. Päätöksentekotavat on dokumentoitu.
Riskienhallinta	Laitoksella on riskienhallintasuunnitelma, josta selviävät kriittiset omaisuuserät.
Omaisuudenhallinnan suunnitelmat	Laitoksella on jokaiselle omaisuusryhmälle omaisuudenhallintasuunnitelma. Kunnossapitosuunnitelmassa on vertailtu ennakoivaa ja suorittavaa kunnossapitoa.
Talouden hallinta	Omaisuuteen liittyvät talousennusteet perustuvat omaisuudenhallintasuunnitelmiin.

Taulukko 3. Omaisuudenhallinnan mahdollistajat (Paavilainen 2019, s. 6–7)

Osa-alue	Perustason menettelyjen kuvaus
Johtaminen	Johto seuraa omaisuudenhallintaa ja sen tehokkuutta ja käyttää saatua tietoa toiminnan ohjauksessa. Johto on sitoutunut omaisuudenhallintaan ja sen kehittämiseen.
Resurssit ja osaaminen	Johtoryhmä koordinoi omaisuudenhallintaan liittyviä menettelyjä. Omaisuudenhallinnan pätevyysvaatimukset ovat olemassa ja osaamista kehitetään suunnitelmallisesti.
Toiminnanohjaus	Omaisuudenhallinta on liitetty osaksi toiminnanohjauskokonaisuutta (laatu järjestelmä, riskienhallintajärjestelmä, ympäristöjärjestelmä, tukitoiminnot)
Tietojärjestelmät	Omaisuudenhallintaan liittyvissä tietojärjestelmissä voidaan tarkastella ja raportoida sekä omaisuuseräkohtaisesti että koko omaisuuden tasolla.
Palveluiden järjestäminen	Omaisuudenhallinnan ydintehtävät on dokumentoitu koko palveluketjussa.
Omaisuudenhallinnan kehittäminen	Omaisuudenhallinnan toimenpiteiden tehokkuutta arvioidaan ja kehitetään. Omaisuudenhallinnalle on laadittu kehittämissuunnitelma.

Taulukoissa 1–3 esiteltyjen asioiden lisäksi on keskeistä, että kaikkia käytössä olevia omaisuudenhallinnan prosesseja ja osa-alueita tarkastellaan ja kehitetään systemaattisesti vuosittain (Paavilainen 2019, s. 4–7). Omaisuudenhallinnan prosessien, omaisuustiedon ja tiedonhallinnan sekä henkilöstön ja muun osaamisen jatkuva kehittäminen on tärkeä osa omaisuudenhallintaprosessia (Paavilainen 2019, s. 19). Ideaalitulanteessa jatkuvan kehittämisen yhteydessä eri osioista kootaan kokonaisuuksia. Tällä tavalla voidaan edesauttaa kokonaisvaltaista lähestymistapaa kehittämiseen, joka palvelee organisaatiota etenkin strategisella tasolla.

Tehokkaan omaisuudenhallinnan kannalta on oleellista, miten tiedonvaihto ja yhteistyö eri toimintojen välillä toimii, eikä miten eri toiminnot on organisoitu (Lehtinen et al. 2006, s. 18). Hyödynnettävän verkostotiedon kartuttaminen onkin kriittisin, ja verkostojen kannalta usein haastavin osa omaisuudenhallintaa (Crabol et al. 2023, s. 12). Omaisuustiedon kartuttaminen on systemaattinen ja pitkäjänteinen prosessi, jossa tietoa kerätään omaisuuden koko elinkaaren ajalta. Käytännössä tämä prosessi näkyy siten, että rakentamisen aikana kerätyt sijainti-, materiaali ja dimensiotiedot täydentyvät vuosien saatossa muun muassa virtaamatiedoilla sekä kunnossapitotiedoilla.

3.3 Omaisuudenhallinnan menettelyt vesijohtoverkostoille

Omaisuudenhallinnan menettelyt eivät ole vain omaisuudelle fyysisesti tehtäviä toimenpiteitä, esimerkiksi tiedon kerääminen ja päätöksentekoprosessit ovat suoraan omaisuuteen liittymättömiä omaisuudenhallinnan menettelyjä ja ohjaukeinoja (Paavilainen 2019, s. 19). Fyysisiä vesijohto-omaisuudelle tehtäviä toimenpiteitä ovat kunnossapito ja saneeraus, jotka yhdessä omaisuuden käytön kanssa muodostavat omaisuuden ylläpidon kokonaisuuden (Luku 5).

Omaisuuden ylläpitoon liittyviä päätöksiä tehdessä on päätöksien perustuttava omaisuudenhallinnan tavoitteisiin (Crabol et al. 2023, s. 1). Tavoitteiden lisäksi päätöksenteossa on syytä huomioida päätöksenteon tarpeen aiheuttanut ongelma, kohteen kriittisyys, siihen liittyvät riskit ja mahdollisuudet sekä mahdolliset rajoitteet ratkaisujen suhteen (Paavilainen 2019, s. 8). Kun taustatiedot ovat kunnossa voidaan selvittää mahdolliset ratkaisut ja niiden elinkaarikustannukset sekä elinkaarikustannusten suhde hyötyihin ja riskeihin. Ratkaisut voivat vesijohtoverkostojen kontekstissa olla esimerkiksi kunnossapito- tai saneeraustoimia, mutta myös tiedon kartuttamista, nykyisten menettelyiden kehittämistä tai muita prosessimuotoisia ratkaisuja. Kun mahdolliset ratkaisut ovat selvillä, on tarkoituksenmukaista pyrkiä yhdistelemään niitä optimaaliseksi kokonaisuudeksi elinkaarikustannusten ja omaisuuden tuottaman hyödyn suhteen.

Jotta omaisuudenhallinnan eri menettelyiden ja tapahtumien syy-seuraussuhteita vaikutuksineen voidaan hyödyntää paremmin päätöksenteossa, on laitoksella syytä olla riittävät tiedot omaisuudesta (Crabol et al. 2023, s. 33). Tietoon ja sen analysointiin perustuvaa johtamistapaa kutsutaan tiedolla johtamiseksi. Luonnollisesti luotettavaa tietoa täytyy olla olemassa, jotta sitä voidaan hyödyntää. Tilanteessa, jossa tietoa täytyy kerätä, on tiedon keräämiselle asetettava selkeät tavoitteet (Crabol et al. 2023, s. 12). Turhan tai puutteellisen työn välttämiseksi tavoitteissa on määritettävä, millainen tieto on tarpeellista ja kuinka tarkkaa tiedon täytyy olla vastatakseen laitoksen tarpeisiin. Lisäksi laitoksella on hyvä olla toteutuskelpoinen suunnitelma siitä, miten tiedot saadaan kerättyä, analysoitua ja koottua käyttökelpoiseen muotoon (Paavilainen 2019, s. 21). Myös tiedon keräämisen aikataulu on syytä määritellä osana tavoitteita (Crabol et al. 2023, s. 12). Omaisuuden kunnon tutkimiseen on paljon erilaisia menetelmiä ja käytettävät menetelmät riippuvat laitospoosta (Crabol et al. 2023, s. 17). Kuntotutkimuksia suunniteltaessa on ensiarvoisen tärkeää kohdistaa ja priorisoida tutkimuksia kuntotiedon keräämiseen liittyvien tavoitteiden mukaisesti, sekä tiedostaa mahdollisesti kokonaan puuttuvat tiedot.

Kuntotiedolla on merkittävä rooli tulevien kunnossapito- ja saneeraustoimien suunnittelussa ja priorisoinnissa koko verkoston tasolla, sillä tietoon perustuen näiden toimenpiteiden kohdistaminen kriittisille kohteille on käytännössä mahdollista (Laakso et al. 2022, s. 11). Kunnossapidolla tarkoitetaan pienen mittakaavan toimenpiteitä, jotka eivät merkittävästi lisää omaisuuden käyttöikää tai arvoa (Suomen kaupunkiliitto 1991, s. 7). Saneerauksella tarkoitetaan verkoston käyttöiän ja toiminnallisuuden merkittävää parantamista. Hyvässä omaisuudenhallinnassa kunnossapito- ja saneerausresurssit painottuvat ennakoivaan vikojen korjaamiseen eivätkä akuuttien vikojen korjaamiseen (Crabol et al. 2023, s. 12). Myös omaisuuden kunnon tutkiminen on ennakoivaa kunnossapitoa, sillä ilman omaisuuden kunnosta kertovia tietoja ja malleja ei ennakoivan kunnossapidon toteutukselle ole edellytyksiä (Crabol et al. 2023, s. 26)

Vesihuoltolaitoksilla on rajalliset henkilöstö- ja talousresurssit, minkä vuoksi kaikkia omaisuudelle suunniteltuja toimenpiteitä ei ole mahdollista toteuttaa yhtä aikaa (Crabol et al. 2023, s. 16). Toimenpiteitä onkin priorisoitava suhteessa toisiinsa. Priorisoinnin perusteena tulee hyödyntää omaisuuserien kriittisyyttä, jotta turvallinen ja toimiva vesihuolto voidaan taata. Omaisuuden priorisointi on vahvasti yhteydessä omaisuuteen liittyvään riskienhallintaan. Priorisoinnilla pyritään ennen kaikkea omaisuudelle tehtävien toimenpiteiden oikea-aikaisuuteen ja järjestelmälliseen toimintaan pitkällä aikavälillä. Erilaisia tapoja priorisoida omaisuutta on useita, mutta niillä kaikilla saavutetaan samankaltainen lopputulos (Suomen kaupunkiliitto 1991, s. 33).

3.4 Omaisuudenhallintaohjelma ja -suunnitelma

Omaisuudenhallintaohjelma on strategisen tason suunnitelma, joka on keskeisin osa vesihuoltolaitoksen pitkän aikavälin teknis-taloudellista suunnittelua (Paavilainen 2019, s. 17–18). Ohjelman tarkoitus on tasapainottaa laitoksen koko omaisuuden kustannukset, hyödyt, palvelutasot ja riskit koko omaisuuden elinkaaren ajalta. Omaisuudenhallintaohjelman tulee tukea strategisten tavoitteiden saavuttamista. Tärkeytensä vuoksi omaisuudenhallintaohjelma olisi hyvä hyväksyttävä laitoksen ylimmässä päättävässä elimessä, esimerkiksi kunnanvaltuustossa tai osakeyhtiön hallituksessa.

Tulevaisuuden kysyntäennusteen ja nykytilanteen välisen eron perusteella saadaan tietoa siitä, millaisia strategisia valintoja laitoksen täytyy tehdä (Paavilainen 2019, s. 18). Valinnat liittyvät investointeihin sekä omaisuuden kunnossapitoon, saneeraukseen ja uusimiseen. Valintoja tehdessä on syytä huomioida taloudelliset, sosiaaliset sekä ympäristöön liittyvät näkökulmat. Omaisuudenhallintaohjelmassa on syytä esittää riskiarvioihin perustuvat tärkeimmät omaisuuden kehittämistoimenpiteet, kehittämistoimenpiteiden hyödyt, aikataulu ja kustannukset, sekä omaisuudelle tehtävien toimenpiteiden priorisointi. Omaisuudenhallintaohjelmaa laadittaessa ei välttämättä tarvita yksityiskohtaista tietoa jokaisesta omaisuuserästä, mutta taustatiedon pitää olla luotettavaa, jotta sitä voidaan käyttää päätöksenteon perusteena.

Omaisuudenhallintasuunnitelma on omaisuudenhallintaohjelmaa yksityiskohtaisempi dokumentti, joka käsittelee omaisuudenhallintaa omaisuuseräkohtaisesti taktisella ja operatiivisella tasolla (Paavilainen 2019, s. 19). Käytännössä omaisuudenhallintasuunnitelma on esitys niistä toimenpiteistä, joilla laitoksen asettamat tavoitteet saavutetaan käsiteltävän omaisuuserän osalta (Crabol et al. 2023, s. 8). Nämä toimenpiteet voivat esimerkiksi tarkoittaa saneeraustoimenpiteitä tietylle johdolle. Omaisuudenhallintasuunnitelma muodostaa hyvän pohjan omaisuuden elinkaaren aikana optimaalisen arvontuoton mahdollistavalle päätöksenteolle (Paavilainen 2019, s. 19)

Taulukon 4 mukaan päätöksenteon perusteeksi omaisuudenhallintasuunnitelmassa on syytä esittää omaisuuserään liittyvät palvelutasotavoitteet, kustannukset, riskit, tulevaisuuden kysyntäennuste sekä omaisuuden suorituskyky ja kunto (Paavilainen 2019, s. 19). Näiden lisäksi suunnitelmassa tulee esittää taloussuunnitelma sekä omaisuudenhallinnan menettelyt ja menettelyt sekä niiden kehittämissuunnitelma. Omaisuudenhallintasuunnitelma onkin tärkeä työkalu omaisuudenhallinnan menettelyjen ja toimenpiteiden systemaattisuuden ja jatkuvuuden varmistamisessa (Crabol et al. 2023, s. 42). Omaisuudenhallinnan tiedonhallintapainotteisuus on syytä huomioida omaisuudenhallintasuunnitelmaa laadittaessa.

Taulukko 4. Omaisuudenhallintasuunnitelman rakenne (Paavilainen 2019, s. 20–25)

Suunnitelman osa	Osan keskeinen sisältö
Johdanto	Omaisuudenhallinnan teoria ja peruseriaatteet, käsiteltävät omaisuuserät, suunnitelmaan liittyvät epävarmuudet ja oletukset, sekä tavoitteet, joihin omaisuudenhallinnalla pyritään.
Omaisuuden nykytilan määrittely	Omaisuuden hierarkia eli ryhmittely, Omaisuuden tila ja suorituskyky, kriittinen omaisuus, omaisuuden jälleenhankinta-arvo, korjausvelka, riskienhallintaan liittyvät arviot.
Ennustetilanne	Arvio tulevaisuuden kysynnän ja toimintaympäristön muutosten vaikutuksista käsiteltävään omaisuuserään.
Elinkaaren hallinnan vaihtoehdot	Kaikki keskenään vaihtoehtoiset toimenpiteet, joilla voidaan vastata ennustettuihin muutoksiin ja optimoida tavoitteiden mukaiset palvelutasot optimoiden samalla omaisuuden elinkaarikustannukset lyhyellä, keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä. Toimenpiteissä on huomioitava kunnossapito, saneeraus, uudisrakentaminen, käyttö ja kysynnän hallinta.
Toteuttamissuunnitelma	Toteuttamissuunnitelma sisältää omaisuuserälle valitut toimenpiteet elinkaaren hallinnan vaihtoehtoihin perustuen. Toteuttamissuunnitelma vastaa kysymyksiin: Mitä toimenpiteitä omaisuudelle tehdään suunnitelmakaudella? Miten suunnitelma toteutetaan käytännössä ja ketkä ovat vastuussa?
Taloussuunnitelma	Kaikki omaisuuden elinkaarikustannukset suunnitelmakaudelta, kuitenkin myös suunnitelmakautta pidempi aikaväli talousarvioissa huomioiden.
Seuranta ja kehittäminen	Omaisuudenhallinnan menettelyjen ja toimenpiteiden kehitystoimenpiteet. Tunnusluvut tai muut mittarit, joilla omaisuudenhallinnan menettelyjen onnistumista ja kehitystä voidaan mitata.

Taulukon 4 mukaisesti omaisuudenhallintasuunnitelmassa on useita osasuunnitelmia. Taloussuunnitelmassa on oleellista esittää pitkän aikavälin suunnitelmassa arviot vähintään kymmenen vuoden tuloista ja menoista sekä arvioida molempien kehitystä (Sweco Ympäristö Oy 2020, s. 30). Hyvä taloussuunnittelu mahdollistaa tasapainoisen talouden

pitkällä aikavälillä (Crabol et al. 2023, s. 48). Tärkeintä on, että talous on hallinnassa pitkällä aikavälillä, vaikka jokainen vuosi ei olisikaan voitollinen. Toteuttamissuunnitelma muodostaa perustan tarkemmalle tutkimus- ja kunnossapitosuunnitelmalle, saneeraus- ja uusinvestointisuunnitelmalle sekä tiedonhallintasuunnitelmalle (Crabol et al. 2023, s. 42).

Tutkimus- ja kunnossapitosuunnitelmassa kuvataan omaisuuserään liittyvät kuntotutkimus- ja kunnossapitotoimenpiteet sekä niihin liittyvät tavoitteet (Crabol et al. 2023, s. 44–45). Vesijohtoverkostojen tapauksessa on järkevää jakaa koko verkosto kunnossapidon suhteen eri osa-alueiksi. Jokaiselle verkoston osalle, kuten putkille, venttileille ja tukirakenteille on hyvä olla oma tarkastus- ja huolto-ohjelma. Saneeraus- ja uusinvestointisuunnitelman avulla varmistetaan, että verkostoja uudisrakennetaan ja saneerataan tarvittavissa määrin, jolloin korjausvelka saadaan pidettyä kurissa. Saneeraus- ja investointitarpeiden tarkastelulla kokonaisuutena voidaan osaltaan ennaltaehkäistä tilannetta, jossa uudisrakentaminen on niin vilkasta, etteivät resurssit riitä saneerauksiin. Toisaalta myös uudisrakentamisen kannalta hiljaisina aikoina saneerauksiin voidaan tarvittaessa panostaa enemmän. Tiedonhallintasuunnitelman tarkoitus on kuvata tavat, joilla omaisuustietoa säilytetään ja käsitellään (Crabol et al. 2023, s. 33). Suunnitelman avulla voidaan myös kehittää tiedon ja tietovirtojen hallintaa vastaamaan paremmin omaisuudenhallinnan tarpeita.

Omaisuudenhallintasuunnitelman avulla pyritään varmistamaan, että omaisuudenhallinnan kokonaisuus on ymmärrettävissä selkeänä kokonaisuutena (Crabol et al. 2023, s. 42). Omaisuudenhallintasuunnitelman tekeminen ei kuitenkaan automaattisesti johda hyvään omaisuudenhallintaan, vaan konkreettisesti tehtävät toimenpiteet ovat ratkaisevassa asemassa matkalla kohti hyvää omaisuudenhallintaa.

4. VERKOSTOJEN KUNTOTIEDON HALLINTA

Verkostojen kuntotiedon hallinta on kriittisin ja verkoston osalta usein haastavin omaisuudenhallinnan osa-alue (Crabol et al. 2023, s. 12). Haastavuuteen vaikuttaa etenkin se, ettei paineistetuille putkille ole olemassa yleisesti sopivaa kuntotutkimusmenetelmää (Laakso et al. 2022, s. 10), Kriittisyyden aiheuttaa se, että kuntotiedon puuttuessa kunnossapito saatetaan pahimmillaan laiminlyödä kokonaan (Crabol et al. 2023, s. 12). Kunnan määrittämisen haasteet ovatkin usein merkittävä este omaisuudenhallinnan menetelyjen kehitystyön käynnistämiseksi (Paavilainen 2019, s. 21)

4.1 Kuntotieto ja tutkittavien kohteiden valinta

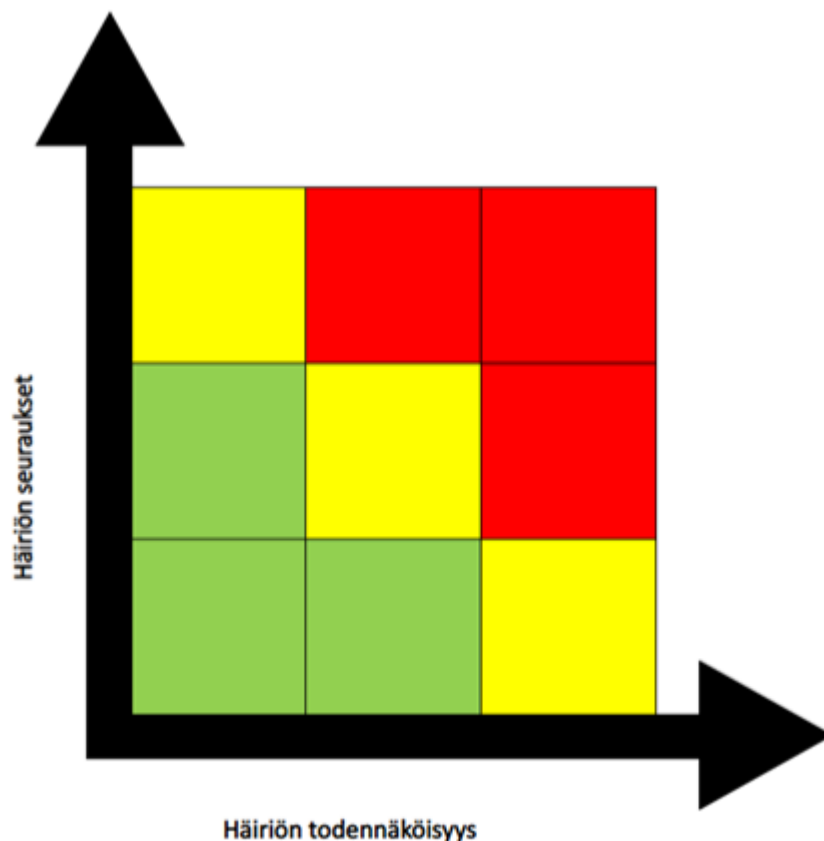
Kuntotietoa syntyy jo verkoston rakentamisvaiheessa tarkastusten yhteydessä sekä käytön, kunnossapidon ja mahdollisten saneerausten jälkeen (Laakso et al. 2022, s. 10). Kuntotiedon keräämistä tulee edeltää prosessi, jossa määritellään mitä tietoja kerätään, mistä tietoja kerätään ja millä tarkkuudella. Kuntotietoa ovat esimerkiksi putken sijaintitiedot (Crabol et al. 2023, s. 12) sekä putken ominaisuustiedot, kuten materiaali, asennusajankohta, halkaisija ja hydraulinen toiminta (Laakso et al. 2022, s. 13). Myös putken ympäristöä koskevat tiedot kuten liikennekuormitus sekä maaperän ja pohjaveden ominaisuudet ovat kuntotietoa. Verkoston ikääntyessä on tärkeää, että rakentamisen yhteydessä kerättyjä tietoja täydennetään ajan kuluessa käytön aikana syntyvillä tiedoilla, kuten kunnossapito- ja virtaamatiedoilla (Crabol et al. 2023, s. 12)

Tiedonhallinta tarkoittaa tiedon keräämistä, järjestelyä ja tallentamista siten, että se on helposti hyödynnettävissä tarkoituksiinsa (Crabol et al. 2023, s. 30). Kuntotiedon tapauksessa tämä tarkoittaa sitä, että tietoa voidaan yhdistellä muihin tietoihin siten, että lopputuloksena syntyy käyttökelpoisempi kokonaisuus (Laakso et al. 2022, s. 13). Tällaista prosessoitua ja analysoitua tietoa voidaan käyttää verkoston kunnan mallintamisessa, jolla voidaan analysoida verkoston nykyistä kuntoa ja sen kehittymistä tulevaisuudessa. Tämän kunnanmallinnukseksi kutsutun prosessin avulla voidaan myös kohdentaa tarkempia kuntotutkimuksia alueille tarpeen mukaan.

Tiedonhallintaprosessien systemaattisuuden ja jatkuvuuden takaamiseksi laitoksen tulee laatia kokonaisarkkitehtuurikuvaus tiedonhallintasuunnitelman tueksi (JHS 179 2017, s. 2). Kokonaisarkkitehtuurilla tarkoitetaan laitoksen koko toiminnan muodostaman kokonaisuuden rakennetta, joka on järjestelty siten, että se palvelee toimintaa mahdollisim-

man hyvin. Kokonaisarkkitehtuurin tarkoitus on helpottaa laitoksen eri toimintojen yhteistyötä. Kokonaisarkkitehtuurikuvauksen ja tiedonhallintasuunnitelman lisäksi on tärkeää varmistaa, että tietoja kerätään ja käsitellään niiden mukaisesti (Crabot et al. 2023, s. 33). Parhaassa tapauksessa kuntotieto ja niiden perusteella tehtävä kunnonmallinnus palvelee omaisuudenhallintaa koko omaisuuden elinkaaren ajan (Laakso et al. 2022, s. 11).

Kohteita valitaan kuntotutkimuksiin yleensä riskiperusteisesta, eli jonkinlaista riskeihin perustuvaa arviointitapaa käyttäen (Laakso et al. 2022, s. 15–16). Tällöin kuntotutkimusten avulla on tarkoitus vähentää häiriöiden määrää ja niiden vakavia seurauksia. Kohteita voidaan myös valita kuntotutkimuksiin muuten kuin riskiperusteisesti. Tällainen kohteiden valinta palvelee etenkin kunnossapito- ja saneerausinvestointitarpeiden hahmottamista, sillä tällöin tutkimusten perusteena on usein kuntojakauman selvittäminen toiminnallisuuteen liittyvien riskitekijöiden sijaan. Kuntojakauman selvittäminen perustuu satunnaisotantaan koko verkostosta. Arvioitaessa kenttätutkimusten kohdistamista eri kohteille riskiperusteisesti, voidaan hyödyntää esimerkiksi kuvan 1 riskimatriisia.



Kuva 1. Riskimatriisi (Laakso et al. 2022, s. 15)

Riskimatriisiin jaottelu perustuu häiriön todennäköisyyteen ja häiriön seurausten vakavuuteen (Laakso et al. 2022, s. 15–16). Riskiperusteisessa kuntotutkimuskohteiden valinnassa keskitytään kohteisiin, joiden häiriön todennäköisyys on arvioitu korkeaksi ja häiriön seuraukset vakaviksi. Koska todennäköisyydet ovat vain arvioita, on perusteltua kohdistaa kuntotutkimuksia myös kohteisiin, joiden häiriön todennäköisyys on matala, mutta häiriön seuraukset vakavia.

Häiriön todennäköisyyttä voidaan arvioida putkien materiaalin, iän, häiriöhistorian ja kuntotiedon pohjalta (Laakso et al. 2022, s. 16). Mikäli kuntotietoa on saatavilla riittävästi, myös kunnonmallituksen avulla voidaan saada arvioita häiriön todennäköisyydestä. Usein häiriön todennäköisyys voidaan määrittää vain tietyn ryhmän putkilla, esimerkiksi kaikki muoviputket saavat saman todennäköisyysarvon. Häiriön seurausten vakavuuteen vaikuttavat putken merkitys vedenjakelussa ja mahdollisten korjaustoimenpiteiden kannalta hankala sijainti, kuten järven pohja tai muun infrastruktuurin läheisyys.

4.2 Kuntotutkimusmenetelmät

Kuntotiedon yhteydessä tiedonhallintaprosessia voidaan kutsua myös kunnonhallintaprosessiksi (Laakso et al. 2022, s. 13). Kunnonhallintaprosessi alkaa kohteiden valinnalla ja kuntotutkimusten valmistelulla. Itse kuntotutkimukset voivat olla yksi- tai kaksivaiheisia. Kaksivaiheisissa kuntotutkimuksissa ensimmäinen menetelmä toimii ennakkovaiheena toisen vaiheen tarkemmille menetelmille esimerkiksi tilanteessa, jossa yleiskuvaa kunnosta ei ole. Putkien kunnon lisäksi myös putkia ympäröivän maaperän ominaisuuksista on oleellista kunnonmallituksen kannalta (Kaunisto et al. 2008, s. 114). Useimmat laitokset kuitenkin tietävät, millaista maaperä on alueilla, joilla laitokset operoivat. Aiemmin kuntotutkimukset keskittyivät metalliputkiin, mutta 1960-luvulta alkaen Suomessa on käytetty pitkälti muoviputkia (Kaunisto et al. 2008, s. 110). Nyt myös nämä muoviputket alkavat lähestyä käyttöikänsä loppua. Tämä aiheuttaa ainakin joitakin ongelmia kuntotutkimusmenetelmien valinnan kannalta (Kaunisto et al. 2008, s. 114).

Onnistuneen vesijohtojen kuntotutkimuksen edellytyksenä on usein jatkuva kunnonseuranta, sekä paikallisesti toteutettavat kuntotutkimukset (Laakso et al. 2022, s. 11). Jatkuvalle seurannalle pystytään usein seuraamaan vain yksittäistä putkea laajempaa aluetta. Paikalliset tutkimusmenetelmät eroavat toisistaan suuresti sen suhteen, mitä ja minkä laatuista tietoa ne tuottavat. Verkosto-omaisuuden kunnon paikalliseen tutkimiseen maastossa on useita vaihtoehtoja (Craboli et al. 2023, s. 17). Lisäksi maastotutkimusten tuottamaa tietoa voi olla mahdollista täydentää asiakaspalautteen avulla. Käytettävän kuntotutkimusmenetelmän valintaan vaikuttavat tutkittavan putken ominaisuudet, putken sijainti, tutkittavan tiedon tyyppi ja laatu sekä tutkimuksen hinta suhteessa

siitä saatavaan hyötyyn (Laakso et al. 2022, s. 20). Etenkin kuntotutkimusten ollessa kalliita, on syytä puntaroida tutkimuksen tuottamaa hyötyä ja kustannuksia suhteessa ennenaikaisen saneerauksen hyötyihin ja kustannuksiin.

Paineellisia vesijohtoja voidaan tutkia verkostoon sijoitetuilla mittareilla, joiden avulla verkosto jaetaan alueisiin (Crabol et al. 2023, s. 18). Näiltä alueilta lasketaan ja seurataan verkoston vesitasetta. Tällaisia putkirakenteisiin asennettavia mittareita on kannattavaa rakentaa etenkin uudisrakentamisen tai saneerauksen yhteydessä, sillä tällöin putket on kaivettava esille joka tapauksessa (Laakso et al. 2022, s. 18–19). Putkiin sijoitettavat tai yhdistetyt rakenteet kuten palopostit, putkiyhteet ja venttiilit ovat edellytyksiä monelle kuntotutkimusmenetelmälle. Suunnitteluvaiheen ratkaisulla on siis merkittäviä vaikutuksia kuntotutkimusten ja kuntotietoon perustuvan omaisuudenhallinnan kannalta. Palopostien kautta voidaan syöttää pieniä kameroita tai muita tutkimuslaitteita verkostoon.

Perinteisesti putkien vuotoja on tutkittu yöllisellä kulutusseurannalla, kuuntelumenetelmillä ja maaperätutkalla (Kaunisto et al. 2008, s. 113–114). Kulutusseurannalla voidaan arvioida vuotojen kokonaismäärää tietyssä eristettävissä olevassa verkoston osassa, sillä se perustuu yön aikaisen veden kulutuksen mittaamiseen. Kulutusseurannalla ei voida selvittää vuotojen tarkkaa sijaintia. Kulutusseurannassa käytetään hyväksi verkostoon asennettuja virtausmittareita (Crabol et al. 2023, s. 18). Kuuntelumenetelmät perustuvat vuodon aiheuttamaan ääneen (Laakso et al. 2022, s. 43–46). Äänen havaitsemiseen käytettäviä laitteita ovat esimerkiksi erilaiset kuuntelupistimet, maamikrofonit, akustokorrelaattoriin yhdistettävä hydrofoni sekä ääni- ja paineloggerit. Muoviputkia tutkittaessa nämä laitteet tuottavat usein häiriöääniä (Kaunisto et al. 2008, s. 113–114). Muoviputkien tutkiminen luotettavasti kuuntelumenetelmillä on siis haastavaa, ellei jopa mahdotonta. Maaperätutka perustuu vuodon ympärillä olevan maaperän ympäristöstään poikkeavaan vedellä kyllästyneisyyteen, joka hidastaa menetelmässä maaperään lähekkäisten tutka-aaltojen etenemistä ja heijastumista takaisin (Hunaidi et al. 2000, Kaunisto et al. 2008, s. 114 mukaan).

Uudempia menetelmiä vuotojen tutkimiseen ovat satelliittitutkimukset, kaikuluotaus ja droonien avulla tapahtuva lämpökamerakuvaus (Laakso et al. 2022, s. 48–51). Satelliittitutkimus perustuu tutkittavasta alueesta otettavaan satelliittikuvaan. Satelliitti tunnistaa vesijohtoveden maaperästä tutka-aallon avulla. Menetelmän avulla saadaan tietoon vuotokohdat noin sadan metrin tarkkuudella. Satelliittikuvaus on verkostomateriaaleista, putken ominaisuuksista, sääolosuhteista ja vuorokaudenajasta riippumatonta, mutta se tunnistaa myös vuodot vesihuoltolaitoksen kannalta turhissa yksityisomisteisissa johdoissa sekä uima-altaat ja muut vesijohtovettä sisältävät tuotteet. Kaikuluotaus perustuu myös ääniaaltoihin ja niiden takaisinheijastumiseen, mutta sitä voidaan kuitenkin käyttää vain

vedenalaisille johdoille. Kaikuluotaus on todella tehokas tutkimusmenetelmä, sen avulla voidaan tutkia jopa 10 km putkea päivässä. Droonien avulla tapahtuva lämpökamerakuvaus soveltuu ilmapainotteisuutensa takia myös haastavaan maastoon (Aerolion technologies 2021, Laakso et al. 2022, s. 48 mukaan). Lämpökamerakuvaus perustuu lämpötilaeron havaitsemiseen infrapunasäteilyn avulla (AWWA 2019, Laakso et al. 2022, s. 48 mukaan). Suomessa lämpötilaerot eivät ole ympärivuotisesti riittävän suuria lämpökamerakuvausta varten, minkä lisäksi menetelmä tunnistaa myös muita kuin vesijohtovuodoista johtuvia lämpötilaeroja. Lisäksi menetelmän hyödyntäminen vaatii, että vuotoa on päätytty maanpinnalle asti (Laakso et al. 2022, s. 48).

Putkien seinämävahvuutta ja siten materiaalin kuntoa voidaan mitata ultraäänimittauksilla ja verkoston seinämäpaksuuden akustisella mittauksella (Laakso et al. 2022, s. 48–51). Ultraäänimittauksista varten mittauskohdista tulee kaivaa auki, ja mittauskohdista on syytä olla useampia luotettavan mittaustuloksen varmistamiseksi (Kuparinen 2021, Laakso et al. 2022, s. 48 mukaan). Ultraäänimittauksen tulosten hyödyntäminen edellyttää putken alkuperäisen seinämävahvuuden tuntemista. Seinämäpaksuuden akustinen mittaaminen perustuu ääniaallon etenemisnopeuteen putkimateriaalissa (Laakso et al. 2022, s. 51). Menetelmän vaatimat sensorit tulee asentaa n. 100–200 metrin välein paloposteihin, venttiileihin tai suoraan putken pintaan. Mikäli sensorit joudutaan palopostien ja venttiilien puutteen takia asentamaan suoraan putken pintaan, täytyy putki kaivaa esiin mittauskohdista.

Verkostossa aiheutuvista vuodoista voidaan saada automaattisesti tieto vuotokontrolliputkilla (Huusko 2021, Laakso 2022, s. 19 mukaan). Tällainen tekniikka perustuu putken päälle asennettavaan rakenteeseen, johon johdetaan sähköä. Putken rikkoutuessa aiheutunut vuoto muuttaa rakenteeseen johdetun sähkövirran käyttäytymistä, ja siten putkirikko voidaan havaita. Vuotokontrolliputket asennetaan usein kaivamattomilla menetelmillä. Pelkkien vuotojen perusteella ei voida päätellä mitään verkostomateriaalin kunnosta, mutta niitä voidaan silti pitää indikaattorina verkoston kunnosta (Kaunisto et al. 2008, s. 110). Vuodoilla voi kuitenkin olla merkittävä rooli tulevaisuudessa, kun vuotoihin liittyvän tutkimustiedon määrä kasvaa (Colombo & Karney 2003, s. 169). Tämän lisäksi yleistä putkilinjan kuntoluokkatietoa voidaan saada mittaamalla metalliputkissa virtaavan veden laatuparametreja palopostien kautta (Laakso et al. 2022, s. 52). Edellä mainitut Kuntotutkimusmenetelmät etuineen ja rajoitteineen on koottu taulukkoon 5.

Taulukko 5. Vesijohtojen kuntotutkimusmenetelmät (Laakso et al. 2022, s. 53–54)

Menetelmä	Soveltuvat putkityypit	Toteutuksen edellytykset	Saatava tieto
Veden laatuparametrien mittaus	Kaikki metalliset pää- ja jakelujohdot	Riittävät palopostivälit	Putkilinjakohtaiset kuntoluokat
Kuuntelumenetelmät	Kaikki jakelujohdot, metalliputkilla paras tulos	Riittävä määrä paloposteja tai venttiilejä	Vuodot menetelmästä riippuvalla tarkkuudella
Kulutusseuranta (Kaunisto et al. 2008, s. 113)	Kaikki pää- ja jakelujohdot	Verkosto on eristettävissä osiin	Vuotojen kokonaismäärä tietyssä verkoston osassa
Maaperätutka	Kaikki pää- ja jakelujohdot	Linjan tarkka sijainti tiedossa. Kokenut käyttäjä ja tulkitsija	Vuodot
Satelliittitutkimus	Kaikki pää- ja jakelujohdot	Vuotokohtat paikallistettava maastossa jälkikäteen	Vuodot 100 metrin tarkkuudella
Kaikuluotaus	Vedenalaiset pää- ja jakelujohdot	Putken syvyys vedessä 1,5–100 metriä	Vuodot, erilaiset linjan siirtymät ja muodonmuutokset
Lämpökamerakuvaus droneilla	Kaikki pää- ja jakelujohdot	Linjan sijainti tunnettava	Vuodot
Ultraäänimittaus	Metalliset pää- ja jakelujohdot	Vaatii aukikaivuun mittauspisteiltä	Putken seinämän vahvuus
Seinämäpaksuuden akustinen mittaus	Metalliset pää- ja jakelujohdot	Riittävä palopostien tai venttiilien väli. Vaihtoehtoisesti mittauspisteiden aukikaivaminen	Putken seinämän vahvuus

Tutkittaessa vesijohtojen kuntojakautta, tutkimusmenetelmän on kyettävä selvittämään tutkittavan putken rakenteellista kuntoa (Laakso et al. 17–18). Tällainen tutkimusmenetelmä on esimerkiksi näytepala. Näytepaloja tarvitaan suuri määrä, jotta kuntojakautta voidaan tehdä luotettavia johtopäätöksiä. Kuntotutkimukset verkoston kuntojakautta yleisesti tai yksittäisistä putkista menetelmillä, jotka vaativat suoraa kontaktia putken kanssa ovat haastavia, sillä ne vaativat usein putken tyhjentämisen vedestä näytepalan ottamisen tai mittalaitteen asentamisen ajaksi (Kaunisto et al. 2008, s. 115). Tämä lisää kunnossapito- ja saneeraustöiden sekä kuntotutkimuksen suunnittelun välistä yhteistyötarvetta.

5. VERKOSTOJEN YLLÄPITO

OmaisuuDENhallinnassa verkoston ylläpidon muodostavat käyttö, kunnossapito ja saneeraus (Crabol et al. 2023, s. 26). Kunnossapito- ja saneeraustoimenpiteiden suunnittelu on tärkeää, sillä toimenpiteet aiheuttavat usein vedenjakelukatkoksia asiakkaille ja häiriöitä liikenteelle (Karttunen 2010, s. 134). Hyvän omaisuudenhallinnan mukaisesti kunnossapito- ja saneeraustoimenpiteiden tulee painottua omaisuustiedon avulla toteutettaviin ennakoiviin toimenpiteisiin (Crabol et al. 2023, s. 37).

5.1 Kohteiden valinta

Kunnossapito- ja saneerauskohteiden valinnassa voidaan käyttää kuvassa 1 esiteltyä, samanlaista häiriön todennäköisyyteen ja vakavuuteen perustuvaa riskimatriisia kuin omaisuustiedon keräämisessä (Suomen kaupunkiliitto 1991, s. 33–35). On olemassa myös kuvan 1 riskimatriisiin perustuvia, yksityiskohtaisempia ja useampia parametreja huomioon ottavia arviointimenetelmiä kunnossapito- ja saneeraustarpeelle. Näissä menetelmissä voidaan huomioida häiriön todennäköisyyden ja vakavuuden lisäksi esimerkiksi olosuhteet johdon yläpuolella ja johtokaivannossa. Myös verkoston kuntotietoa on hyvä käyttää osana riskimatriisia tai sen johdannaisia. Esimerkiksi Ojalan kuntoindeksi huomioi kaiken edellä mainitun lisäksi johdon rakenteellisen ja toiminnallisen kunnan sekä vuotavuuden. Myös muiden johdon välittömässä läheisyydessä tehtävien kunnallisteknisten toimenpiteiden, kuten kadun perusparannuksen, huomioiminen kohteen valinnassa voi olla laitoksen kannalta hyödyllistä (Karttunen et al. 2004, s. 650).

Olemassa oleva kuntotieto on keskeisessä asemassa arvioitaessa häiriön todennäköisyyttä ja määritettäessä kunnossapito- ja saneeraustoimenpiteiden kohdistamista (Laakso et al. 2022, s. 11). Laitoksella on hyvä olla selkeät linjaukset siitä, millaiset viat hoidetaan kunnossapitotoimilla, ja mitkä saneerauksella (Crabol et al. 2023, s. 26). Tehdyt toimenpiteet on myös syytä dokumentoida huolellisesti, jotta niiden aikana tehtyjä havaintoja ja toimenpiteitä voidaan hyödyntää myöhemmin.

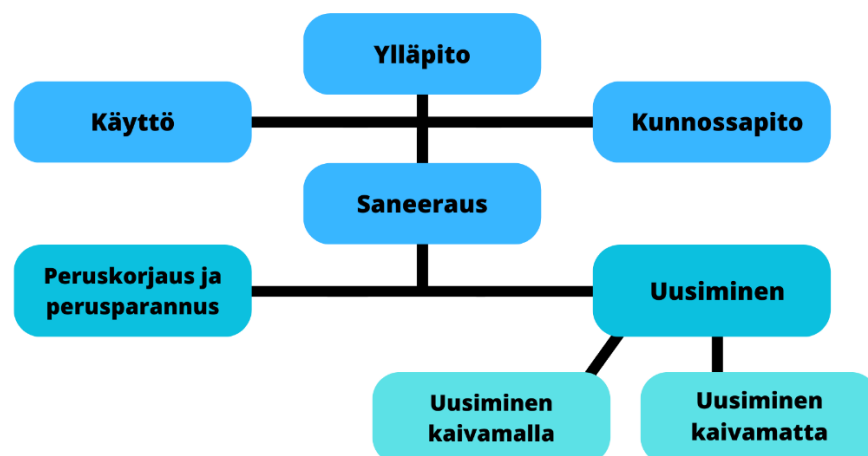
Eräs työkalu kunnossapidon ja saneerauksen riskiperustaisessa kohdistamisessa on saneeraustarveselvitys (Crabol et al. 2023, s. 20). Saneeraustarveselvityksessä kartoitetaan kuntotiedon perusteella verkoston osat, joiden käyttöikä on päättymässä, ja joille laitoksen pitäisi suunnitella kuntotutkimuksia tai kunnossapito- ja saneeraustoimenpiteitä. Saneeraustarveselvityksen yhteydessä verkosto-omaisuuden jälleenhankinta-arvosta tehtäviä laskelmia voidaan käyttää perustana toimenpiteiden alustavalle budjetille

vuosi- tai jopa vuosikymmentasolla. Tulevaisuudessa omaisuustiedon karttuessa voidaan myös hyödyntää 3D-malleja alueiden maanalaisesta infrastruktuurista (Soon et al. 2021).

5.2 Kunnossapito ja saneeraus

Kunnossapitotoimenpiteet ovat pistemäisiä toimenpiteitä, joilla korjataan yksittäinen vika putkessa (Suomen kaupunkiliitto 1991, s. 7). Kunnossapitotoimia ovat verkoston huoltotyöt, jotka eivät lisää merkittävästi verkoston toiminnallista tai taloudellista arvoa. Kunnossapidon seurauksena putken käyttöiän on syytä katsoa jatkuvan (Crabol et al. 2023, s. 22). Kunnossapito voidaan jakaa ennakoivaan ja reagoivaan kunnossapitoon (Crabol et al. 2023, s. 26). Reagoivalla kunnossapidolla tarkoitetaan äkillisiä huoltotoimenpiteitä, kuten akuutin vesijohtorikon korjaamista. Ennakoiva kunnossapito sisältää omaisuustiedon keräämistä ja verkoston ongelmien korjaamista ennen kuin ne aiheuttavat suurempia ongelmia. Vesijohtojen vauriot korjataan usein saneeraustoimenpiteillä (Karttunen et al. 2004, s. 658).

Saneeraustoimenpiteet voidaan jakaa kuvan 2 mukaisesti peruskorjaukseen, perusparannukseen ja uusimiseen (Suomen kaupunkiliitto 1991, s. 7). Peruskorjauksella tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla verkoston rakenteellista kuntoa parannetaan merkittävästi nykytilaa parempaan kuntoon, kuitenkin korkeintaan alkuperäistä vastaavaksi (Karttunen et al. 2004, s. 649). Perusparannuksella parannetaan merkittävästi verkoston rakenteellista kuntoa, mutta perusparannus voi sisältää myös verkoston toiminnallista kuntoa parantavia ratkaisuja, kuten paineolojen säätöä tai virtaamien tasausjärjestelyjä. Uusiminen tuottaa täysin uudenveroisen korvaavan rakenteen. Saneerauksen seurauksena putken käyttöiän voidaan katsoa olevan uuden materiaalin käyttöikä (Crabol et al. 2023, s. 22).



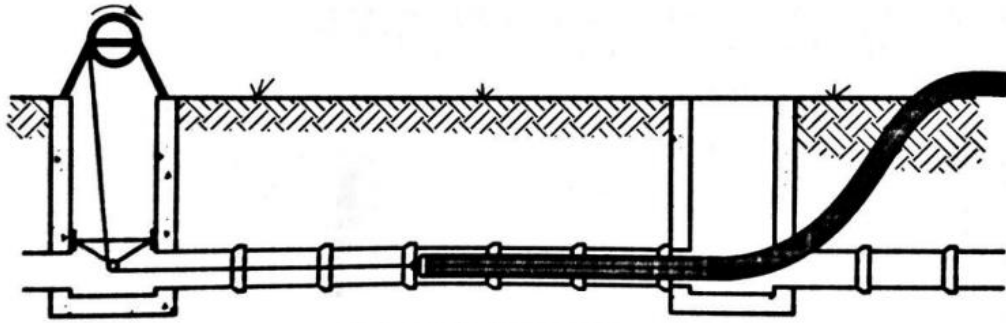
Kuva 2. Vesijohtoverkkojen ylläpito (mukaiillen lähteestä Karttunen et al. 2004, s. 648)

Saneerausta suunniteltaessa on syytä kiinnittää huomiota pelkän materiaaliturvallisuuden lisäksi myös materiaalien ja rakenteiden mahdollisimman pitkään käyttöikään sekä helppoon huollettavuuteen, korjattavuuteen ja vaihdettavuuteen (Kaunisto et al. 2008, s. 147). Materiaalivalinnoissa on myös syytä huomioida, että koko rakenteen käyttöikänsä heikoin materiaali määrittää kokonaisuuden käyttöiän.

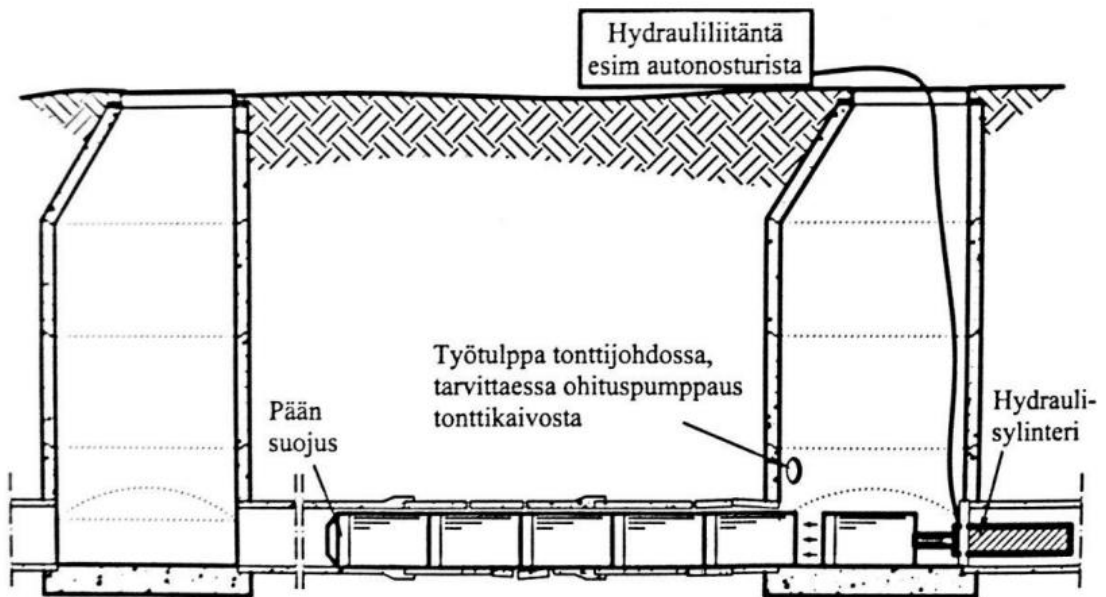
Verkostojen saneerausmenetelmän valintaan vaikuttavat tekniset ja taloudelliset tekijät, haitat ulkopuolisille sekä työllistämisenäkökohdat (Karttunen et al. 2004, s. 650). Keskeisiä teknisiä tekijöitä ovat saneerattavan putkiosuuden sortumat, painumisolosuhteet, puhdistustarve sekä sekaviemäröinnin vaihtaminen erillisviemäröintiin. Keskeisiä taloudellisia tekijöitä ovat muun muassa saneeraustyön kesto, saneerauksen jälkeiset kustannukset, olosuhteet kaivannossa ja johdon yläpuolella, sekä muut aktiviteetit saneerattavan johdon läheisyydessä. Saneerausmenetelmän valinnassa on huomioitava lisäksi mahdollinen saneerattavan johdon kapasiteetin lisäämisen tarve, sekä saneerauksesta aiheutuvat vedenjakeluhäiriöt (Suomen Kaupunkiliitto 1991, s. 27). Myös kunto-tieto on keskeisessä asemassa saneeraustarvetta arvioitaessa ja toimenpiteitä kohdistettaessa (Laakso et al. 2022, s. 11)

Saneerausmenetelmät voidaan jakaa kapasiteettia lisääviin ja kapasiteettia lisäämättömiin menetelmiin. Kapasiteettia lisäävällä menetelmällä ei kuitenkaan ole välttämätöntä lisätä kapasiteettia, mikäli se ei ole tarkoituksenmukaista sovelluskohteessa. Kapasiteettia lisäämättömiä menetelmiä ovat pitkäsuutus, pätkäsuutus, puristussuutus, sukka-suutus ja pinnoitus ruiskutettavalla aineella (Karttunen et al. 2004, s. 663–665). Kapasiteettia lisääviä menetelmiä ovat pakkosuutus ja mikrotunnelointi (Karttunen et al. 2004, s. 664–665) sekä perinteinen aukikaivaminen (Karttunen et al. 2004, s. 650).

Pitkäsuutuksessa saneerattavan putken sisälle vedetään kahden työkaivannon avulla uusi yhtenäinen putki kuvan 3 mukaisesti (Karttunen et al. 2004, s. 663–664). Pätkäsuutuksessa saneerattavaan putkeen työnnetään lyhyitä uusia putkia hydraulisynterin avulla kuvan 4 mukaisesti. Sujutettavat lyhyet putket yhdistyvät yhdeksi uudeksi putkeksi Pitkäsuutuksen tavoin pätkäsuutus vaatii kaksi työkaivantoa, sillä ensimmäisen suutusputken päähän asennettava päänsuojus täytyy poistaa verkostosta.



Kuva 3. Pitkäsujutus (Karttunen et al. 2004, s. 663)



Kuva 4. Pätksujutus (Karttunen, et al. 2004, s. 664)

Puristussujutus toimii kuten pitkäsujutus, mutta siinä sujutettavan putken halkaisijaa pienennetään sujutuksen ajaksi. Kun sujutettava putki on paikoillaan, sen halkaisija palautetaan alkuperäiseksi, jolloin putki asettuu tiukasti vanhaa putkea vasten (Karttunen et al. 2004, s. 664–665). Sukkasujutuksessa saneerattavaan putkeen työnnetään hartsilla kylästetty sukka, joka saadaan asettumaan saneerattavan putken seinämiä vasten ilmanvaihtoveden avulla. Sukkasujutusmenetelmiä on useita erilaisia, mutta ne eroavat toisistaan pääasiassa käytettävien sukka- ja kovetusainemateriaalien sekä työtapojen osalta (Suomen kaupunkiliitto 1991, s. 27). Kaikilla sujutustavoilla asennettava putki voidaan valmistaa monesta eri materiaalista. Putken pinnoituksessa ruiskutettavalla aineella putken sisäpinta päällystetään pääsääntöisesti betonilla (Karttunen et al. 2004, s. 665). Ennen pinnoitusta vanha putki on syytä puhdistaa huolella.

Aukikaivamisella tarkoitetaan saneerausmenetelmää, jossa putki kaivetaan kokonaan esiin, ja vanhan putken tilalle rakennetaan kokonaan uusi putki (Karttunen et al. 2004, s.

650–651). Kyseessä on siis uusimistoinen. Aukikaivaminen vaatii kaivutoimenpiteitä koko saneerauspiiriltä, minkä vuoksi saneeraaminen aukikaivamalla kuluttaa usein enemmän aikaa ja siten kasvattaa myös saneerauksen kokonaiskustannuksia (Karttunen et al. 2004, s. 650–651). Kuitenkin aukikaivamisen etuina voidaan nähdä mahdollisuus toteuttaa saneeraus yhdessä muiden saman alueen maanrakennushankkeiden kanssa, sekä tulevien ylläpitokustannusten melko hyvä ennakoitavuus. Johdokaivannon vaikeat olosuhteet työn toteuttamisen kannalta puoltavat kaivamattomien menetelmien käyttöä aukikaivamisen sijaan.

Pakkosujutus on sujutusmenetelmien käyttöaluetta laajentava toimenpide, sillä sujutusmenetelmistä vain pakkosujutuksella voidaan nostaa saneerattavan johdon kapasiteettia (Karttunen et al. 2004, s. 664). Pakkosujutus toimii kuten pitkä- tai pätkäsujutus, mutta siinä saneerattava putki murskataan sujutettavan putken edellä kulkevan putkimurskaimen avulla. Tämä mahdollistaa hieman suuremman putken asentamisen. Pakkosujutus on hyvä ratkaisu etenkin tilanteissa, joissa saneerattavan putken kapasiteettia halutaan kasvattaa, mutta aukikaivaminen ei ole teknisesti mahdollista, tai se on kustannuksiltaan huomattavan kallista (Suomen Kaupunkiliitto 1991, s. 27). Mikrotunneloinnin avulla voidaan asentaa uusi putki vanhan putken viereen tai muuhun haluttuun paikkaan (Karttunen et al. 2004, s. 665). Menetelmä perustuu ohjautuvan kärkikappaleen avulla tapahtuvaan kairaukseen. Kairauksen aikana kärkikappaleeseen on yhdistettynä työputki, joka korvataan uudella putkella vasta kärkikappaleen saavutettua kohteensa. Uusi putki saadaan asennettua samalla, kun kärkikappale ja työputki vedetään takaisin. Mikrotunnelointi soveltuu etenkin kohteisiin, joissa kaivamista on syytä välttää. Rakennettaessa uusi putki vanhan viereen, on usein mahdollista käyttää hyväksi jo olemassa olevia tukirakenteita (Suomen Kaupunkiliitto 1991, s. 27).

6. NYKYISTEN OMAISUUDENHALLINTAPROSESSIEN KEHITTÄMINEN

Aiemmissä luvuissa on käsitelty omaisuudenhallinnan teoriaa strategiselta tasolta operatiiviselle tasolle edeten. Tässä luvussa selvitetään omaisuudenhallinnan nykytilaa, ja tutkitaan mahdollisia kehityskohteita omaisuudenhallinnan saralla. Nykytilan tarkka tarkastelu rajoittuu HSY:n palvelualueelle. HSY:n tilanteen tarkastelussa on huomioitava, että suurilla laitoksilla omaisuudenhallinnan menettelyt ja etenkin omaisuustiedon kartuttaminen ovat hyvällä mallilla suhteessa pienempiin laitoksiin sekä infra-alaan yleensä (Juhola et al. 2014, s. 51).

6.1 Omaisuudenhallinnan nykytila

Vuonna 2017 laaditun vuoteen 2026 asti ulottuvan HSY:n vesihuollon kehittämissuunnitelman mukaan vuonna 2017 HSY:llä omaisuudenhallinta oli alkuvaiheillaan (Helsingin kaupunki 2017, s. 10–11). Strategisen tason omaisuudenhallintaohjelmaan verrattavissa oleva dokumentti oli pilottivaiheessa ja laajempi versio oli kehitteillä. Omaisuudenhallintasuunnitelmiin verrattavia dokumentteja löytyi, tosin niiden omaisuuseräkohtaisuudesta ei ole varmuutta. Toteuttamis- ja taloussuunnitelmat olivat laadittuna kolmen vuoden aikajaksolle. Myös pitkäaikaista taloussuunnittelua oli tehty kahdenkymmenen vuoden päähän asti.

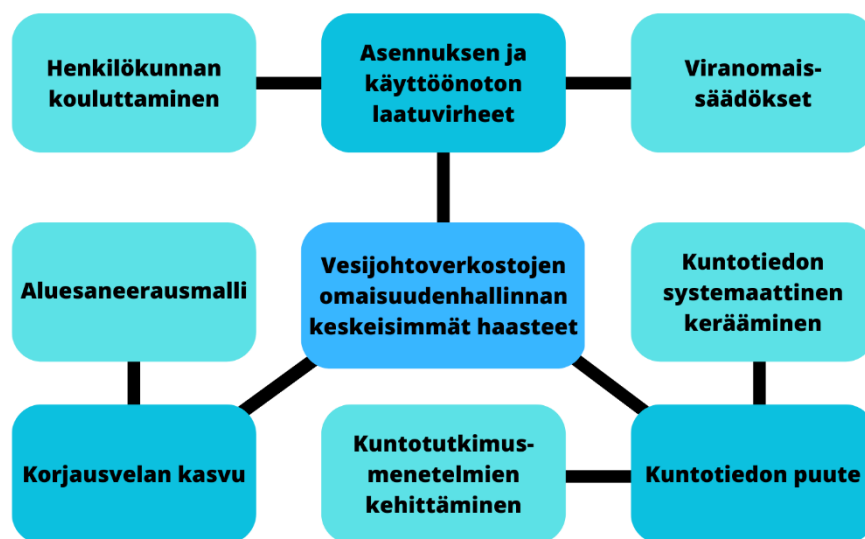
Vuonna 2017 kunnossapitoa ja saneerauksia toteutettiin ohjelmien mukaisesti omaisuuden elinkaariajattelu huomioiden (Helsingin kaupunki 2017, s. 25–28). Saneerauskohteiden valinnassa käytettiin kuntotutkimustietoja sekä kunnossapidon aikaisista havainnoista saatuja tietoja ja kohteet priorisoitiin yksinkertaista riskimatriisia hyödyntäen. Ennakoivan kunnossapidon lisäämiseen on pyritty ja uusia kuntotutkimusmenetelmiä on pilotoitu, mutta ne eivät vielä ole laajamittaisessa käytössä. Lisäksi HSY kehittää kuntotietojen hallintaa, saneeraustoimenpiteiden kohdistamista sekä erilaisia saneerausmenetelmiä. Myös urakoitsijan ja tilaajan väliseen kumppanuuteen perustuva aluesaneerausmalli oli pilottivaiheessa.

Vuonna 2021 laaditussa, vuoteen 2030 asti ulottuvassa HSY:n Vesihuollon kehittämissuunnitelmassa omaisuudenhallintaan liittyvät dokumentit olivat pysyneet pitkälti samankaltaisina siltä osin, kun niitä käsiteltiin (Helsingin kaupunki 2021, s. 14). Eroina vuoden 2017 suunnitelmaan olivat palvelutasojen merkityksen tunnistaminen, muuten kunnos-

sapidon, saneerausten ja kuntotutkimusten osalta politiikka vastasi vuoden 2017 politiikkaa (Helsingin kaupunki 2021, s. 31). Kuntotietoihin liittyvään tiedonhallintaan ja sen kehittämiseen HSY:llä on edelleen sitouduttu. Nykytilan tarkastelussa on syytä painottaa, että seuraavan kahden vuosikymmenen aikana suurempi osa vesijohtoverkostoista tulee saneerausikään Helsingissä ja muualla (Haapakoski 2014, s. 5). Tilannetta ei myöskään auta, että verkostojen saneerausmäärät ovat kroonisesti jäljessä saneeraustarpeen tasosta, vaikka verkostojen heikkenevä kunto on huomioitu jo vuosien ajan (Juhola et al. 2014, s. 14).

6.2 Omaisuudenhallinnan kehittäminen

Kuvan 5 keskeisimmät haasteet omaisuudenhallinnan saralla tulevat tutkimustiedon keräämisestä ja oikeasti tehokkaasta hyödyntämisestä sekä korjausvelan taittamiseen riittävien saneerausmäärien varmistamisesta samalla, kun käytettävissä olevat määrärahat eivät kasva samassa suhteessa (Juhola et al. 2014, s. 51). Nämä ovat myös omaisuudenhallinnan keskeisimmät haasteet aiempien lukujen perusteella, mutta niiden rinnalle nousivat myös laadulliset puutteet vesijohtojen asennuksessa ja käyttöönotossa, jotka aiheuttavat suurimman osan vesijohtovaurioista (Kaunisto et al. 2008, s. 119).



Kuva 5. Omaisuudenhallinnan keskeisimmät haasteet ratkaisuihin

Omaisuudenhallinnan kehittämisessä merkittävä haaste on toimivan omaisuudenhallintajärjestelmän laaja-alaisuus (Lehtinen et al. 2006, s. 76). Järjestelmä sisältää lukuisia teknisiä ja taloudellisia elementtejä (Luku 3). Vesihuoltolaitoksilla on korkea teknisen osaamisen taso suhteessa toiminnalliseen ja taloudelliseen osaamiseen. Vesihuoltolaitosten voisi siis olla syytä panostaa toiminnallisen ja taloudellisen osaamisen hankin-

taan. Omaisuudenhallintajärjestelmiin olisi hyvä integroida verkkotieto-, verkostoautomaatio ja mallinnusjärjestelmät (Haapakoski 2014, s. 4). Näiden järjestelmien avulla olisi mahdollista automatisoida merkittävä osa omaisuudenhallintatyöstä aina omaisuustiedon kartuttamisesta saneeraustoimenpiteisiin.

Vesihuoltolaitoksilla riskit ovat lähtökohtaisesti teknisiä riskejä ja ympäristöriskejä (Paavilainen 2019, s. 12). Omaisuudenhallintaprosessissa määriteltyjen palvelutasojen osalta on kuitenkin tunnistettavissa palvelutasoriskien ryhmä, joista esimerkkinä voi olla esimerkiksi tyytymätön sidosryhmä tai asiakas. Palvelutasoriskien määrittely ja hallinta olisikin syytä nostaa osaksi laitoksen riskienhallintaa, kun omaisuudenhallintaprosessit kehittyvät laitoksella. Omaisuudenhallintasuunnitelman tekeminen on helpoin tapa aloittaa systemaattinen ja jatkuva omaisuudenhallintaprosessin kehittäminen (Paavilainen 2019, s. 19).

Vesihuolto on yhä enemmän markkinavoimien ohjaama toimiala (Karttunen 2010, s. 101). Tämän vuoksi esimerkiksi hyvän omistajaohjauksen ja yritysmaailmastakin tuttujen strategisen, taktisen ja operatiivisen tason suunnitelmien merkityksen voidaan olettaa kasvavan. Vesihuoltolaitosten omistajaohjauksessa on hyvä kiinnittää huomiota omaisuudenhallinnan ja toiminnan tehokkuuteen, sillä vesihuoltolaitokset toimivat monopoliasemassa, eivätkä markkinat automaattisesti ohjaa monopoliasemassa toimivia tahoja tehokkaaseen toimintaan (Paavilainen 2019, s. 9). Tämän lisäksi omistajaohjausta tekevien tahojen, kuten kuntien, on syytä olla perillä vesihuoltolaitosten toimintaympäristöstä ja sen tulevista muutoksista.

Vaikka omaisuustietoa on jo kerätty laitoksilla (Juhola et al. 2014, s. 51), tulee omaisuustiedon systemaattista keräämistä ja päivittämistä edelleen jatkaa, vaikka omaisuustietojen kerääminen onkin työläs prosessi (Crabol et al. 2023, s. 13). Tarkoituksenmukaisesti kerätty ja säilytetty omaisuustieto helpottaa omaisuudenhallintaa huomattavasti. Koska omaisuustiedon kartuttaminen liittyy vahvasti verkoston kunnossapito- ja saneeraustoimenpiteisiin, verkoston kuntotiedon keräämisestä ja tallentamisesta on hyvä sopia jo urakka-asiakirjoissa.

Verkostojen käyttöikää voidaan parantaa kehittämällä lainsäädäntöä ja määräyksiä, asennuksen ja käyttöönoton laatua, veden teknistä laatua, verkostojen käyttöä ja kunnossapitoa, sekä niiden suunnittelua aina materiaalivalinnoista alkaen (Kaunisto et al. 2008, s. 147–151). Asennuksen ja käyttöönoton laatua voidaan todennäköisesti parantaa viranomaissäädöksien ja henkilöstön kouluttamisen avulla. Verkostojen komponenteissa ja rakenteissa käytetään yleensä useita eri materiaaleja (Kaunisto et al. 2008, s. 147–151). Käyttöiän parantamisessa pitäisi pyrkiä siihen, että pelkän putkimateriaalin

sijaan kaikki saman kohteen materiaalit kestäisivät vähintään koko rakenteen suunnittelun käyttöiän. Heikoin materiaali kuitenkin lopulta määrittää kokonaisuuden käyttöiän. Pitkältä aikaväliltä kerettyä tietoa eri materiaalien käyttöiästä erilaisissa olosuhteissa ei tällä hetkellä ole, vaan käyttöiän arviointi perustuu pitkälti asiantuntijoiden arvioihin (Kau-nisto et al. 2008, s. 136). Tietoperusteisen päätöksenteon tueksi voisi olla kannattavaa koostaa tutkimus materiaalien käyttöiästä eri olosuhteissa.

Vesijohtoverkoston ylläpidon kannalta on haasteellista, että urakoitsijat eivät usein ole kiinnostuneita pienistä urakoista, sillä niissä työmaan aloittamisesta aiheutuvat kustannukset ovat suuria verrattuna koko urakan hintaan (Karttunen 2010, s. 101). Tämä on etenkin pienten laitosten ongelma. Ongelman ratkaisuna voisi toimia aluesaneerausmalli (Aksela et al. 2014, s. 14). Aluesaneerausmallin ideana on tehostaa vesihuoltoverkoston saneerausten hankintaa ja toteutusta kokonaisvaltaisempaan suuntaan ja siten helpottaa korjausvelan taittamista. Aluesaneerausmallin merkittävin etu nykyiseen jokaisen urakan kilpailuttamiseen verrattuna on sen perustuminen aluekohtaiseen kumppanimalliin. Saneerausten toteuttajatahot edelleen kilpailutetaan, mutta urakoiden osaoptimoinnin sijaan valitaan kokonaisuutena edullisin tarjous huomioiden sekä hinta että laadulliset tekijät.

Kunnossapidon pitäisi myös keskittyä aiempaa enemmän ennakoivaan kunnossapitoon, sillä ennakoiva kunnossapito on usein halvempaa ja helpompaa kuin reagoiva kunnossapito (Crabol et al. 2023, s. 37). Esimerkiksi ennakoivaan kunnossapitoon kuuluvat tarkastukset osaltaan lisäävät käytön kustannuksia, mutta toisaalta vähentävät hätäkorjauksille käytettävää osuutta muutenkin tiukoilla olevista investointimäärärahoista. Tulevaisuuden taloushuolia voidaan myös helpottaa kehittämällä verkostojen hankintaprosessia (Crabol et al. 2023, s. 25). Suurin osa verkoston elinkaarikustannuksista muodostuu hankintavaiheessa, eli suunnittelussa ja rakentamisessa. Jos hankintavaihe onnistuu hyvin, verkoston elinkaarikustannukset ovat yleensä alhaisia, ja ne keskittyvät käyttöikänsä päässä oleviin putkilinjoihin.

7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Työssä käsiteltiin vesihuoltolaitosten omaisuudenhallinnan teoreettista pohjaa, sekä omaisuudenhallinnan nykytilaa vesijohtoverkoston näkökulmasta. Tavoitteena oli perehtyä vesihuoltolaitosten omaisuudenhallinnan teorian nykytilaan, sekä selvittää vesijohtoverkoston omaisuudenhallinnan keskeisimpiä haasteita, ja pohtia keinoja niiden ratkaisemiseksi.

Tulosten perusteella tutkimuksia ja niihin perustuvaa ohjeistusta omaisuudenhallinnan toteuttamiseen vesihuoltolaitosten eri omaisuuserille on hyvin saatavilla, ja ne käsittelevät omaisuudenhallintaa ja sen toteuttamiseen tarvittavia menetelmiä kattavasti strategisella, taktisella ja operatiivisella tasolla. Suomen vesihuoltolaitokset myös tunnistavat tarpeen omaisuudenhallinnalle ja ovat jalkauttaneet etenkin strategista omaisuudenhallintaa lähivuosina. Laitokset pyrkivät ohjaamaan kunnossapitoa ja saneerauksia riskiperusteisesti sekä pyrkivät lisäämään ennakoivan kunnossapidon osuutta kaikesta kunnossapidosta. Myös systemaattinen vesijohtoverkoston kuntotutkimus on pilottivaiheessa isoimmilla laitoksilla. Tiedon tehokkaaseen hyödyntämiseen ja tiedonhallintaprosessien kehitykseen liittyvä työ on alkuvaiheessa.

Suurimpia haasteita omaisuudenhallinnan saralla ovat omaisuustiedon kartuttaminen ja sen tehokas hyödyntäminen kunnonmallinnuksessa, sekä korjausvelan jatkuva kasvaminen. Lisäksi vesijohtojen asennuksen ja käyttöönoton laatuvirheet ovat merkittävä haaste vesijohtojen kunnonmallinnukselle ja käyttöiän parantamiselle. On myös pidettävä huoli, että pienemmilläkin laitoksilla on olemassa edellytykset omaisuudenhallinnan kehittämiseen.

Tiedon keräämisessä etenkin vesijohtojen suuri määrä ja laadullinen vaihtelu aiheuttavat haasteita yhdessä käytössä olevien kuntotutkimusmenetelmien hitauden ja soveltamisrajoitteiden kanssa. Tiedon tehokasta hyödyntämistä ja tiedolla johtamisen kehitystä rajoittaa etenkin niiden kannalta oleellisen kuntotiedon puuttuminen, kuntotiedon kartuttamiseen ja sen tehokkaaseen hallintaan tulisi siis panostaa lähivuosina merkittävästi. Myös nykyisin käytössä olevien sekä uusien kuntotutkimusmenetelmien kehittämiseen ja pilotointiin on syytä panostaa. Vesijohtoverkoston saneerausmäärien kasvattaminen korjausvelkaa taittavalle tasolle vaatii joko määrärahojen kasvattamista, tai uusien saneerausurakointitapojen pilotointia. Tällä hetkellä lupaavin ratkaisu korjausvelan taittamiseen on aluesaneerausmallin pilotoinnin ja kehittämisen jatkaminen. Vesijohtojen

asennuksen ja käyttöönoton laatua voidaan parantaa esimerkiksi viranomaissäädösten ja henkilökunnan osaamisen kehittämisen avulla.

Kuntotiedon kartuttamisen ja tehokkaan hyödyntämisen sekä saneerausprosessin tehostamisen lisäksi myös jatkuva kehittäminen on kriittinen osa omaisuudenhallintaprosessia. Vesihuoltolaitoksilla sen merkitys ei kuitenkaan ole niin suuri kuin pitäisi, esimerkiksi HSY:n vesihuollon kehittämissuunnitelmassa ei ole mainintaa omaisuudenhallintaprosessin ja sen menettelyiden jatkuvasta kehittämisestä. Vain panostamalla omaisuudenhallinnan jatkuvaan kehittämiseen voidaan taata parhaat mahdolliset lopputulokset.

LÄHTEET

- Aksela, K., Hyppönen, H. & Kaukonen, J. (2014). Vesihuollon aluesaneerausmallilla vesihuoltoverkoston korjausvelan taittamiseen. *Vesitalous* 2/2014 s. 14–16. Saatavissa (viitattu 20.3.2023): https://vesitalous.fi/wp-content/uploads/2014/03/VT1402_netti.pdf
- Colombo, A. & Karney, B.W. (2003). Pipe breaks and the role of leaks from an economic perspective. Saatavissa (viitattu 28.4.2023): <https://www.proquest.com/docview/1943127556?accountid=14242&parentSessionId=2lSwgNfXPk8fywSo2vxaimdPZ5XMKVWj6rjj8mckV7k%3D&pq-origsite=primo>
- Crabol, P., Huttunen, J., Lepistö, J., Pulkkinen, J., Ryyänen, A. & Savolainen, T. (2023). Vesihuoltolaitosten verkosto-omaisuudenhallinnan toteutusopas. Saatavissa (viitattu 4.4.2023): https://www.vvy.fi/site/assets/files/7459/vesihuoltolaitosten_verkosto-omaisuudenhallinnan_toteutusopas.pdf
- Haapakoski, T. (2014). Vesihuollon saneerausinvestointien strateginen ohjaus. *Vesitalous* 2/2014 s. 5–8. Saatavissa (viitattu 20.3.2023): https://vesitalous.fi/wp-content/uploads/2014/03/VT1402_netti.pdf
- Helsingin kaupunki (2017). Vesihuollon kehittämissuunnitelma 2017–2026. Saatavissa (viitattu 14.4.2023): https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/uutiset/vesihuollon_kehittamissuunnitelma_2017-2026.pdf
- Helsingin kaupunki (2021). Vesihuollon kehittämissuunnitelma 2021–2030. Saatavissa (viitattu 14.4.2023): https://www.hel.fi/hel2/ksv/liitteet/kuulutukset/2021/20210812_Raportti_Helsingin%20vesihuollon%20kehitt%C3%A4missuunnitelma%202021-2030_8.4.2021.pdf
- HSY (2022). Useita putkirikkoja Helsingin kantakaupungin alueella. Päivitetty 13.11.2022. Saatavissa (viitattu 15.2.2023): <https://www.hsy.fi/ymparistotieto/tiedotteet/useita-putkirikkoja-helsingin-kantakaupungin-alueella/>
- JHS 179 (2017). Kokonaisarkkitehtuurin suunnittelu ja kehittäminen. Saatavissa (viitattu 27.4.2023): <https://www.suomidigi.fi/ohjeet-ja-tuki/jhs-suositukset/jhs-179-kokonaisarkkitehtuurin-suunnittelu-ja-kehittaminen>
- Juhola, P., Kaija, J. & Sahlakari, J. (2014). Kolme näkökulmaa verkostojen saneeraamiseen. *Vesitalous* 2/2014 s. 51. Saatavissa (viitattu 20.3.2023): https://vesitalous.fi/wp-content/uploads/2014/03/VT1402_netti.pdf

Laakso, T., Magi, V., Mattila, K. & Metsävuori, J. (2022). Vesijohtojen kunnan tutkiminen. Saatavissa (viitattu 3.4.2023): https://www.vvy.fi/site/assets/files/6898/vesijohtojen_kunnan_tutkiminen_09082022.pdf

Lehtinen, E., Räikkönen, M. & Väälisalo, T. (2006). Asset Management vesihuollossa. Saatavissa (viitattu 3.4.2023): <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/workingpapers/2006/W61.pdf>

Kaunisto, T., Keinänen-Toivola M., Kekki, T. & Luntamo, M. (2008). Vesijohtomateriaalien vauriot ja käyttöikä Suomessa. Saatavissa (viitattu 5.4.2023): <https://www.samk.fi/wp-content/uploads/2016/06/Vesijohtomateriaalien-vauriot-ja-k%C3%A4ytt%C3%B6ik%C3%A4-Suomessa.pdf>

Maa- ja metsätalousministeriö (2022). Vesihuoltouudistus, Toimenpidesuunnitelma (tiivistelmä). Päivitetty 22.2.2022. Saatavissa (viitattu: 28.2.2023): https://mmm.fi/documents/1410837/6164691/Toimeenpanosuunnitelma+220222_poiminta.pdf/

Karttunen, E. (2010). RIL 237-1-2010 Vesihuoltoverkkojen suunnittelu 1, Perusteet ja toiminnallisuus. Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 173 s.

Karttunen, E., Tuhkanen, T. & Kiuru, H. (2004). RIL 124-2 Vesihuolto II. Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 665 s.

Paavilainen, J. (2019). Vesihuoltolaitoksen omaisuudenhallinnan käsikirja. Saatavissa (viitattu 29.3.2023): https://www.vvy.fi/site/assets/files/2945/vesihuoltolaitoksen_omaisuudenhallinnan_kasikirja2019.pdf

Soon, K.H., Van Son, R. & Yan, J. (2021). From underground utility survey to land administration: An underground utility 3D data model. Saatavissa (viitattu 28.4.2023): <https://www-sciencedirect-com.libproxy.tuni.fi/science/article/pii/S0264837720326053?via%3Dihub>

Suomen Kaupunkiliitto (1991). Vesijohtojen ja viemäreiden saneerauksen suunnittelu. Suomen kaupunkiliitto. 40 s.

Sweco Ympäristö Oy (2020). Vesihuoltolaitosten kulut ja tulot. Saatavissa (viitattu 27.4.2023): <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/180017/Raportteja%2042%202020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vesihuoltolaki, L 119/2001 (2001). Ympäristöministeriö. Saatavissa (viitattu 10.4.2023): <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119#L1P1>