



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

**Vesihuoltoverkoston johtokarttamittaukset – Oulun Vesi -
liikelaitoksen verkoston mittausprosessin kehittäminen**

Matti Lehtoniemi

Ympäristötekniikka

Diplomityö

Elokuu 2021

TIIVISTELMÄ

Vesihuoltoverkostojen johtokarttamittaukset – Oulun Vesi -liikelaitoksen verkostojen mittausprosessin kehittäminen

Matti Lehtoniemi

Oulun yliopisto, Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma

Diplomityö 2021, 69 s. + 4 liitettä

Työn ohjaajat yliopistolla: Pekka Rossi ja Anne Tuomela

Verkosto-omaisuus on usein vesihuoltolaitosten suurin omaisuuserä, ja oikeellinen sijaintitieto on ensiarvoisen tärkeää vesihuoltoverkostojen elinkaaren ja toimivuuden kannalta vesihuoltolaitoksen toiminnassa: suunnittelussa, rakennuttamisessa ja ylläpidossa. Mitattu paikkatieto ja verkostokartta toimii pohjana suunnitelmien lähtötiedoissa, jolloin rakentamisvaiheessa virheellinen tai puutteellinen tieto aiheuttaa lisätöitä, suunnitelmamuutoksia ja lisää hankkeiden kustannuksia. Tämän diplomityön tavoitteena oli tarkastella verkostojen sijaintitiedon merkitystä omaisuudenhallinnan näkökulmasta ja kehittää Oulun Veden johtokarttamittausprosessia. Työn päätarkoituksena oli kartoittaa vesihuollon johtokarttamittausten ongelmakohdat ja kehitysideat, selvittää kaivinkoneen koneohjauksella tehtävien mittausten soveltuvuus vesihuollon tarkemittauksissa ja päivittää Oulun Veden mittausohje.

Työ toteutettiin haastattelututkimuksina haastatteleamalla Oulun Veden suunnittelu- ja rakennuttamistiimiä, seitsemää vesihuoltolaitosta, seitsemää vesihuoltoalan urakoitsijaa ja maanrakennus- ja mittausalan sidosryhmiä. Työssä myös vertailtiin haastateltujen vesihuoltolaitosten mittausohjeita ja kerättiin eri näkökulmista kehitysideoita ja hyväksi havaittuja käytäntöjä johtokarttamittausprosessiin. Työn tulosten perusteella Oulun Vedelle laadittiin uusi mittausohje urakoitsijoille urakka-asiakirjojen liitteeksi, mikä toimii mittauskäytäntöjen keskeisimpänä määrittävänä tekijänä. Lisäksi mittausohjeen muutoksista saatiin työn aikana käytännönpalautetta koeurakkakohteesta. Haastatteluiden tuloksia ja Oulun Veden päivitettyä mittausohjetta voidaan hyödyntää vesihuoltolaitosten mittauskäytäntöjen yhdenmukaistamiseen ja mittausprosessin kehittämiseen.

Asiasanat: vesihuolto, omaisuudenhallinta, rakennuttaminen, johtokartta, tarkemittaus

ABSTRACT

Water supply and sewage network maps – Enhancing the surveying process for Oulu city water utility

Matti Lehtoniemi

University of Oulu, Environmental Engineering

Master's thesis 2021, 69 pp. + 4 Appendixes

Supervisors at the university: Pekka Rossi and Anne Tuomela

Water supply and sewage networks are often the largest asset of water utilities, and correct geospatial information of the networks are essential to asset management and operations of the utilities: design, construction and maintenance. Measured geospatial information and the network maps serve as a basis for network construction plans and during the construction phase incorrect or incomplete information can cause additional work, changes to the plans and increase costs of projects. The aim of this thesis was to examine significance of the geospatial information from the perspective of asset management and to improve measurement process for Oulu city Water utility. The main goal of this work was to sort out possible problem areas and collect improvement ideas to the process, examine suitability and accuracy of excavator-controlled surveying of water supply and update Oulu Water utility surveying instructions.

The work was implemented as interview studies by interviewing Oulu Water utility design and construction teams, seven other water utilities from Finland, seven civil engineering contractors and surveying companies. The work compared other surveying instructions and collected improvement ideas and good practices from different perspectives to the surveying process. Based on the results of the interviews, the surveying guide was updated for contractors as an appendix to contract documents. The guide determines water supply surveying practices. In addition, a test site during the work provided practical feedback from the changes of the surveying instructions. The results of the interviews and updated surveying guidelines can be utilized to harmonize surveying practices of water utilities and to improve the surveying process of water supply.

Keywords: water supply, asset management, construction, mapping, surveying

ALKUSANAT

Tämän diplomityön päätarkoituksena oli kartoittaa vesihuollon johtokarttamittausten ongelmakohdat ja kehitysideoita, kehittää Oulun Veden johtokarttamittausprosessia ja selvittää kaivinkoneen koneohjauksella tehtävien mittausten soveltuvuus vesihuollon tarkemittauksissa. Työn aihe oli mielenkiintoinen, koska puuttelliset johtokarttamittaukset olivat usein tapetilla urakoiden vastaanottokokouksissa toimiessani rakennuttajaharjoittelijana Oulun Vedellä työntäyteisinä kesinä 2016-2019. Työn tekeminen alkoi poikkeuksellisenä keväänä 2020 etätyönä taustamateriaaleihin tutustumisella ja jatkui kesän vesihuoltolaitosten haastatteluiden merkeissä. Haastattelut laajenivat urakoitsijoiden ja sidosryhmien näkökulmien ja kehitysideoiden selvitykseen mittausohjeesta ja -käytännöistä. Mittausohjeen päivittäminen muodostui mittausprosessin kehittämisen avaintekijäksi ja työ venyi yli alkuperäisen aikataulun, kun mittausohjeesta pyrittiin muodostamaan kaikkien osapuolten kannalta toimivin kokonaisuus. Työtä viimeisteltiin pitkään keväällä 2021 ja päivitetty mittausohje saatiin käyttöön Oulun Veden 2021 vesihuoltourakoihin.

Työn ohjaajina toimivat Pekka Rossi ja Anne Tuomela Oulun yliopistolta ja Hanna Sandqvist ja Antti Hekkala Oulun Vedeltä. Kiitokset työnantajilleni Lapin Kuljetukselle, Napapiirin Vedelle ja Oulun Vedelle, jotka ovat kannustaneet ja innostaneet minua vesihuoltoalalle. Erityiskiitos Oulun Veden suunnittelu- ja rakennuttamistiimille työhuumoristanne ja asiantuntijuudestanne, mitä toivottavasti tarttui myös minuun rakennuttajaharjoittelijavuosiini aikana. Lisäksi haluan kiittää kaikkia työni haastatteluihin osallistuneita henkilöitä sekä apurahoittajia Vesilaitosyhdistystä ja Maa- ja vesitekniikan tuki ry:tä.

Helsingissä, 08.08.2021 Matti Lehtoniemi

SISÄLLYSLUETTELO

1 Johdanto	6
2 Teoria	7
2.1 Yleistä vesihuoltoverkostoista	7
2.2 Verkostojen elinkaari ja omaisuudenhallinta	9
2.3 Rakennuttaminen ja laadunvarmistus	13
2.4 Geodesia ja mittaustekniikat	16
2.4.1 Satelliittimittaus	17
2.4.2 Takymetrimittaus	19
2.4.3 Kaivinkoneen koneohjaus	19
2.4.4 Kalibrointi ja mittaustarkkuus	23
2.5 Inframallinnus	26
2.6 Verkkotietojärjestelmä ja vesihuollon kartoitus	29
3 Tutkimusmenetelmät	33
3.1 Tutkimuksen tausta – Oulun Veden nykyinen mittausprosessi	33
3.2 Oulun Veden suunnittelu- ja rakennuttamistiimin haastattelut	37
3.3 Vesihuoltolaitosten haastattelut	38
3.4 Urakoitsijoiden ja sidosryhmien haastattelut	39
3.5 Koeurakkakohde	40
4 Tutkimustulokset	42
4.1 Havaitut ongelmakohdat mittausprosessissa	42
4.2 Mittausohjeen laatiminen ja mittausprosessin kehittäminen	44
4.3 Jatkokehitysideoita	65
5 Johtopäätökset ja yhteenveto	67
LÄHDELUETTELO	69

LIITTEET:

Liite 1: Haastattelurunko vesihuoltolaitoksille

Liite 2: Haastattelurunko urakoitsijoille

Liite 3: Haastattelurunko sidosryhmille

Liite 4: Oulun Veden päivitetty mittausohje 2021

1 JOHDANTO

Tämän diplomityön tavoitteena oli tarkastella verkostojen sijaintitiedon merkitystä omaisuudenhallinnan näkökulmasta ja kehittää Oulun Veden vesihuoltoverkostojen johtokarttamittausprosessia. Verkosto-omaisuus on usein vesihuoltolaitosten suurin omaisuuserä, ja oikeellinen sijaintitieto on ensiarvoisen tärkeää verkostojen elinkaaren ja toimivuuden kannalta. Johtokarttamittauksista saatu vesihuollon verkostojen sijaintitieto siirretään verkkotietojärjestelmään, joka on avaintyökalu verkostojen suunnittelussa, rakennuttamisessa ja ylläpidossa, missä virheellinen sijaintitieto aiheuttaa vesihuoltolaitoksille lisäkustannuksia kaikilla edellä mainituilla osa-alueilla. Työssä käsitellään vesihuollon johtokarttamittausprosessin vaiheet mittausten suorittamisesta mittausdatan verkkotietojärjestelmään viemiseen asti, mutta verkkotietojärjestelmien kehittäminen rajautui työstä pois. Aihe valikoitui, kun Oulun Vedelle toimitettavan mittausaineiston laadussa oli havaittu vaihtelevuutta ja toimituksessa ongelmia, mikä kuormittaa tiedon viemistä verkkotietojärjestelmään. Mittausaineiston oikeellisuus ja luotettavuus kyseenalaistuu ongelmatilanteissa, kun johtokarttamittaukset eivät ole järjestelmällistä ja mittaustarkkuudeltaan tasalaatuista.

Johtokarttamittauksissa havaittujen ongelmakohtien ratkaisemiseksi työssä vertailtiin eri vesihuoltolaitosten mittausohjeita ja -käytäntöjä ja haastateltiin vesihuoltolaitoksia ja mittausprosessin sidosryhmiä. Tarkoituksena oli löytää vesihuollon johtokarttamittauksien ongelmakohdat eri näkökulmista, kerätä kehitysideoita ja hyväksyä havaittuja käytäntöjä mittausprosessiin, selvittää kaivinkoneen koneohjauksella tehtävien tarkemittausten mittaustarkkuus ja luotettavuus sekä päivittää Oulun Veden mittausohje. Mittausohjeen päivittämisellä pyrittiin vähentämään vesihuollon kartoituksen manuaalista työtä, määrittämään johtokarttamittauksien mittaustarkkuus ja sujuvoittamaan mittausprosessia. Päivitetyn mittausohjeen- ja käytäntöjen toimivuudesta saatiin myös käytännönpalautetta koeurakkakohteesta työn lopuksi. Mittauskäytäntöjen yhdenmukaistaminen on ajankohtainen aihe vesihuoltoalalla ja tämän työn tuloksia voidaan käyttää yhdessä Vesilaitosyhdistyksen rahoittaman hankkeen ”Vesihuollon tarkemittaus- ja dokumentointiohje” kanssa, joka on osa laajempaa vesihuoltoverkostojen elinkaaren tutkimustoimintaa ja ohjeistustarpeita käsittelevää kokonaisuutta. Tämän diplomityön haastatteluiden tuloksia ja päivitettyä mittausohjetta voidaan hyödyntää myös yksittäisten vesihuoltolaitosten mittausprosessin kehittämiseen.

2 TEORIA

2.1 Yleistä vesihuoltoverkostoista

Vesihuollon tavoitteena on taata korkealaatuisen talousveden saatavuus, asianmukainen ja toimiva viemäröinti ja jätevesien puhdistus. Vesihuollon järjestämisestä, ylläpidosta ja edistämisestä vastaavat useat toimijat: Kiinteistön omistajat tai haltijat vastaavat kiinteistöjensä vesihuollosta. Vesihuoltolaitokset vastaavat toiminta-alueensa vesihuollon järjestämisestä. Kunnat vastaavat vesihuollon yleisestä kehittämisestä ja järjestämisestä. Kuntien terveydensuojeluviranomaiset valvovat talousveden laatua. Kuntien ympäristönsuojeluviranomaiset valvovat jätevesien käsittelyä ja ympäristön tilaa. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset (ELY-keskukset) vastaavat vesihuollon kehittämisestä, suunnittelun ohjauksesta, rahoitustuen suuntaamisesta ja osaltaan vesihuollon valvonnasta. ELY-keskukset ohjaavat alueellisten vesihuollon yleissuunnitelmien sekä kuntien vesihuollon kehittämissuunnitelmien laadintaa ja voivat myöntää tukea vesihuoltoinvestointeihin, pohjavesitutkimuksiin sekä muihin vesihuoltoon palveleviin selvityksiin. Suomen ympäristökeskus SYKE tekee alan soveltavaa tutkimusta sekä tuottaa vesihuollon julkaisuja, oppaita, esitteitä ja muita tietopalveluja. Maa- ja metsätalousministeriö ja ympäristöministeriö vastaavat mm. toiminnan strategisesta suunnittelusta, lainsäädännön valmistelusta sekä ELY-keskusten ja SYKE:n ohjauksesta. Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö määrää talousveden laadusta ja antaa asetukset talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. (Maa- ja metsätalousministeriö, 2015)

Vesihuoltotekniikka on suurimmaksi osaksi veden siirtoa luonnonympäristöstä yhdyskunnan käyttöön ja sieltä takaisin luonnonympäristöön. Suurin osa vesihuoltolaitoksen rakennuskustannuksista aiheutuu veden siirtoon ja jakeluun sekä jätevesien johtamiseen tarkoitetuista rakenteista eli vesihuoltoverkoista. Vedenjakelujärjestelmään luetaan kuuluvaksi vesijohtoverkot varusteineen, pumppaamot ja vesisäiliöt. Jakeluverkon varusteisiin kuuluvat putket, venttiilit, palopostit, vesipostit, paineenalennus- ja korotusasemat. Vedenjakelujärjestelmän tulee pystyä välittämään tarvittava talousvesi kuntakohtaisten hyväksytyin mitoitusperustein ja veden laadun ehdoin. Toimintavarmuus pyritään saamaan mahdollisimman hyväksi tekniset ja taloudelliset olosuhteet huomioon ottaen. (Karttunen, 2004)

Viemärlaitoksen (yleensä vesihuoltolaitoksen) tehtävänä on huolehtia jätevesien kokoamisesta, niiden johtamisesta jätevedenpuhdistamolle sekä puhdistaa jätevesi ja purkaa se vesistöön. Ympäristölle mukaan luettuna ihmisille ei saa aiheutua tarpeettomia haittoja. Erillisviemäroinnissä jätevesi johdetaan omassa putkiviemärissään ja hulevesi omassa erillisessä putkistossaan tai avoviemäreissä. Viemäriverkon tavallinen toimintatapa perustuu putken kaltevuudesta aiheutuvaan virtaukseen eli painovoiman aikaansaamaan veden liikkeeseen. Pumpppaukseen perustuvia järjestelmiä käytetään, jos maasto tai kaavoitus ei tue viettoviemäriin rakentamista. Viemäriverkkoa mitoitetaan virtaamien arvioinnin ja simuloinnin perusteella. (Karttunen, 2004)

Jos vesi- ja viemärijohdot on tarkoitus rakentaa yhdellä kertaa, niin ne suunnitellaan ja rakennetaan yleensä yhteiseen kaivantoon vesijohtoverkon seurattessa mahdollisimman paljon viemäriinjoja. Vesijohtoverkko pyritään rakentamaan kiertojärjestelmänä, jossa on mahdollisimman vähän umpiperiä. Kiertojärjestelmässä suurimmassa osassa verkkoa vesi tulee kahdesta suunnasta ja sulkuventtiilein voidaan korjaamis- ja huoltotöissä rajata vedenjakeluhäiriöt suppeammalle alueelle. Jakelujohtoihin tulisikin suunnitella risteyskohtiin riittävä määrä sulkuventtiilejä ja lisäksi kaikki tonttijohdot varustaa tonttiventtiilein. Vesijohtoverkon yleisrakenne hahmotellaan ennen johtojen mitoitusta. Yleisen vesijohdon tulee asemakaava-alueella sijaita tasapuolisesti kiinteistöjen välittömässä läheisyydessä. Vesijohto tulee pyrkiä asentamaan roudattomaan syvyyteen. (Karttunen, 2004)

Vesihuolto rakennetaan alueelle, missä yleensä on muitakin maanalaisia johtoja ja kaapeleita, joiden kaikkien sijainti on kartoitettava. Viemäreiden käyttöikä on hyvin pitkä, joten niiden rakentamisessa kannattaa käyttää mahdollisimman hyviä putkimateriaaleja ja viemärointitarvikkeita, etenkin kun tarvikkeet muodostavat viemäriin suurista rakentamiskustannuksista vain suhteellisen pienen osan. Viemäriin asianmukaiselle toiminnalle on oleellista putken tasainen kaltevuus. Ennen viemäreiden käyttöönottoa suoritetaan viettoviemäriinjojen suoruuden tarkastus ja viemäriin tiiveyden tutkiminen. Vesihuoltoverkostoisiin kohdistuva saneeraustoiminnan jatkuvasti kasvaessa on erilaisten saneeraukseen liittyvien ohjeiden tarve käynyt entistä suuremmaksi. Putkiverkon ja sen erikoisrakenteiden kunnossapito edellyttää säännöllistä huoltoa, tarkkailua ja vikojen korjausta. (Karttunen, 2004)

Vesijohtoputkina käytetään suunnitelma-asiakirjojen vaatimusten mukaisia uusia, laadultaan hyviä ja jatkuvan laadunvalvonnan piirissä olevien valmistajien putkia, putkiyhteitä, laitteita ja tarvikkeita. Vesijohtoputkien on oltava materiaaleiltaan sellaisia, että käyttöön otettavassa vesijohdossa veden laatu säilyy veden hygieenisyyden ja muun laadun suhteen viranomaisvaatimukset täyttävänä. Rakennettu johto-osuus tulee huuhdella ennen painekoetta ja mahdollista desinfiointia. Kaikille vesijohdoille tehdään painekoe standardin SFS 3115 mukaisesti ja painekokeesta laaditaan pöytäkirja. Vesijohtoputken materiaali tulee olla maaperä- ja ympäristöolosuhteisiin soveltuvaa. Asennetun putkilinjan tulee olla suora, eikä liitoksissa saa olla kulmapoikkeamaa. Putket asennetaan siten, että ne suorana tukeutuvat koko pituudeltaan tiivistettyyn tasauskerrokseen tai muuhun maa-alustaan. Vesijohdon sijainti todetaan työn aikana tehtävien tarkemittausten avulla. Mittaustiedot tallennetaan x-, y-, z-tietoina tilaajan kanssa sovitussa tiedostomuodossa. Rakenteita ei peitetä ennen kuin mittaukset tarkepiirustusten tai johtokarttojen laatimista varten on tehty. Valmiissa vesijohdoissa sallitaan sijaintipoikkeamat (vesijohdon sijainti vaakatasossa $\pm 0,1$ m ja vesijohdon korkeusasema $\pm 0,1$ m), jos ne eivät haittaa putken rakenteen toimivuutta tai johtohaarojen rakentamista. (Rakennustieto, 2009)

2.2 Verkostojen elinkaari ja omaisuudenhallinta

Suomen vesihuolto on hyvällä tasolla ja suomalainen vesijohtovesi on laadultaan EU-maiden kärkitasoa. Verkostojen rapistuminen ja kasvava saneeraustarve lisäävät kuitenkin huolta vesihuollon toimintavarmuudesta ja laadusta tulevaisuudessa. Viemäriverkostoista 12 % ja vesijohtoverkoista 6 % on erittäin huonossa kunnossa. Vesihuolto-omaisuuden hallintaa on parannettava merkittävästi sekä panostettava jatkossa verkostojen riittävään ja hallittuun saneeraukseen. Suurin osa vesijohto- ja viemäriverkoista on rakennettu 1960–1980-luvuilla, ja suurimmissa kaupungeissa osa verkosta on jopa yli sata vuotta vanhaa. Saneeraustarve kasvaa voimakkaasti tulevina vuosina erityisesti pienemmissä ja maaseutumaisissa kunnissa. Lisääntyvää saneeraustarvetta ja korjausvelkaa on vaikea hallita ilman kunnollisia omaisuudenhallinnan työkaluja. Vesihuoltoon liittyen kerätään valtavasti tietoa, mutta sen hyödyntäminen ei kaikilta osin ole tehokasta. Digitalisaation hyödyntäminen ja älykkäät ratkaisut ovat yleistymässä, mutta niitä on toistaiseksi käytössä vain osalla vesihuoltolaitoksilla. (Suomen rakennusinsinöörien liitto, 2019)

Korjausvelka tarkoittaa sitä rahamääräistä arvoa, joka tarvitaan omaisuuserän palauttamiseksi kohtuulliseen kuntoon tai sille asetettuun palvelutasotavoitteisiin liittyvään suorituskyytasoon. Suorituskyytaso tarkoittaa käytännössä kullekin omaisuuserälle määritettävää optimikuntotaso, joka perustuu omaisuudelle asetettuihin teknisiin palvelutasotavoitteisiin. Korjausvastuu tarkoittaa sitä rahamääräistä arvoa, joka tarvitaan omaisuuserän palauttamiseksi uutta vastaavaksi. (Vesilaitosyhdistys, 2019)

Veden ja vesihuolto-omaisuuden merkitys elämälle ja hyvinvoinnille on ratkaisevan tärkeää ja tulee kasvamaan entisestään tulevaisuudessa. Vesihuolto-omaisuuden määrä, monimuotoisuus ja pitkäikäisyys sekä uudistuvuus edellyttävät niihin liittyvien strategisten ja operatiivisten toimintojen tietämystä ja omaisuudenhallinta perustuu koko elinkaaren arvon ja kustannusten muodostumisen ymmärtämiseen. Omaisuudenhallinta on systemaattinen prosessi, jolla ohjataan niin suunnittelua, hankintaa, kunnossapitoa, käyttöä, uudistamista, omaisuudesta luopumista sekä taloutta ja omaisuuteen liittyvää tiedonhallintaa. Omaisuudenhallinnan tavoitteena on maksimoida omaisuuden mahdollistama palvelu ja tuotettu arvo, sekä hallita kestävästi siihen liittyviä riskejä ja kustannuksia koko elinkaaren ajan. Tieto omaisuudesta sekä arvio sen kunnosta ja suorituskyyvystä ovat kriittisiä omaisuudenhallinnan toimenpiteiden valinnassa, jotka ovat omaisuuteen liittyviä prosesseja ja työkaluja (kuten johtokarttamittaus). (Vesilaitosyhdistys, 2019)

Vesihuoltolaitoksen tulee omata riittävät tiedot toimintaympäristöstä, omaisuudenhallinnan tavoitteista ja toiminnoista sekä hankkia sopivan tarkka dokumentoitu tieto nykyisestä omaisuudesta. Omaisuudenhallinnan roolit ja vastuut sekä niihin liittyvät tavoitteet sekä riskit tulee olla selvillä ja dokumentoitu. Vesihuoltolaitoksella tulee olla omaisuustietojärjestelmä, jossa on perustieto omaisuuseristä (kuten verkoston tyyppi, sijainti, ominaisuus, ikä, määrät ja kustannukset). Riittävä tieto omaisuuden arvon määrittämiseksi täytyy olla dokumentoitu ja tietää myös omaisuuserien korvaamisen kustannukset. Käsitys arvosta vaihtelee vesihuoltolaitoksen ja sen sidosryhmien osalta. Arvon muodostus voi olla omaisuudesta ja sen kautta tuotetuista palveluista saatavaa rahamääräistä arvoa, toimintaa ohjaavia periaatteita tai omaisuuden arvoa. Päätöksenteossa tulisi ottaa huomioon kaikki näkökulmat ja tasapainottaa ne suhteessa omaisuuden elinkaarikustannusten optimointiin. Vesihuoltolaitoksen ylimmän hallinnollisen johdon tulee sitoutua omaisuudenhallintaan ja sen kehittämiseen organisaation tavoitteiden mukaisesti. (Vesilaitosyhdistys, 2019)

OmaisuuDENhallinnassa keskeisiä käsitteitä ovat omaisuuden kriittisyysaste ja riskien määrittely. Kriittinen omaisuus määritellään kriittiseksi määriteltyjen palveluiden järjestämiseen tarvittavaksi omaisuudeksi, ja jonka toimivuus, saatavuus ja käytettävyyS on turvattava toimivuuden vuoksi kaikissa olosuhteissa. Keskeinen omaisuus on peruspalveluiksi määriteltyjen palveluiden järjestämiseksi tarvittava omaisuus ja niiden muutokset vaikuttavat merkittävästi verkoston toimintaan. Muun omaisuuden merkitys toimivuudelle ei ole keskeistä ja arvo on melko vähäinen, mutta tulee huomioida omaisuudenhallinnassa. Riskienhallinnan menettelyt pitävät sisällään riskien tunnistamisen, arvioinnin ja luokittelun, ehkäisyn ja seurannan. Vesihuoltolaitoksen riskienhallinnan menettelyt tulisi liittää osaksi omaisuudenhallintajärjestelmää. (Vesilaitosyhdistys, 2019)

Vesihuollon tulee tarjota luotettavasti riittävä määrä puhdasta talousvettä ja puhdistaa se käytön jälkeen ympäristöhaitat minimoiden. Vesihuoltolaitokset tarvitsevat verkostoaan koskevaa systemaattisesti kerättyä tietoa, sen analysointia ja yhdistelyä arvioidakseen häiriöalttiutta ja riskejä sekä ennakoidakseen verkoston elinkaarta. Teknisenä kriteerinä keStävälle vesihuollolle on järjestelmien toimintavarmuus, jolla taataan turvallinen ja jatkuva palvelu myös poikkeustilanteissa. Vesihuollon kaikki vaiheet raakaveden otosta aina käsiteltyyn jäteveden purkuun on myös toteutettava ympäristön kannalta keStävästi. Tällä hetkellä monilla vesihuoltolaitoksilla on vesihuoltoverkostojensa kunnosta vain epämääräinen käsitys. Saneerausten suunnittelun ja ajoituksen sekä palveluiden kehittämisen kannalta on välttämätöntä saattaa järjestelmiä koskeva tietopohja kuntoon ja laajasti käyttöön. Järjestelmät kehittyvät jatkuvasti, jolloin vesihuoltolaitosten tulee seurata kehitystä ja ottaa käyttöön toimintaa tukevaa uutta tietoa. (Valtioneuvoston kanslia, 2018)

Verkostojen osat, kuten putket ja venttiilit, ovat näkymättömissä maan alla, mikä tekee saneeraustarpeen arvioinnin hankalaksi. Arviointi täytyykin tehdä epäsuorasti erilaisten dokumentoitujen tietojen pohjalta. Vesihuoltolaitosten käytännöissä dokumentoida verkostonsa tilaa on suuria eroja. Parhaimmassa tapauksessa dokumentointi kattaa kaiken maanalaisen infrastruktuurin: asennusvuosi-, materiaali-, koko- ja kuntotiedot. Huonoimmassa tapauksessa verkosto on vanhentuneilla (paperi)kartoilla ilman mitään ajantasaisia tietoja. Putkien ominaisuus- ja kuntotietoja on mahdollista käyttää luomaan arvio siitä, mikä verkoston kunto on. Kun verkoston kuntohistoria tunnetaan, voidaan luoda myös ennusteita kunnan kehittymiselle tulevaisuudessa. Tämänhetkistä kuntoa

mallinnettaessa pystytään arvioimaan verkoston ylläpidon ja kuntotutkimusten vaatimia resursseja ja kohdentamaan kuntotutkimuksia. Tulevan kunnan ennustamisen etuna on, että mallien avulla pystytään arvioimaan verkoston ylläpidon ja saneerauksen tulevia tarpeita ja varaamaan niille tarvittavat resurssit. (Valtioneuvoston kanslia, 2018)

Jotta tiedot saataisiin tehokkaasti käyttöön, niiden täytyy olla kerättyinä ja tallennettuna hyödyntämiskelpoisessa muodossa, joka mahdollistaa tietojen automaattisen muokkauksen, yhdistelyn muiden tietojen kanssa ja analysoinnin. Jos vesihuoltolaitoksen verkostotiedot ovat paikkatietomuodossa, on mahdollista analysoida monipuolisesti verkoston sijaintia suhteessa ympäristöön. Paikkatietomuoto tarkoittaa sitä, että kohteet on tallennettu jossain koordinaattijärjestelmässä ja ne ovat joko vektori- tai rasterimuotoisia. Vasta kun verkko on eheä, sen hydraulista toimintaa voidaan tarkastella mallinnuksen avulla. Eheä verkko yhdessä putkiin kytkettyjen kulutuspisteiden kanssa mahdollistaa alueellisten jätevesivirtaamien laskennan kulutuspisteiden yhteenlasketun vuosikulutuksen avulla. Kun tietoa vuosien varrella karttuu, on mahdollista analysoida tilastollisesti eri tekijöiden vaikutusta lopputulokseen ja paikantaa esimerkiksi vuotoja ja sulamisvesien määrää verkostosta. (Valtioneuvoston kanslia, 2018)

Verkkotietojärjestelmään uusien johtolinjojen kartoitustiedot viedään yleisesti uusia linjoja rakennettaessa. Vanhojen linjojen dokumentointi on konversoitu aiemmista dokumenteista sähköiseen muotoon, mutta siirrettyjen verkkojen sijaintitarkkuus on epävarmempi kuin tarkemitatun tiedon. Verkostojen korkeustietojen tallennus verkkotietojärjestelmään vaihtelee myös suuresti vesihuoltolaitoksittain. Viemäriverkkoa koskevat korkeustiedot on tallennettu huomattavasti kattavammin kuin vesijohtoverkkoa koskevat korkeustiedot, koska viettoviemäreitä on mitattu kaivoista ja korkeudet on tallennettu aiempaan dokumentaatioon ja viety myös verkkotietojärjestelmään (tietoa verkoston kartoitustavasta ei ole välttämättä tallennettu järjestelmään). Lisäksi erityisesti viemäriverkon korkeustietoja on mitattu ja päivitetty myös jälkepäin verkkotietojärjestelmään korjauskartoituksina. Korkotiedon olemassaolo mahdollistaa luotettavan maanalaisen 3D-mallinnuksen ja helpottaa kaivutöiden suunnittelua ja häiriöiden seurausten arviointia. (Valtioneuvoston kanslia, 2018)

Verkkotietojärjestelmän tietoja tulee ylläpitää. Rakennetuista ja saneeratuista verkostoista tulee dokumentoida toteutunut sijainti ja ominaisuustiedot. Urakoitsija voi tehdä mittaukset ja dokumentoinninkin sopimusten mukaan edellyttäen vaaditun

dokumentointitason. Järjestelmällisen dokumentoinnin avulla voidaan saavuttaa myös resurssien säästöjä, kun tiedon jakaminen, säilyttäminen ja hyödyntäminen parantuvat. Toiminnan ja häiriöiden dokumentointi liittyy operatiiviseen toimintaan, jolloin dokumentoinnin tulee olla osa vesihuoltolaitoksen toimintatapaa. Tiedonhallinnan kannalta olisi tehokasta mahdollistaa vesihuoltolaitoksilla käytettävien ulkopuolisten toimijoiden pääsy syöttämään tai hyödyntämään tietoja suoraan järjestelmiin. On hyvä varmistua siitä, että näillä toimijoilla on riittävä osaaminen ja saattaa olla tarpeen asettaa eritasoisia käyttöoikeuksia järjestelmiin, rajaten muokattavia ja näytettäviä tietoja käyttäjäryhmittäin. Tietojen hallinta on keskeinen osa verkosto-omaisuuden hallintaa. Mitä laadukkaammat ja monipuolisemmat tiedot vesihuoltolaitoksella on käytettävissä, sitä paremmin se pystyy hallitsemaan omaisuuttaan. (Valtioneuvoston kanslia, 2018)

2.3 Rakennuttaminen ja laadunvarmistus

Tilaaaja voi olla maa- ja vesirakenteiden omistaja (omistava organisaatio tai yksityishenkilö), lopullinen käyttäjä tai hankkeen rahoittaja. Tilaaajan tehtävä on määritellä hankkeelle toiminnalliset, tekniset ja laadulliset vaatimukset ja tavoitteet sekä arvioida hankkeen laajuus ja kiireellisyys. Tilaaaja vastaa rakennuttamistoimeksiantoon liittyvistä tehtävistä, sopimuksen valmistelusta ja laatimisesta sekä rakennuttamisen seurannasta. Rakennuttajan vastuulla on toimia tilaaajan asettamien tavoitteiden mukaisesti ja osallistua myös tavoitteiden asettamiseen, suunnitteluun ja suunnittelijoiden valintaan, toteuttamisedellytysten selvittämiseen ja tarvittavien suunnitelmien teettämiseen. Rakennuttaja huolehtii rakentamiseen liittyvästä päätöksenteosta ja organisoinnista sekä vastaa hankkeen kustannusohjauksesta. Lisäksi rakennuttaja laatii hankeaikataulun, hankkii rakennustöille tarvittavat päätökset ja luvat, valvoo suunnittelua ja toteutusta sekä teettää rakennustyöt sopimuksiin perustuen. Rakennuttamistehtäviin kuuluu mm. määritellä urakointimenettelyt, järjestää urakkakilpailut, tehdä urakkasopimukset, valvoa rakennustyötä ja tehdä tarvittavat sopimusmuutokset ja huolehtia rakennuksen käyttöönottoon liittyvistä tehtävistä sekä takuuajaisista velvoitteista. (Junnonen & Kankainen, 2001)

Rakennuttava organisaatio voi olla myös rakennustyön toteuttaja ja tehdä rakennustyöt ns. omana työnä ja hankkia itse tarpeellinen työvoima, rakennusmateriaalit, koneet ja laitteet sekä huolehtia työn organisoinnista ja lopputuloksesta. Urakkamenettelyä käyttäen rakennuttaja tilaa rakennussuorituksen urakoitsijalta. Jos hanke teetetään yhdellä

urakoitsijalla, häntä kutsutaan pääurakoitsijaksi, jolla on vastuu hankinnoista, työmaan johtamisesta ja rakennustyöstä. Pääurakoitsija tekee tarvittavat aliurakkasopimukset erikoisurakoitsijoiden kanssa. Suomessa rakennushankkeet on toteutettu pääsääntöisesti pääurakkamuodoilla. Urakoitsijaksi valitaan yleensä alimman hinnan esittänyt urakoitsija, joka täyttää tilaajan asettamat vaatimukset. Tilaja solmii urakkasopimuksen urakoitsijan kanssa. Urakoitsijan pääsuoritusvelvollisuutena on aikaansaada sopimusasiakirjojen mukainen työtulos ja luovuttaa se sovittuna ajankohtana tilaajalle. Urakoitsijan suoritusvelvollisuus määritellään sopimusasiakirjoissa ja rakennustyö on suoritettava huolellisesti. Urakoitsijan tulee noudattaa rakennusalalla yleisesti vallitsevia käytäntöjä. Rakennusurakan yleisissä sopimusehdoissa mainitaan urakoitsijan sivuvelvollisuuksiksi mm. tarvittavat mittaukset ja oman aikataulun laadinta ja hankkia rakennusalueesta ja olosuhteista siellä työn suorittamisesta tarvittavat tiedot. Urakoitsija vastaa hankkimistaan ja ilmoittamistaan tiedoista ja tutkimustuloksista ja tarvitsemastaan paikalleenmittauksesta ja asettamistaan mitoista. (Junnonen & Kankainen, 2001)

Urakkahinnan maksuperusteen valinta on osa urakkamuotoon liittyvää päätöksentekoa. Urakkahinnan maksaminen on tilaajan päävelvollisuus. Sopimukseen perustuvat laskut on maksettava, kun lasku on esitetty tilaajalle ja vastaava työvaihe on tehty tai lasku on muuten todettu maksukelpoiseksi. Maksujen jaksottamiseksi urakkasopimukseen liitetään tavallisesti maksuerätaulukko, jossa maksuerät jaetaan tasaisesti työn edistymisen mukaan sopivassa suhteessa urakkahintaan ja toteutettuun urakkasuoritukseen. Kokonaishintaurakassa tarjouksen antaja sitoutuu tekemään rakennustyön urakka-asiakirjojen mukaisesti valmiiksi laskemallaan kiinteällä kokonaishinnalla, joka maksetaan urakoitsijalle työn edistymisen mukaan vaiheittain. Mahdolliset lisä- ja muutostyöt korvataan tai hyvitetään sopimusasiakirjoissa sovitulla tavalla. Yksikköhintaurakassa tilaaja tekee sopimuksen urakoitsijan kanssa täsmällisten yksiköihin jaettujen työsuoritusten perusteella, joista urakoitsija on antanut kiinteän tarjouksen. Urakkakilpailu voi olla avoin tai rajoitettu. Avoimessa urakkakilpailussa kuka tahansa urakoitsija voi tehdä tarjouksen. Rajoitetussa menettelyssä tilaaja pyytää valitsemiltaan urakoitsijoilta tarjoukset. (Junnonen & Kankainen, 2001)

Tarjouspyynnössä määritetään urakkaehdot ja annetaan ohjeet, miten ja mihin mennessä tarjous on tehtävä. Tarjouspyyntöasiakirjat tulee laatia selviksi ja yksikäsitteisiksi ja niiden sisältämien urakkaehtojen on oltava tasapuoliset sekä yhtäläiset kaikille urakoitsijoille. Kaikki urakkaehdot on ilmoitettava tarjouspyyntöasiakirjoissa.

Vakiintuneet tarjouspyyntöasiakirjat ovat: tarjouspyyntökirje, urakkaohjelma, urakkarajaliite, yksikköhintaluettelo ja tarjouslomake sekä tekniset asiakirjat. Urakkaohjelma on tarjouspyyntöön liitettävä sopimusasiakirja, joka sisältää tilaajan ja urakoitsijan väliset hankekohtaisesti esitetyt kaupalliset ehdot ja keskeiset tiedot. Urakkaohjelman avulla urakoitsija saa jo tarjouslaskentavaiheessa selkeän kuvan rakennuskohteen työmaaolosuhteista, tilaajan ja urakoitsijan välisestä vastuunjaosta ja urakkahintaan vaikuttavista tekijöistä. Rakennusurakoissa noudatetaan yleisiä sopimusehtoja YSE1998. Urakkaohjelmassa yleisiä sopimusehtoja voidaan täsmentää ja kaupallisissa asiakirjoissa (lähinnä urakkaohjelmassa) tulee tuoda ilmi, jos niistä poiketaan. Tekniset asiakirjat kuvaavat rakennustyön sisältöä, laatua ja suoritusta. Koska urakka-asiakirjat voivat olla keskenään ristiriitaisia tai puutteellisia, on niille sopimuksessa määrättävä keskinäinen pätevyysjärjestys. (Junnonen & Kankainen, 2001)

Tilaaaja asettaa urakkasuoritusta valvomaan tähän tehtävään pätevät valvojat. Valvonnan tarkoituksena on varmistua, että urakoitsijan suoritus vastaa työn lopputulokselle asetettuja vaatimuksia, viranomaismääräyksiä, lakeja ja asetuksia sekä että urakoitsija noudattaa hyvää rakennustapaa. Valvontatyössä valvoja voi käyttää urakoitsijan omia mittaus- ja tarkastustietoja. Suorituksessa esiintyviin virheisiin ja puutteellisuuksiin on puututtava välittömästi, jotta ne voidaan korjata mahdollisimman aikaisin. Jos virheiden poistaminen on mahdollista ilman kohtuuttomia kustannuksia, urakoitsija on velvollinen korjaamaan työnsä. Ellei korjaaminen ole järkevää, jos korjaukset esimerkiksi edellyttävät huomattavia purkutöitä, tilaajan on turvauduttava muihin keinoihin. Tilaaaja voi korjauttaa virheet, vaatia hinnan alennusta, vaatia vahingonkorvausta tai purkaa sopimuksen. Rakennuskohteen vastaanottotarkastus on tärkeydessään rinnastettavissa urakkasopimuksen solmimisen. Vastaanottamisen yhteydessä tarkastetaan ja todetaan, että molemmat osapuolet ovat täyttäneet sopimuksen mukaiset velvoitteet. Jotta rakennuskohde olisi käyttöönnettävissä, on urakoitsijan itse varmistettava kohteen rakennustöiden valmistumisen ja laitejärjestelmien toimiminen (itselleluovutus). Urakoitsijan on vastaanottotarkastuksen jälkeen mahdollisimman nopeasti korjattava ne virheet ja puutteet, jotka on tarkastuksessa todettu urakoitsijan vastattaviksi. (Junnonen & Kankainen, 2001)

2.4 Geodesia ja mittaustekniikat

Geodesia on tiede, joka käsittelee Maan koon ja muodon mittaamista ja maanpinnan kohteiden kuvaamista. Geodesia muodostaa maanmittaustekniikan tieteellisen perustan mittaamisen ja kartoittamisen näkökulmasta. Mittaus- ja kartoitustekniikka on käsite, jota käytetään kuvaamaan niitä geodesian sovelluksia, joiden avulla kartoitetaan ja mitataan maastoa ja rakennettua ympäristöä kartanvalmistuksen, maankäytön suunnittelun ja rakentamisen tarpeisiin. Usein tätä geodesian osa-aluetta kutsutaan käytännön geodesiaksi. (Laurila, 2012)

Geodeettiseen maanmittaukseen kuuluu valtakunnallisten ja nykyisin kansainvälisten geodeettisten ja gravimetristen runkoverkkojen mittaus kartoituksen pohjaksi, jossa Maan kaarevuus ja painovoimakenttä on otettava huomioon. Tavalliseen maanmittaukseen kuuluvat mm. maastomittaukset ja insinööri-geodesian mittaukset. Maanmittauksen päämääränä on aina geometrisesti tarkkojen ja oikeiden kartta-aineistojen tuottaminen yhteiskunnan käyttöön. Toinen yhteiskunnalle tärkeä karttojen ja paikkatietojen käyttötarkoitus on infrastruktuurin suunnittelu ja rakentaminen. Geodesian tehtävä on pisteiden sijaintien määrittäminen ja esitys kolmiulotteisten koordinaattien (esimerkiksi x,y,z) avulla. Numeerisessa muodossa olevaa paikkaan sidottu informaatio eli paikkatieto koostuu sijainti- ja ominaisuustiedoista. Lisäksi on niin sanottua ”metatietoa”, joka on karttatietoa kuvaavaa informaatiota. Satelliittipaikannuksen yleistymisen myötä voitiin kaikkialla maapallolla jo 1990-luvulla määrittää kolmiulotteisia koordinaatteja järjestelmässä, joka on muutaman senttimetrin tarkkuudella geosentrinen. Nykyiset mittausjärjestelmät, kuten globaali satelliittipaikannusjärjestelmä, mittaa suoraan kolmiulotteisia koordinaatteja. (Vermeer, 2019)

Runkomittauksen tehtävä on luoda verkkohierarkkian avulla geometrinen perusta kartoitukselle. Tähän tarkoitukseen on luotu pysyvä, riittävän tiheä ja tarkka kiintopisteistö, johon eri käyttäjäryhmien paikalliset mittaukset sidotaan. Kiintopisteiden koordinaatit ovat tiedossa kansallisessa koordinaatistossa, ja niitä käyttämällä saadaan myös paikallisesti mitatut pisteet ja laaditut kartat samaan koordinaatistoon. Kiintopisteitä käytetään kartoitusmittauksissa ja suunnitelmien maastoon merkitsemisessä. Kartoitusmittaus perustuu runkomittauksiin. Kartoitusmittaus koostuu maastotietojen keruusta ja aineiston käsittelystä halutun lopputuotteen, kartan tai digitaalisen paikkatietoaineiston aikaansaamiseksi. (Vermeer, 2019)

Maastomittauksen antama paikkatieto on mukana jatkuvassa yhdyskuntasuunnittelu- ja rakentamisprosessissa. Maastomittaus luo rungon kartoitukselle ja siten saadaan mittaukset tiettyyn tunnettuun koordinaatistoon kartalle. Suunnitelmat voidaan siirtää maastoon toteutettavaksi oikeille paikoilleen, kun kiinteistöt ja tekniset rakenteet sijoitetaan, mitataan ja kartoitetaan maastoon. Maastomittauksen näkyvä lopputuote on kartta. Kartan on oltava ennen kaikkea oikea, mutta myös selkeästi piirretty. Johtokarttoja käytetään monenlaiseen tarpeeseen: kaavoituksen, teknisen huollon ja verkoston suunnitteluun, rakennustöiden yhteydessä, johtojen kunnossapitoa varten, sekä vahingonkorvauksia ja kriisitilanteiden hallitsemista varten. Mittauksen tulee perustua alueella oleviin yleisiin kiintopisteisiin, jotta tulos saadaan samaan järjestelmään. Uusien johtojen kartoitus suoritetaan rakennusvaiheessa, kun johdot ovat vielä näkyvissä. (Vermeer, 2019)

2.4.1 Satelliittimittaus

Satelliittipaikannukseen viitataan nykyään termillä GNSS (global navigation satellite system). Aiemmin yhdysvaltalaisista GPS-järjestelmää pidettiin satelliittipaikannuksen synonyyminä, mutta nykyään kenen tahansa käytettävissä on sen lisäksi myös venäläinen GLONASS ja käyttöönottoaiheessa olevat eurooppalainen Galileo ja kiinalainen BeiDou. Satelliittipaikannus perustuu tarkkaan ajansiirtoon. Jokainen neljästä satelliittipaikannusjärjestelmästä koostuu noin 20–30 satelliitista, joiden kiertorata on noin 20 000 kilometrin korkeudella maanpinnasta. Kaikissa satelliiteissa on tarkka atomikello, jonka perusteella ne lähettävät maahan aikaisignaalia sekä oheisdataa, joka kertoo mm. satelliittien sijainnit. Signaalista saatavan lähetyisaikatiedon ja vastaanottimen sisäisen kellon antaman vastaanottoajan erotus voidaan muuttaa etäisyysmittaukseksi kertomalla se radiosignaalien etenemisnopeudella. Kolmiulotteisten paikkakoordinaattien lisäksi neljäntenä tuntemattomana on ratkaistava vastaanottimien kellon poikkeama suhteessa satelliitteihin. Yhtälö ratkeaa, kun käytettävissä on vähintään neljä satelliittia, joiden sijainnit tiedetään, ja useamman satelliitin käyttö parantaa paikannuksen tarkkuutta ja luotettavuutta. (Maanmittauslaitos, 2021)

Satelliittivastaanottimen paikka joudutaan laskemaan epätarkoista mittauksista: satelliittien rata- ja kellopoikkeamaennusteet eivät ole täydellisiä, ilmakehässä ionosfääri ja troposfääri vääristävät signaalin kulkua, ja vaimeneminen sekä heijastumat hankaloittavat signaalin seuraamista. Maanmittaus- tai rakennuskäytössä paikkatiedolta vaaditaan kuitenkin senttimetriluokan tarkkuutta. Tiukempiin tarkkuus- ja

luotettavuusvaatimuksiin vastaamiseksi on satelliittipaikannusjärjestelmille kehitetty erilaisia avustepalveluita. Nämä perustuvat joukkoon tukiasemia, joiden sijainnit tunnetaan etukäteen tarkasti. Tukiasemat seuraavat GNSS-satelliittien signaalien laatua jatkuvasti ja tuottavat eri käyttäjien tarvitseman avustetiedon reaaliajassa. (Maanmittauslaitos, 2021)

Satelliittimittausten virhe-ellipsi muistuttaa kananmunaa ja GNSS-koordinaattien kolmesta komponentista korkeus on heikoimmin määritetty. Suurin syy tähän on GNSS-satelliittien sijainti taivaalla eli satelliittigeometria. Kaikki satelliitit ovat yläpuolellamme, joka johtaa yksipuoliseen geometriaan. Lisäksi ilmakehän vaikutus mittaustarkkuuteen on suurin juuri korkeuskomponentissa. Paras mahdollinen GNSS:llä mitattujen korkeuksien tarkkuus saavutetaan, kun käytettävissä on paljon satelliitteja. Tarkkuus huononee nopeasti, kun näkyvissä olevien satelliittien määrä vähenee esimerkiksi rakennusten tai puiden estäessä satelliittisignaalin kulkua. Reaaliaikainen kinemaattinen mittaus RTK (Real Time Kinematic) ja pysyvien GNSS-tukiasemien verkon avulla toimiva virtuaalitukiasemamenetelmä (VRS) antavat korkeuksia, joiden tarkkuusvirhe jää yleensä alle viiden senttimetrin. EUREF-FIN ellipsoidikorkeudet voidaan muuntaa N2000-korkeudeksi noin kahden senttimetrin tarkkuudella. Nykyään paikallisissa kartoitusmittauksissa käytetään yleisesti reaaliaikaista kinemaattista satelliittipaikannusta ja verkko-RTK (Virtual Reference Station-RTK = VRS-RTK). RTK-mittauksen periaatteena on paikanmäärittäminen kiinteän ja liikkuvan satelliittivastaanottimen välillä, jotka ovat yhteydessä toisiinsa. (Bilker, 2008; Vermeer, 2019)

Verkko-RTK-mittaus hyödyntää yhden tukiaseman sijaan tukiasemaverkostoa. Laajan verkon avulla saadaan paremmin mallinnettua pois ilmakehän aiheuttamat virheet paikannukseen. VRS virtuaalinen tukiasemajärjestelmä sisältää vastaanottimen varusteineen, ohjelmiston ja tiedonsiirtotekniikan kokonaisuudessaan. Paikannus tapahtuu, kun kiinteät tukiasemat lähettävät satelliittitietonsa laskentakeskukseen sekä liikkuva paikannin lähettää likimääräisen sijaintinsa laskentakeskukseen matkapuhelinverkon avulla. Laskentakeskus muodostaa saatujen paikkatietojen avulla liikkuvan paikantimen lähelle virtuaalisen tukiaseman ja lähettää korjausdataa liikkuvaan paikantimeen. Kun liikkuvan paikantimen sijainti muuttuu yli 5 kilometrin etäisyydelle virtuaalisesta tukiasemasta, laskentakeskus laskee uuden virtuaalisen tukiaseman paikantimen viereen. (Rasanen, 2018)

2.4.2 Takymetrimittaus

Takymetri on ensisijaisesti kulman- ja etäisyydenmittauskoje, mutta tietoteknisenä laitteena sillä voidaan tehdä erittäin monipuolisia mittauksia. Se on satelliittimittauksen kojeiden ohella tärkein mittaus- ja kartoitustekniikassa nykyisin käytettävistä kojeista. Takymetri on mittaajan yleistyökalu, jolla mitataan pysty- ja vaakakulmia sekä etäisyyksiä. Näistä havainnoista voidaan laskea koordinaatteja, korkeuksia ja muita suureita. Mittaustulokset tallennetaan sähköisesti. Takymetrilla tehtävien mittausten aloitustoimenpiteitä ovat kojeen ja tähysten keskistys ja tasaus mittauspisteille, koje- ja tähyskorkeuksien mittaaminen ja kojeen orientointi koordinaatistoon ja korkeusjärjestelmään. Orientoinnin jälkeen takymetrilla voidaan tehdä sijaintimittauksia mittaustaikojen koordinaatistossa ja korkeusjärjestelmässä. Koordinaatisto voidaan määrittellä, jos mittaustaikojalla on vähintään kaksi tasorunkopistettä. Mittaustaikojen korkeustason määrittelyyn riittää, että tunnetaan asemapisteen korkeus ja kojekorkeus. Jos asemapisteen korkeutta ei tunneta, voidaan korkeus siirtää kojeeseen joltakin lähistöllä olevalta korkeuspisteeltä. Orientointi suoritetaan takymetrissa tai maastotallentimessa olevien mittaushjelmien avustuksella. Koska orientointi vaikuttaa sen jälkeen tehtävien mittausten luotettavuuteen ja tarkkuuteen, on orientointi syytä tarkistaa kartoittamalla heti orientoinnin jälkeen jokin tunnettu piste. (Laurila, 2012)

2.4.3 Kaivinkoneen koneohjaus

Koneohjauksella tarkoitetaan työkoneseen asennettua työkonetta ja kuljettajaa opastavaa järjestelmää, johon on syötetty rakennuskohdetta kuvaava kolmiulotteinen malli. Koneohjauksella rakentaminen tapahtuu kolmiulotteisia digitaalisia toteutusmalleja sekä reaaliaikaista paikannusta työkonneissa käyttäen. Infrarakentamisessa tietomallien eli inframallien käyttö lisääntyy koko ajan. Suurilla tiehankkeilla on jo enemmän kokemusta tietomallinnuksesta ja kaivinkoneen koneohjauksesta kuin kuntatekniikan työmailla. Katurakenteissa ja rakennetulla alueella pelkän koneohjauksen varassa rakentamisen ongelmaksi tulee tilausta, kun katualueelle sijoittuu jo ennestään erilaisia järjestelmiä, joita pitää suunnitelmien mukaan varoa, siirtää tai poistaa. Tiedonsiirron parantaminen on tärkeää, koska puutteellisen tiedonsiirron on todettu olevan suurin yksittäinen syy lisätöiden syntymiseen rakennushankkeissa. Tietomallien käytöstä saadaan suurin hyöty, kun tietomalli on käytössä koko hankkeen elinkaaren ajan ja tietomallinnus mahdollistaa koneohjauksen käytön rakennusvaiheessa. (Kivinen, 2016)

Koneohjausjärjestelmän avulla kaivannot voidaan tehdä suoraan kaivukoneen näytöltä saatavan mallin ja mittaustietojen avulla, kun kaivannon muoto ja tarvittava kaivussyvyys on määritetty järjestelmään. Suomessa yleisesti käytössä olevat koneohjausjärjestelmät (esim. Scanlaserin eli Leican sekä Novatronin valmistamat järjestelmät) tukevat LandXML-tiedostomuotoa, jolloin suunnitelman tiedostomuotoa ei tarvitse yleensä muuttaa erikseen koneohjausjärjestelmän ymmärtämään muotoon. Suunnitelma-aineistot voidaan viedä järjestelmän käyttöön myös useissa eri tiedostomuodoissa, joko muistitikun avulla tai langattomasti palvelimelta. Pintamallit voidaan viedä järjestelmään suunnitteluohjelmien tukemissa formaateissa (esim. DXF ja XML). Pisteaineistoina voidaan käyttää esim. GT- ja CSV-muotoisia formaatteja. Tarvittaessa 3D-pintamallit mallinnetaan suunnitelmien mukaisiin koordinaatteihin ja tarvittavat korjaukset ja kalibroinnit voidaan tehdä työmaalla koneohjauslaitteistoon. (Kivinen, 2016; Laakso, 2012)

Toimiakseen koneohjausjärjestelmä tarvitsee tarkan ja reaaliaikaisen tiedon työkoneen sijainnista. Työkoneen kauhan sijainti mitataan liike-, kaltevuus- ja kiihtyvyyssanturitekniikan sekä satelliitti- tai takymetripaikannuksen avulla. Kaivukoneeseen asennettava koneohjausjärjestelmä koostuu työkoneen paikannusjärjestelmästä, liike- ja kallistusantureista sekä työkoneen sisällä olevasta tietokoneesta ja sen ohjelmistosta. Paikannusjärjestelmän ja antureiden avulla koneohjausjärjestelmä paikantaa työkoneen terän tai kauhan x-, y- ja z-koordinaatit reaaliaikaisesti. Kaivukoneen 3D-koneohjaus perustuu yleensä RTK-GNSS satelliittipaikannukseen. Satelliittipaikannus on kaivukoneissa ja muissa maanrakennuskoneissa yleisesti käytetty paikannustapa, koska satelliittipaikannuksen tarkkuus riittää usein kaivukoneella tehtävien töiden vaatimukseen. (Kivinen, 2016)

Mahdollisimman tarkan sijainnin määrittämiseksi sekä satelliittien kiertoajasta maapallon ympäri johtuvan kellovirheen ratkaisemiseksi tarvitaan samanaikaiset havainnot vähintään neljään satelliittiin. 3D-malliin perustuvan ohjausjärjestelmän hyödyntäminen kaivukoneessa edellyttää koneen sijainnin ja asennon reaaliaikaista mittaamista. Kaivukoneen ohjauksessa paikannusjärjestelmäksi tarvitaan yhdestä kahteen GNSS-antennia tai -vastaanotinta sekä kallistusta mittaavat anturit kaivukoneen rungon ja puomien asennon mittaamiseen. Järjestelmän osien ja satelliittipaikannuksen avulla kaivukone muodostaa työmaalla oman koordinaatistonsa työmaan sisäisessä koordinaatistossa. X-koordinaatti ilmoittaa kauhan kärjen kohtisuoran etäisyyden

origosta z-koordinaatin kertoessa kauhan korkeuden suhteessa origoon. Y-koordinaatti antaa kauhan sivuttaispoikkeaman, joka voidaan ymmärtää myös koneen kiertokulmana. Kiertokulmasta voidaan käyttää myös nimeä suuntima. Origona voidaan käyttää pääpuomin tyvitappia tai koneen pyörimiskeskustettä. Inertianmittausalustat (IMU) asennetaan työkoneen runkoon sekä jokaiseen nivellettyyn osaan, mitkä mittaavat koneohjausjärjestelmään määritetyn mittauspisteen (esim. kaivinkoneen kauhan huulilevyn) sijaintia. IMU-yksiköissä hyödynnetään MEMS-kiihtyvyyssantureita, joiden toiminta perustuu piikiteeseen ja sen liikkeen muutoksen mittaamiseen. Tästä saadulla tiedolla tietokoneyksikkö laskee mittauspisteen sijainnin suhteessa satelliiteista saatuun sijaintiin. Näin saadaan mittauspisteen x-, y- ja z-koordinaatit. (Laakso, 2012; Tappola, 2016)

Satelliittipaikannus koneohjatuissa kaivinkoneissa tapahtuu suhteelliseen paikanmääritykseen perustuvalla RTK-mittauksella, jolloin kaivinkone itsessään toimii mittalaitteena. Kiinteä vastaanotin (tukiasema tai referenssiasema) on asemoitu koordinaateiltaan tunnetulle pisteelle. Tukiasema koostuu satelliittipaikantimesta, radiolähtimestä, tietokoneyksiköstä ja virtalähteestä. Tukiasema mittaa satelliittien lähettämän paikannussignaalin kantoaallon aallonpituuksia eli vaihehavaintoja ja niiden avulla etäisyyden satelliitteihin. Tukiasema lähettää korjausdataa eli omaa sijaintiaan ja satelliiteilta vastaanottamiaan vaihehavaintoja liikkuvalla vastaanottimelle. Liikkuva vastaanotin mittaa tukiaseman tapaan satelliittien paikannussignaalin vaihehavaintoja sekä vastaanottaa tukiaseman korjausdataa ja alkaa määrittämään omaa sijaintiaan. Tukiaseman ja liikkuvan vastaanottimen välille korjausdatan välitykseen tarvitaan tiedonsiirtoyhteys, joka on toteutettavissa radiomodeemin, internetin tai matkapuhelinverkon välityksellä. Kun vastaanottimet ovat saaneet etäisyydet vähintään neljään eri satelliittiin, saadaan laskennalla vastaanottimille alkutuntemattomat ratkaistua (fixed-ratkaisu) ja mittaus alustettua. Referenssiaseman koordinaatteja verrataan tunnettuihin koordinaatteihin, josta saadaan korjausarvo mittajaan vastaanottimelle. Mittaajan vastaanotin korjaa omia havaintojaan ja sijaintiaan korjausarvojen perusteella, jolloin saavutetaan lopullinen paikannustarkkuus noin 1–2 senttimetrin välille taso- sekä korkeuskoordinaatistossa. (Heikkinen, 2016; Tappola, 2016)

Suunnitteluohjelmista ei ole välttämättä mahdollista uloskirjoittaa suoraan koneohjausjärjestelmässä toimivaa toteutusmallia, joten suunnittelijoiden tekemiä aineistoja joudutaan muokkaamaan ennen kaivinkoneen koneohjausjärjestelmään

siirtämistä. Jos suunnittelumallista muokataan työmaalla erikseen toteutusmalli työkoneiden koneohjausjärjestelmiin sopivaksi, on varmistuttava siitä, että mallin geometria vastaa suunniteltua rakennetta kaikilta osin. Vastuu mallin muutoksessa siirtyy urakoitsijan edustajalle. Koneohjausjärjestelmiin soveltuvien mallien tuottamisessa on otettava huomioon myös suunnitelmamuutokset, koska ne on päivitettävä myös koneohjausmalleihin. (Heikkinen, 2016; Kivinen, 2016)

Koneohjauksella tehtyjä tapaustutkimuksia

Markus Laakson opinnäytetyössä tapaustutkimuksessa Cargotecin sade- ja jätevesiviemäröinti työmaalla 2012 tehdyssä vertailussa takymetrillä ja koneohjausjärjestelmällä tehdyt tarkemittaukset olivat XY-tasossa noin 5 cm:n päässä toisistaan. Suunnitelman mukaiseen sijaintitietoon heittoa tuli noin 2-3 cm. (Laakso, 2012)

Mikko Tappolan insinööriyössä (2016) mittaustarkkuuden tutkimukseen liittyviä mittauksia toteutettiin kolmella eri maanrakennustyömaalla Espoossa, joista saatiin kattava vertailuaineisto. Aineiston mitattavina rakenteina oli pääasiassa tien eri rakennekerroksia sekä vesihuoltojärjestelmien putkien selkiä. Insinööriyön tavoitteena oli todentaa koneohjauksen käyttö toimivana ja luotettavan osana laadunvarmistusmenettelyä sekä tutkia riittääkö koneohjausjärjestelmän paikannustarkkuus mitattujen toteumapisteiden hyödyntämiseen toteumakuvissa. Koneohjausjärjestelmän tarkkuus käytännössä selvitettiin vertailemalla kaivinkoneella mitattuja toteumapisteitä vastaaviin takymetrillä mitattuihin tarkepisteisiin. Suoritettujen vertailumittausten tuloksena saatiin, että koneohjausjärjestelmän mittaustulokset poikkesivat korkeuden osalta keskimäärin 18 mm ja xy-koordinaattien osalta 41-44 mm verrattuna takymetrin mittaustuloksiin. X- ja y-koordinaattien suurehko poikkeama johtui mittaustavasta koneohjauksella, kun mittapiste oli leveästi keskellä kauhaa ja kauhan keskipisteen arvioiminen oli epätarkkaa. Koneohjauksella toteutetun mittauksen luotettavuus mittaustarkkuuden osalta havaittiin olevan samaa tasoa kuin perinteisilläkin mittaustavoilla. Mittausten luotettavuutta voitaisiin parantaa säännöllisellä koneohjausjärjestelmän tarkkuuden tarkistamisella, joko mittajaan tai tarkistuspisteiden avulla. Koneohjauksen ainoa mahdollisesti epäluotettava tekijä on Tappolan mukaan työkoneen kuljettaja. (Tappola, 2016)

Tommi Kivisen diplomityön tapaustutkimuksessa Vartiokylänlahden tulvavalli -hankkeessa koneohjausjärjestelmän mittaustarkkuutta ja mittavirhettä seurattiin ja koneohjausjärjestelmät kalibroitiin lähes päivittäin. Työssä huomattiin, että järjestelmien tarkkuus ei huonontunut merkittävästi, vaikka kalibrointien tiheyttä harvennettiin. Hankkeen edetessä kalibrointiväliksi vakiintui noin kaksi viikkoa, mikä koettiin riittäväksi. Toteumapisteiden esittäminen graafisesti karttapohjalla paransi tiedon havainnollisuutta ja helpotti toteuman seuranta. Työssä havaittiin myös tarkepisteiden mittaukseen ja mittaustiedon käsittelyyn kuluva työmäärän pienenevän merkittävästi, jos tarkemittauksista ainakin osa voidaan suorittaa koneohjausjärjestelmän avulla. Myös mittaustietojen katoamisen tai korruptoitumisen riski vähenee, jos tiedot tallentuvat suoraan koneohjausjärjestelmästä pilvipalveluun. (Kivinen, 2016)

Koneohjauksen yleistymisen on vähentänyt poistumistarvetta ohjaamosta ja näin ollen vähentänyt erilaisia liukastumisia ja pieniä venähdyksiä. Työturvallisuus on parantunut myös, kun kaivinkoneen apumiehen tai mittamiehen ei tarvitse jatkuvasti oleskella kaivannossa kaivinkoneen kauhan työskentelyalueella seuraamassa korkotasoa. Kaivannot voidaan luiskata koneohjauksen avulla suoraan suunniteltuun kaltevuuteen, mikäli maalaji ja työkohde sen mahdollistavat. Kaivantotuentoja käytettäessäkin kuljettaja pystyy itsenäisemmin seuraamaan korkotasoa ilman apua. (Rasanen, 2018)

2.4.4 Kalibrointi ja mittaustarkkuus

Mittausten tarkkuus ja tulosten yleinen luotettavuus varmistetaan laadunvalvonnalla, jonka suorittamista erilaiset mittausohjeet tukevat. Laadunvalvonta perustuu yleisesti hyvään mittautapaan. Käsite tarkoittaa sitä, että mittauksissa sovelletaan käytännössä hyväksi koettuja mittausmenetelmiä ja yleisesti hyväksytyä mittausteknillistä tietämystä. Täsmällisemmin hyvän mittaustavan sisältöä voidaan kuvata seuraavasti: Mittausten yhteydessä käytettävien käsitteiden ja matemaattisen esitystavan tulee olla alan käytännön mukaista. Mittauksissa käytettävät kojeet tulee tarkistaa eli kalibroida säännöllisesti. Havaintojen teossa kiinnitetään huomiota mittausten toistoon ja havaintomenetelmien käyttöön, joilla mittausten virheitä voidaan hallita. (Laurila, 2012)

Virhettä paikannukseen aiheuttavat satelliittien sijainti ja niiden geometria, ilmakehä ja monitieheijastukset, kuten rakennuksista tai puustosta heijastuvat signaalit. Heijastuminen aiheuttaa virhettä tarkkuuteen, kun signaali ei tule suorinta reittiä vastaanottimeen. Korjausdatan vastaanottoa häiritsee voimakkaat sähkömagneettisen

säteilyn lähteet, kuten sähkö- ja voimalinjat. Koneohjausjärjestelmällä mittaaminen katveisilla alueilla heikentää mitattujen arvojen luotettavuutta. Katveilla tarkoitetaan lähinnä puustoa ja korkeita rakennuksia. Katveet estävät tai häiritsevät satelliittivastaanottimia saamasta satelliiteista lähtevää sijaintitietoa, jota järjestelmä käyttää laskiessaan koneen sijaintia. Takymetrillä mittaaminen onnistuu katveisilla alueilla, mutta sillä ei voi mitata rankassa vesi- tai lumisateessa tai pimeässä toisin kuin satelliittipaikannuksella toimivilla työkoneilla. Takymetrimittauksen tarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat myös työmaalle tuotujen lähtöpisteiden tarkkuus ja niistä tehtävä takymetrin orientointi vapaalle asemapisteelle sekä mittamiehen inhimillinen virhe. (Tappola, 2016)

Mittauskojeen käyttöohjeista löytyy yleensä kojeen tekniset tiedot, huolto-ohjeet, toimintojen tarkastusmenettelyt ja säätöohjeet. Ohjeiden perusteella mittaaja pystyy toteamaan kojeen toimintakunnon ja tarkkuuden, pitämään yllä kojeen toimintakuntoa ja pystyy arvioimaan kojeen huoltotarpeen. Mittaustuloksissa on aina virheitä. Erityisesti systemaattisten virheiden välttämiseksi mittauslaitteet on tarkastettava ja kalibroitava säännöllisesti laitevalmistajan ohjeiden ja mittaustöistä annettujen yleisten ohjeiden mukaisesti. Kalibroinnilla tarkoitetaan mittauslaitteen näyttämän oikeellisuuden testausta. Se käsittää kaikki toimenpiteet, joiden tarkoituksena on laitteen virheiden määrittäminen. Kalibrointiin voi kuulua myös kalibroitavan laitteen säätö. Kalibroinnilla saadaan selville mittauslaitteen tarkkuus. Kalibrointi on vertausmittausta. Kalibroinnissa määritetään kuinka paljon tutkittavan laitteen tai menetelmän antamat lukemat poikkeavat normaalista, johon lukemia verrataan. (Laurila, 2012)

Työmaan mittauspäällikkö/vastaava ja automaatio-operaattori vastaavat koneohjausjärjestelmien sekä GNSS-tukiaseman tarkkuuden seurannasta ennalta sovittujen tarkastusvälien mukaisesti. Tarkastusten avulla varmistetaan, että järjestelmät toimivat vaaditulla tarkkuudella. GNSS-tukiasema tarkistetaan kerran kuukaudessa tai useammin käymällä GNSS-mittalaitteella tunnetulla pisteellä. Maastossa olevien kiinteiden pisteiden sijainti ja koordinaatit ovat vakiot, mutta jos tukiasema on liikkunut, saadaan tunnetulle pisteelle virheelliset koordinaatit. Tukiaseman tarkastuksen seuranta dokumentoidaan. Verkko-RTK-menetelmässä tukiasemakorjaus saadaan kaupalliselta palveluntarjoajalta. Verkko-RTK-palveluja tarjoavat esimerkiksi Geotrim Oy ja Leica Geosystems Oy, joilla on kiinteä koko Suomen alueen kattava tukiasemaverkko, josta lähetetään korjausdataa mobiiliverkon välityksellä mittalaitteeseen. Saavutettava

paikannustarkkuus on senttimetrin luokkaa vaakatasossa ja korkeuden osalta noin 4–5 senttimetriä, jolloin verkko-RTK:lla ei päästä yhtä hyvään korkeustarkkuuteen kuin RTK-menetelmällä. RTK-menetelmällä korkeustarkkuus on muutama senttimetri. Tarkkaa korkeustarkkuutta edellyttävissä koneohjaustöissä RTK-menetelmä on luotettavampi vaihtoehto kuin verkko-RTK-menetelmä. (Heikkinen, 2016; Kivinen, 2016)

Verkko-RTK on muuten yhtä tarkka menetelmä, mutta johtuen tukiasemien mahdollisesta sijaitsemisesta yli 10 kilometrin etäisyydellä vastaanottimesta saattaa korkeussijainnin tarkkuus pudota 3–4 senttimetrin luokkiin. Tästä johtuen yleensä työmaille perustetaan oma tukiasema tukemaan korkeustarkkuutta. Tarkkuuden lisäksi huomiota on kiinnitettävä mittauksien luotettavuuteen. Luotettavuuteen kuuluu, että mahdolliset karkeat virheet huomataan mahdollisimman helposti ja suurimman mahdollisen huomaamatta jääneen virheen vaikutus lopputulokseen on mahdollisimman pieni. (Tappola, 2016; Vermeer, 2019)

Kaivinkoneen jokainen kauha on kalibroitava erikseen koneohjausjärjestelmään tarkan sijaintitiedon varmistamiseksi. Kalibrointi on myös tehtävä jokaiselle kauhalle uudelleen säännöllisesti mittaustarkkuuden ylläpitämiseksi, koska esimerkiksi kauhan huulilevy ja piikit kuluvat työskentelyssä. Kauhan vaihdon yhteydessä kauhaa ei tarvitse kalibroida uudelleen, jos kauha on jo kalibroitu koneohjausjärjestelmään ja oikea kauha voidaan valita koneohjausjärjestelmän valikosta. Väärän kauha-asetuksen tai kalibroimattoman kauhan käyttö aiheuttaa suuria heittoja mittaustuloksiin. Työkoneen paikannusjärjestelmän toimivuus tulee tarkastaa ennen kuin työkone otetaan käyttöön uudessa työkohteessa. Lisäksi työkoneiden paikannusjärjestelmien toimivuutta tulee seurata työmaalla viikoittaisilla tarkastuksilla. Tarkastukset dokumentoidaan ja näillä dokumenteilla voidaan tarvittaessa osoittaa tilaajalle työkohteessa toimivien työkoneiden paikannusjärjestelmien toimivuus. Tarkastus suoritetaan mittaajan toimesta GNSS-mittalaitteella tai takymetrillä. Jos työkone ei täytä paikannus- tai tarkkuusvaatimuksia, sitä ei voida käyttää tietomallipohjaiseen rakentamiseen tai paikannusjärjestelmälle tulee tehdä tarpeelliset korjaus- ja kalibrointitoimenpiteet tarkkuuden parantamiseksi. Kuljettajan perehdyttäminen oikeaoppiseen toteumien mittaamiseen on ensiarvoisen tärkeää. (Heikkinen, 2016; Kivinen, 2016)

Koneohjausjärjestelmille voidaan tehdä työmaalle kalibrintiverkko, jonka avulla työkoneen kuljettaja voi itsenäisesti seurata järjestelmien tarkkuutta päivittäin-viikoittain työn edetessä. Kalibrintiverkko pitää olla koko työmaan kattava ja suhteellisen tiheä, että sen käyttö olisi mielekästä ja tehokasta. Kalibrintiverkon pisteiden sijoittelun pitää olla suunniteltua, jotta saataisiin taattua pisteiden säilyvyys ja luotettavuus niiden tarkkuuteen. Pisteet tulisi sijoittaa kiinteisiin kohteisiin, kuten kallioon tai johonkin vastaavaan kiinteään elementtiin. Koneohjausjärjestelmältä vaadittava vähimmäistarkkuus määräytyy työmaaoloissa käytännössä koneohjausjärjestelmällä tehtävän työvaiheen laatuvaatimusten toleranssien mukaan. On perusteltua vaatia koneohjausjärjestelmältä vähintään sellaista mittaustarkkuutta, joka riittää rakenneosien rakentamiseen niille asetettujen laatuvaatimusten mukaisesti. Koneohjausjärjestelmän tarkkuuden tulisi olla parempi tai yhtä suuri kuin laatuvaatimusten toleranssien, koska jos koneohjausjärjestelmän tarkkuus on annettuja toleransseja huonompi, pitää rakenneosat mitata erikseen esimerkiksi takymetrillä, jotta voidaan todeta rakenne laatuvaatimukset täyttäväksi. Jos tarkkuus on laatuvaatimuksia parempi, koneohjausjärjestelmän avulla voidaan mitata esimerkiksi kaivon tai putkien toteumapisteitä laatuvaatimukset täyttävällä tarkkuudella. (Kivinen, 2016; Tappola, 2016)

2.5 Inframallinnus

Yleiset inframallivaatimukset toimivat inframallintamisen yleisinä ohjeina ja vaatimuksina. Mallinnusvaatimukset, nimikkeistö ja formaatit muodostavat tiedonhallinnan ”kolmikannan”. Niiden tulee olla kunnossa ja yhteneväiset, jotta tiedonhallinta toimii. Yleiset inframallivaatimukset kattavat koko elinkaaren: lähtöaineiston, suunnittelun eri vaiheet, rakentamisen ja rakennetun todentamisen sekä tulevaisuudessa myös käytön ja kunnossapidon. Mallinnusohjeiden tavoitteena on ohjata, yhdenmukaistaa ja kehittää koko infra-alan mallinnuskäytäntöjä. Infra-alalla tietomallintamisesta käytetään termiä inframallintaminen ja tietyn infrakohteen tietomallista termiä inframalli. Inframallintamiseen liittyy olennaisena osana erilaiset paikkatietoaineistot (kaava-, ympäristötiedot jne.), jotka voidaan havainnollistaa myös 3D-malleissa. (BSF, 2019)

Työkoneiden ohjausjärjestelmissä hyödynnettävän aineiston laatii pääsääntöisesti hankkeen urakoitsija toteutusaineiston perusteella. Koneohjausaineisto voi sisältää pintamalleja, taustakarttoja, geometrialinjoja, pistemäisiä kohteita, linjamaisia kohteita

tai verkostoja. Mallipohjaisella rakentamisella pyritään infrakohteen tehokkaampaan ja laadukkaampaan toteuttamiseen ja malleja voidaan hyödyntää myös aikatauluttamisessa ja kustannushallinnassa. Inframallit parantavat myös mahdollisuuksia seurata ja todeta rakentamisen laatua ja verrata suunnitelmaa ja toteumaa. Rakentamisessa hyödynnetään inframalleja mm. mittauksessa, työkoneohjauksessa sekä rakentamisen resursoinnissa ja aikataulutuksessa. Mallinnuksen laadunvarmistuksen perustana on palveluntuottajan tekemä jatkuva laadunvarmistus ja dokumentoitu itselleluovutus. Myös työmaaorganisaatio tarkastaa rakentamiseen toimitetun aineiston osana mallipohjaista laadunvarmistusmenettelyä. Inframallin laatu koostuu aineiston yhteensopivuudesta, teknisestä kelpoisuudesta ja kattavuudesta. (BSF, 2019)

Työnjohto vastaa mallinnuksen toteutuksen aikatauluttamisesta, ohjauksesta, toteutuksesta sekä mallipohjaisesta laadunvarmistuksesta kokonaisuudessaan sekä säännöllisestä valmiusasteen, toteuman ja laadunvarmistuksen seurannasta sekä hankkeen loppudokumentoinnista. Työnjohto vastaa myös työmaaorganisaation perehdyttämisestä mallipohjaiseen tuotantoon ja mallipohjaiseen laadunvalvontamenettelyyn sekä vastaa laadunvarmistusmittausten tarkastamisesta ja hyväksymisestä. Työmaan mittaaja vastaa käytettävän mittakalustonsa tarkkuudesta ja mittausten oikeellisuudesta. Mittaajan tehtäviä ovat mm. tarke- ja toteumamittaukset sekä muut laadunvarmistusmittaukset, kartoitus- ja merkintämittaukset, tukiasemien alustaminen ja ylläpito, työkoneiden ja tukiasemien tarkastusmittaukset sekä niiden dokumentointi. Työkoneen kuljettaja vastaa oman työkoneensa koneohjauslaitteiden toimivuuden seurannasta sekä laitteella suoritettavista toteumamittauksista ja kartoituksista mallipohjaisen laadunvalvontamenettelyn mukaisesti. Työkoneen kuljettaja perehtyy hankkeen koneohjausaineistoon ja laadunvarmistuskäytäntöihin. Työkoneen kuljettajille kuvataan työkoneilla tehtävän toteuma- ja kartoitusmittausten käytännöt ja toteutettavien rakenneosien toleranssit. Työmaan mittaussuunnitelma on työmaan mittauksista vastaavan henkilön laatima dokumentti, jossa kuvataan, miten ja millä resursseilla mittaukset, työkoneohjauksella toteutettavat työvaiheet, laskennat ja laatudokumentoinnit on tarkoitus toteuttaa. Mittaussuunnitelman sisältö voidaan esittää myös osana rakennushankkeen tiedonhallinta-, laatu- tai laadunvarmistussuunnitelmaa. Jos mittaussuunnitelma on laadittu osana laatusuunnitelmaa jo tarjouslaskentavaiheessa, pitää dokumenttia päivittää ennen rakennusurakan käynnistymistä kyseisen työmaan olosuhteet huomioiden. (BSF, 2019)

Mallipohjainen rakentamishanke toteutetaan suunnitelma-aineistoon perustuen ja mallipohjaisia tuotantomenetelmiä käyttäen. Suunnitteluvaihe tuottaa urakan hankintaan sekä rakentamisen tarpeisiin lähtötietoaineistot, rakennussuunnitelmamallin, suunnitelmat, taustakartat sekä vaaditut dokumentit. Rakentamisvaiheen aikana rakennussuunnitelmamallista jalostettuja toteutusaineistoja hyödynnetään työsuunnittelussa, koneohjauksessa ja laadunvarmistuksessa. Rakennusvaiheen aikana laadittavan toteutusaineiston on vastattava rakennussuunnitelman sisältöä. Rakentamisen aikana kerätään digitaalista laatu- ja toteuma-aineistoa, joka luovutetaan projektin valmistuessa tilaajalle. Luovutusaineisto muodostaa rakennetun väylän tai alueen digitaalisen kopion, joka viedään rekistereihin, karttajärjestelmiin sekä omaisuudenhallinnan ja kunnossapidon tueksi. Rakentamisvaiheesta kerättävä aineisto täydentää aikaisempien hankkeen vaiheiden tietoja ja mahdollistaa elinkaaritiedonhallinnan katkeamattoman ketjun. (BSF, 2019)

Mallipohjainen laadunvarmistusmenetelmä on inframallinnusta ja työkoneautomaatiota hyödyntävä maarakentamisen työnaikaisen laadunvarmistuksen menetelmä, jolla tuotetaan laatu-, toteuma- ja tarketietoa urakoitsijan ja tilaajan tarpeisiin. Inframalliaineiston dokumentaatio on tärkeä ja oleellinen osa mallinnusprosessia sekä laadunvarmistusta ja luovutusaineistoa. Luovutusvaiheessa tulee varmistua siitä, että luovutettava aineisto on tilaajan kanssa yhteisesti sovitun mukainen. Luovutettavan tietomalliaineiston tulee soveltua käyttötarkoitukseensa ja täyttää eri hankevaiheiden rakenneosille osoitetut vaatimukset geometrian ja tietosisällön osalta. Luovutusaineiston tulee olla hyvin dokumentoitua ja sellaisessa muodossa, että tieto on mahdollisimman helposti käytettävissä ja jatkohyödynnettävissä. (BSF, 2019)

Työkoneohjausjärjestelmien tarkkuus tarkistetaan aina ennen kuin työkone otetaan käyttöön työkohteessa ensimmäistä kertaa. Työkoneen tarkastusmittaukset sidotaan työmaan mittausperustaan ja tarkastuksen tulos saadaan vertaamalla työkoneohjausjärjestelmän paikkatietoa mittalaitteen tai mittapisteen koordinaattien arvoihin. Tarkastus tehdään työmaan mittajaan toimesta yhteistyössä työkoneen kuljettajien kanssa. Työnjohdon tulee seurata tai olla tietoinen tarkastusten tuloksista. RTK-GNSS -mittalaitteilla tai takymetrillä suoritetaan toteumamittauksia työkoneohjauksella toteutetuista rakenteista. Mittalaitteilla suoritettavat toteumamittaukset täydentävät työkoneilla suoritettuja toteumamittauksia, mutta ovat myös osa työkoneautomaatiolla toteutettavan työn laadunvarmistusta. Mittalaitteilla suoritetaan

tarkastusmittauksia, joilla tarkoitetaan työkoneille ja tukiasemille suoritettuja säännöllisiä tarkastuksia. Tämä käytäntö tuo esiin mahdolliset paikannusjärjestelmän poikkeamat tai koneohjausjärjestelmien viat mahdollisimman nopeasti ja korjaus voidaan tehdä välittömästi. Tarkastusmittauksiin liittyy oleellisena osana hankealueelle mitattavat tarkastuspisteet, joiden avulla koneenkuljettajat voivat myös itsenäisesti seurata työkoneautomaatiojärjestelmiensä paikkatiedon tarkkuutta. Kontrollimittauksella tarkoitetaan mallipohjaisen laadunvalvonnan mittauksia, joilla todennetaan työmaaorganisaation tuottamien laadunvarmistusmittausten luotettavuutta. Kontrollimittaukset sidotaan aina työmaan mittausperustaan. Mittauksia voidaan verrata työmaan tuottamiin toteuma- tai tarkemittauksiin. Kontrollimittauksiin on tärkeää sisällyttää mittaustarkkuuden todentavat dokumentit, kuten takymetrimittausten orientointitulokset tai RTK-GNSS-laitteiden tarkistusmittaustulokset hankkeen mittausperustaan kuuluvilta kiintopisteiltä. (BSF, 2019)

Tukiasemien tarkastusmittaukset tehdään takymetrillä kerran kuukaudessa tai kun on syytä epäillä tukiaseman sijainnin muuttuneen, ja tarkastuksen tulokset dokumentoidaan. Tarkkuusvaatimus on ± 20 mm (xyz). Mikäli tarkastusmittauksessa saatu tulos ylittää vaaditun tarkkuuden, tukiasema kalibroidaan. Paikallisen GNSS-tukiaseman säännöllisellä tarkastuksella varmistetaan, että tukiasema ei ole siirtynyt alustuksen jälkeen ja mittalaite toimii vaaditussa tarkkuudessaan. Lisäksi GNSS-tukiaseman tarkkuuden seuranta tehdään vähintään kerran viikossa tekemällä tukiasemaan yhteydessä olevalla GNSS-mittalaitteella tunnetun koordinaattipisteen mittaus. GNSS-virtuaalitukiasemaa hyödyntävässä mittauksessa käytetään samaa tarkastusmenetelmää. (BSF, 2019)

2.6 Verkkotietojärjestelmä ja vesihuollon kartoitus

Verkostojen tarkka sijainti tulisi olla tiedossa suunnittelun, rakentamisen ja kunnossapidon mahdollistamiseksi. Vuonna 2014 voimaan tulleen vesihuoltolain muutoksen jälkeen vesilaitoksien tuli saattaa tiedot verkostojen sijainnista sähköiseen muotoon viimeistään vuoden 2016 loppuun mennessä. Karttojen ollessa sähköisessä muodossa voidaan käytettävä taustakartta valita tarkoitukseen sopivaksi ja tarvittaessa haluttuja kohteita voidaan korostaa kartalla. Sähköisessä muodossa verkkotietojärjestelmässä voidaan jokaiselle kartalla olevalle kohteelle määritellä erikseen ominaisuustiedot. Esimerkiksi vesijohtojen ominaisuustietoihin voidaan syöttää

putken asennusvuosi, paineluokka, asentaja, halkaisija, muoto ja materiaali. Paperisella kartalla tämä ei olisi mahdollista kartan muuttuessa nopeasti lukukelvottomaksi merkintöjen määrän takia. Hakutoiminnoilla voidaan sähköisistä kartoista hakea kohteita käyttäjän määrittelemien ehtojen mukaan. Paikkaansapitävä sähköinen karttatieto mahdollistaa esimerkiksi luotettavan verkostolaskennan ja järjestelmässä olevien karttakohteiden sijainnin tarkkuutta voidaan arvioida tarkastelemalla tietojen alkuperää. (Lähteenmaa, 2016)

Vesihuollon paikkatietojen käyttäjiä ovat vesihuoltolaitoksen lisäksi vesihuollon ja maankäytön suunnittelijat suunnittelun eri aluetasoilla, kuntien ja valtion ympäristöviranomaiset sekä tutkijat. Kaikkien käyttäjien kannalta on tärkeää, että tiedot ovat laadultaan riittävän luotettavia ja kattavia. Jos vesihuollon paikkatietojen laatu saadaan luotettavaksi, voidaan eri käyttäjäryhmien tehtäviä helpottaa, sillä paikkatietotekniikat mahdollistavat tietoaineistojen tehokkaan käsittelyn sekä tietojen esittämisen havainnollisessa ja visuaalisessa muodossa. Esimerkiksi uusien asuinalueiden sijaintia suunniteltaessa on tieto olemassa olevan vesihuoltoverkoston sijainnista ja kapasiteetista tärkeä lähtötieto. Ajan tasalla olevat paikkatiedot helpottavat lainsäädännön (mm. vesihuoltolaki, ympäristönsuojelulaki sekä maankäyttö- ja rakennuslaki) tavoitteiden toteuttamista ja tavoitteiden toteutumisen seuranta. (Suomen ympäristökeskus, 2004)

Verkostokarttoihin tallennettavat tiedot ja niiden tarkkuus vaihtelevat suuresti eri vesihuoltolaitosten alueilla. Toisissa kunnissa on digitoitu kaikki johdot tonttiliittymiä myöten, kun taas toisissa kunnissa vain päälinjat ovat digitaalisessa muodossa. Joskus on digitoitu vain esimerkiksi viemäriverkosto ja vesijohtoverkosto on merkitty kulkemaan viemäreiden suuntaisesti. Myös sijaintitarkkuus vaihtelee. Osa putkilinjoista on tarkkaa, maastossa mitattua tietoa, osa taas saattaa olla vanhoista suunnitelmakartoista digitoituja. Ominaisuustiedoista on yleensä tallennettu putken koko, materiaali ja rakentamisvuosi sekä pumppaamot ja venttiilit. Aineiston tuottajan tulisikin raportoida tarkasti tiedon alkuperä ja laatuun vaikuttavat tekijät, jotta käyttäjä voi tietojen analysoinnissa ja tulosten tulkinnassa ottaa huomioon mahdolliset virhelähteet. Toisinaan käytössä on pelkkä sijaintitieto. Yleisesti ottaen, mitä suuremmasta vesihuoltolaitoksesta on kyse, sitä tarkemmin verkoston sijainti- ja ominaisuustiedot on tallennettu. (Suomen ympäristökeskus, 2004)

Maanalaisten johtojen kartta eli johtokartta on erityismaastokartta, jolla kuvataan maan alle sijoitettuja johtoja, kaapeleita ja niihin välittömästi liittyviä maanalaisia ja maanpäällisiä varusteita. Sijaintitarkan johtokartan tehtävänä on osoittaa mittatarkasti ja havainnollisesti johtojen ja laitteiden sijainnit. Johtokartoilla kuvattavia eri johtolajeja ovat vesijohdot, jäte- ja hulevesiviemärit, sähkö- ja tietoliikennekaapelit sekä kaukolämpö- ja kaasujohdot. Eri johtolajit erotetaan toisistaan väreillä ja tunnuksilla. Johtokartan tarkoitus on olla yksi maanalaisten rakenteiden suunnittelun ja toteuttamisen sekä huollon perusta. Sen avulla pyritään helpottamaan sekä mahdollistamaan uusien johtojen sijainti- ja reittisuunnittelua sekä estämään johtojen vaurioituminen kaivu- tai muun maaperään kohdistuvan toimenpiteen yhteydessä. (SFS 3161)

Verkkotietojärjestelmä esim. Trimble NIS on vesihuolto-, kaukolämpö- ja kaasuyhtiöiden liiketoimintaan suunniteltu järjestelmä, joka muodostuu älykkästä, toimialakohtaisesta verkkomallista ja siihen integroiduista paikkatietotoiminnallisuuksista. Trimble NIS koostuu toimialasovelluksista kunnossapidon, omaisuudenhallinnan, verkostolaskennan ja verkkoinvestointien hallintaan. Tieto omaisuudesta luotettavasti ja helposti yhdessä järjestelmässä on tärkeää koko verkon elinkaaren ajan verkko-omaisuuden hallinnan tehostumisen kannalta. Kunnossapidossa verkkotietojärjestelmää voidaan hyödyntää korjaus-, tarkastus- ja kunnossapitotöiden suunnittelussa ja aikataulutuksessa perustuen budjettiin ja resursseihin. Kunnossapitotietoja voidaan yhdistää verkko-omaisuuden muihin ominaisuustietoihin analysointia varten, ja tiedoista voidaan tehdä raportteja investointisuunnitteluun. Kunnossapitotietoja voidaan myös tarkastella ja syöttää kentällä mobiililaitteiden avulla ja hyödyntää käyttötoiminnassa. Omaisuuden ominaisuustietoja kuten tilaa, kuntoa, sijaintia, ikää ja alueellisia kulutuksia voidaan analysoida, ja omaisuuden nykyarvo ja jälleenhankintahinta voidaan laskea. Omaisuudenhallinnan välineiden avulla pystytään tekemään perusteltuja investointipäätöksiä ja hallitsemaan saneerausvelkaa. Putkiverkostoja koskeva tieto voidaan dokumentoida ja tallentaa siten, että se on kattavasti hyödynnettävissä verkostolaskennassa. Työkalut mahdollistavat verkkotietojärjestelmän aineiston laskennan verkoston ja venttiilien tilojen muutosten sekä eri skenaarioiden osalta. Investointien suunnittelussa ja priorisoinnissa voidaan hyödyntää myös muita tunnuslukuja, kuten kuntoindeksejä ja alueellisia vertailuarvoja. (Trimble, 2017)

Verkkotietojärjestelmään kartoittaessa on voinut tapahtua useampia korkeusjärjestelmien ja koordinaatistojen muutoksia alkuperäisten piirustuksien laatimisen jälkeen kaikista vanhimmissa verkostojen osissa aiheuttaen virheitä sijaintitietoihin. Lisäksi verkostokartasta ja verkkotietojärjestelmästä voi löytyä systemaattisia virheitä tallentamisen ja mittauksien yhteydessä. Myös ominaisuustietoja, kuten käytettyjen putkien materiaali ja putkikoko, on voinut jäädä alkuperäisistä suunnitelmakartoista dokumentoimatta verkkotietojärjestelmään. Monesti vanhojen johtojen ja putkien tarkka todellinen sijainti on vain tiedossa niiden rakentajilla ja alkuperäisillä asukkailla. Vapaasti digitoituihin sijainti- ja korkeustietoihin tulee suhtautua varauksella. (Lähteenmaa, 2016)

Valtaosan viemäriverkostosta toimiessa painovoimaisesti on oikeiden korkeuksien ja kaatojen merkitys ratkaisevaa suunnittelussa ja rakentamisessa. Maastossa mitatut tiedot luetaan verkkotietojärjestelmään. Lukemisen jälkeen ohjelmisto ilmoittaa avautuvalla ikkunalla luettujen pisteiden määrän ja mahdolliset virheilmoitukset. Mitattujen tietojen siirtämiseksi NIS-verkkotietojärjestelmään täytyy mittaustyö kirjoittaa oikeaan formaattiin. Mahdollisia virheilmoituksia voi aiheuttaa kaksoispisteet tai väärällä lajikoodilla mitatut pisteet, joita ei ole määritelty. Kartoitettua tietoa lisätään NIS-verkkotietojärjestelmään erilaisten työkalujen avulla eri karttasymbolein (esim. kaivojen, putkien ja venttiilien lisäys). Kartoittaja voi lisätä NIS-verkkotietojärjestelmään tekstikenttiä ja karttapisteitä, kuten viemäriin mitattuja pisteitä. Kohteiden lajia ja ominaisuustietoja voidaan muokata ja valittuja kohteita tarvittaessa poistaa. Saneeratut putkistot voidaan muuttaa vastaamaan nykytilannetta. Lisätyt mittauserät voidaan erotella ja niitä voidaan jälkikäteen analysoida. (Lähteenmaa, 2016)

Kun jokaiselle mitatulle kaivolle on määritelty oma tunnus, voidaan verkoston viemärit liittää kaivoihin: viemäriputken pää vedetään kaivossa olevaan sitä kuvaavaan mitattuun viemäriin pisteeseen. Viemäriputken ollessa liitetty oikein mitattuihin pisteisiin voidaan putken ominaisuustietoja tarkastelemalla saada selville esimerkiksi putken kaato- ja korkeusero. Mahdolliset väärät korkeudet viemäreissä erottaa hyvin tarkastelemalla joko kartalle näkyviin asetettuja tunnuksia tai tekemällä putkilinjasta pituuspoikkileikkauksen. Vesijohtoja lisättäessä materiaalien ja halkaisijoiden kanssa pätevät samat periaatteet kuin uusien viemäriputkien lisäessä. Vesijohto tulee myös kytkeä venttiileihin, jotta verkoston eheytyminen ja verkostolaskenta on mahdollista. (Lähteenmaa, 2016)

3 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tässä diplomityössä toteutettiin haastattelututkimuksia kolmessa eri vaiheessa. Haastatteluiden tavoitteena oli:

- Ensiksi kartoittaa vesihuollon johtokarttamittausprosessin ongelmakohdat tilaajan ja rakennuttajan näkökulmasta ja kerätä kehitysideoita ja vesihuoltolaitosten hyväksi havaittuja mittauskäytäntöjä, joiden avulla Oulun Veden johtokarttamittausprosessia saataisiin kehitettyä. Työssä haastateltiin Oulun Veden suunnittelu- ja rakennuttamistiimiä ja seitsemää vesihuoltolaitosta, sekä tutustuttiin eri vesihuoltolaitosten mittausohjeisiin (Mittausohje toimitetaan urakoitsijoille urakka-asiakirjojen liitteenä ja se määrittää mittaus- sekä mittaustiedon toimituksen käytännöt, jolloin sen päivittäminen nähtiin keskeisimmäksi toimenpiteeksi johtokarttamittausprosessin kehittämiseksi).
- Seuraavaksi kehitysideoiden ja haastattelututkimusten pohjalta laadittiin Oulun Vedelle päivitetty mittausohje, jota muokattiin urakoitsijoiden ja sidosryhmien lisähaastatteluiden ja Oulun Veden kommentointikierrosten perusteella työn ajan.
- Lopuksi kehitysideoiden toimivuudesta ja päivitetyn mittausohjeen eri versioista kerättiin käytännön palautetta ottamalla niitä koekäyttöön yhteen Oulun Veden urakkakohteeseen (Koulukujan ja Värjäntien vesihuollon ja katujen saneeraus). Koeurakkakohteen urakoitsijaa ja Oulun Veden kartoittajaa haastateltiin avoimesti urakan aikana aina mittausdatan toimitusten yhteydessä, työmaakokouksissa ja urakan lopuksi.

3.1 Tutkimuksen tausta – Oulun Veden nykyinen mittausprosessi

Oulun kantakaupungin vedenhankinta perustuu Oulujoesta otettavaan raakaveteen. Vuonna 1993 Oulun Vesilaitos muuttui kaupungin liikelaitokseksi. Oulun kaupungin tavoitteisiin kuuluu vesihuollon osalta mm. verkoston hyvä kunto, vedenhankinnan ja vedenlaadun turvaaminen, missä yhtenä osa-alueena on verkostojen saneerausvelan hallitseminen. Vesijohtovuotojen määrät ovat pitkällä aikavälillä selvästi vähentyneet ja jakeluvarmuus on säilynyt erittäin hyvänä, mikä on osittain lisääntyneiden saneerausinvestointien ansiota. Oulun kaupungin kasvaessa vesilaitos on laajentunut ja

nykyään vedentuotanto ja -puhdistus yksikköön kuuluu kaksi pintavesilaitosta, kaksikymmentä pohjavedenottamoita sekä kaksi jätevedenpuhdistamoita ja käyttölaboratorio. (Oulun Vesi 2016)

Vuonna 2020 Oulun Vesi -liikelaitoksen kartoitettua vesijohtoverkostoa oli 1981 km, jätevesiviemäriverkostoa 1327 km ja hulevesiviemäriverkostoa 675 km. Verkostoinvestoinnit olivat yhteensä 12,0 milj.€. Hankkeita oli 40 kappaletta, joista saneeraushankkeita oli 28. Hankkeiden rakennuttamis- ja valvontatehtävät tehtiin kokonaisuudessaan omana työnä. Merkittävä osa hankkeista oli yhteisiä yhdyskunta- ja ympäristöpalveluiden kanssa. Vuoden aikana vesihuoltoverkostoja rakennettiin ja saneerattiin yhteensä 62 km, josta saneerauksen osuus oli 15 km. Uusia vesijohtoja ja jäte- sekä hulevesiviemäriä rakennettiin yhteensä 47 kilometriä. Saneeraukset kohdistuivat isoihin runkolinjoihin, mikä pienensi saneeratun verkoston kokonaispituutta. Verkostojen saneerauksia on tarkoitus toteuttaa myös lähivuosina nykyiseen tapaan vuotovesimäärien ja saneerausvelan pienentämiseksi. Vesihuollon omaisuuden hallintaan panostetaan, saneerausvelan analysointia ja verkostojen elinkaaren hallintaa kehitetään. Verkstoinvestointien painopiste on siirtynyt uudisrakentamisesta saneeraushankkeisiin. Verkkotietojärjestelmän tietojen tarkentamiseksi tehtiin mittauksia Kiimingin verkostoissa. Oulun Vesi oli mukana Oulun kaupungin katu- ja viherpalveluiden kanssa infrahankkeiden suunnittelu- ja toteutusvaiheiden tiedonhallinnan kehittämishankkeessa. Kenttätyöskentelyn apuvälineeksi käyttöön otettiin Trimble UTG karttaohjelmisto, mikä mahdollistaa verkstokartan käytön maastossa älypuhelimella, tabletilla tai tietokoneella. (Oulun Vesi, 2020)

Suunnittelu- ja rakennuttamisyksikkö huolehtii Oulun Veden verkstohankkeiden suunnittelusta ja rakennuttamisesta. Suunnittelutiimin tehtäviin kuuluu mm. vesihuollon verkstojen suunnittelu ja suunnitteluttaminen, **johtokartan ylläpito** ja rakentajien tekninen asiakaspalvelu. Rakennuttamistiimi hoitaa verkstohankkeiden rakennuttamis- ja valvontatehtävät. Oulun Veden kilpailuttamien urakkakohteiden määrä vuosittain vaihtelee 30-40kpl välillä ja urakoitsijat toimittavat niistä mittausaineistoa Oulun Vedelle lisättäväksi verkkotietojärjestelmään verkstokartalle. (Oulun Vesi 2021)

Oulun Veden urakka-asiakirjoissa on määritetty, että kokonaishintaan tulee sisällyttää kaikki työt ja materiaalihankinnat. Urakoitsijalle kuuluu töiden ja aikataulun ohjaaminen. Urakoitsija voi jakaa osan töistä aliurakoiksi. Urakoitsijan tulee toimittaa

tilaajavastuulain mukaiset asiakirjat aliurakoitsijoiltaan ja aliurakoitsijat on hyväksyttävä tilaajalla. Pääurakoitsija vastaa aliurakoitsijan toiminnasta ja työstä kuten omastaan. Urakoitsijan on tarjouksessaan ilmoitettava, ketkä ovat tähän työhön ehdotettavat urakoitsijan edustajat, vastaava työnjohtaja, sähkötyönjohtaja sekä heidän referenssitietonsa. Lisäksi tarjouksessa on ilmoitettava käytettävät aliurakoitsijat sekä heidän referenssitiedot ja tiedot pätevyyden osoittamiseksi. Kaikkien töiden osalta tarjouspyyntöasiakirjoissa on esitetty määrä- ja yksikköhintaluettelot, joissa on yksilöity urakkaan kuuluvat työt. Johtokarttamittaukset kuuluvat urakkaan ja ne suoritetaan erillisen ohjeen mukaisesti (mittausohje). Määrä- ja yksikköhintaluetteloissa ei ole eritelty johtokarttamittauksia, vaan kustannukset tulee sisällyttää vesihuollon putkilitteroille. Rakentamisesta on laadittava laatusuunnitelma, jossa esitetään käytettävät työmenetelmät, laadunvalvonta ja valmiin työn kelpoisuuden osoittaminen. Työn kelpoisuutta valvotaan laatusuunnitelman mukaisesti. Urakoitsijan tulee toimittaa vastaanottotarkastuksessa rakennuttajalle laatukansio. Siinä esitetään mm. tarkepiirustukset, joihin on merkitty kaikki muutostyöt ja poikkeamat suunnitelmapiirustuksista sekä muut esille tulleet oleelliset asiat. Maksuerätaulukon viimeisen maksuerän tulee olla vähintään 10 % urakan kokonaishinnasta. Viimeinen maksuerä on maksukelpoinen sen jälkeen, kun tilaaja on hyväksynyt ja vastaanottanut työn, urakoitsijan toimitukseen kuuluvat dokumentit on toimitettu, taloudellinen loppuselvitys on pidetty ja mahdolliset vastaanottotarkastuksessa havaitut urakoitsijan vastattavaksi todetut virheet ja puutteet on korjattu. Puutteellisten laatudokumenttien toimittamisen vuoksi myös aiempien maksuerien maksukelpoisuutta on alettu Oulun Vedellä arvioida ja määrittää dokumenttien toimittamisella (esim. maksuerää koskevien putkilinjojen johtokarttamittaukset tulee olla toimitettuna ennen maksuerän laskituksen hyväksymistä). Urakoissa noudatettavat asiakirjat ja niiden keskinäinen pätevyysjärjestys:

Kaupalliset asiakirjat

- 1) urakkasopimus
- 2) sopimuskatselmuspöytäkirja
- 3) tarjouspyyntö ja ennen tarjouksen antamista annetut kirjalliset lisäselvitykset
- 4) urakkaohjelma
- 5) turvallisuusasiakirja
- 6) rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998
- 7) urakkatarjous liitteineen (määrä- ja yksikköhintaluettelot)
- 8) maksuerätaulukko
- 9) poikkeukset InfraRYL määramittausperusteisiin
- 10) InfraRYL määramittausohje

Tekniset asiakirjat

- 11) piirustus- ja asiakirjaluetteloiden mukaiset suunnitelmapiirustukset ja asiakirjat
- 12) InfraRYL (ei liitteenä)
- 13) suunnitelmapiirustuksissa ja urakan muissa asiakirjoissa mainitut kaikki yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset

Urakoiden vesihuoltosuunnitelmakartoissa on esitetty käytöstä poistettavat, tulpattavat ja purettavat vesihuoltorakenteet. Nykyiset putkirakenteet kytketään rakennettavaan verkostoon suunnitelmien mukaisesti. Liitostyöt kuuluvat urakkaan. Vesihuoltojärjestelmien töissä noudatetaan InfraRYL3100 lisäksi RIL-77–2013 (Maahan ja veteen asennettavat kestumuoviputket) määräyksiä ja ohjeita, sekä putkien, osien ja laitteiden valmistajien antamia ohjeita. Ennen johtolinjojen peittämistä urakoitsijan tulee kustannuksellaan mitata tai mittauttaa kaikki rakennetut vesihuollon putket, kaivot ja laitteet xyz-koordinaatistossa Trimble NIS -tietokantaan sopivassa sähköisessä muodossa. Urakoitsijan tulee lisäksi tehdä uusista kaivoista kaivokortit, joista selviää putkien sisäpohjankorkeudet, tulosuunnat ja materiaalit sekä kaivojen tyyppi, pohjan ja kannen korkeudet, halkaisija ja kannen tyyppi. Putken sisäpohjan korkeus mitataan kaivojen lisäksi myös imuaukkojen ja purkuaukkojen kohdalta. Urakoitsijan tulee varmistaa ennen kaivantojen täyttämistä, että kaikki putki- ja johtolinjat on mitattu. Urakoitsija on velvollinen tekemään suunnitelmista poikkeavasti toteutetusta rakenteesta tarkepiirustukset ja toimittamaan ne tilaajalle.

Nykyisessä johtokarttamittausprosessissa Oulun Veden kartoittaja päivittää johtokarttaa manuaalisesti urakoitsijan tekemien mittausten, palautekuvien ja kaivokorttien perusteella. Urakoitsijat toimittavat mittausaineistoa urakoiden toteumasta yleensä pistesijainteina GT-formaatissa sähköpostitse ja Oulun Veden kartoittaja siirtää ja tallentaa aineiston Trimble NIS -verkkotietojärjestelmään verkostokartalle ja yhdistää pistesijainnit viivoiksi kuvaamaan putkilinjoja. Järjestelmään on tallennettu kattavasti vesihuoltoverkoston eri kohteet koordinaatteineen sekä ominaisuustietoineen. Kaivokorteista käy ilmi kaivon liittyvien putkien, kaivonkannen ja kaivon pohjan korkeustiedot ja kaivon materiaalitiedot. Kaivoille on suunnitteluvaiheessa määritetty oma kaivonumeronsa, jonka perusteella se voidaan paikantaa verkkotietojärjestelmän haulla. Kaivokortissa esitetään piirros kaivon liittyvistä putkista. Kaivokorttien ja vesihuoltosuunnitelman perusteella kartoittaja täydentää viettoviemäreiden ominaisuustiedot ja lisää kaivot verkostokartalle. Urakoitsija merkitsee vielä palautekuviin suunnitelmakartalle toteuman ja mahdolliset suunnitelmamuutokset. Detaljikuville pyritään selkeyttämään putkien liitoskohdat ja risteämät valokuvien tai

piirtämällä havainnollistaen. Kartoittaja vertaa toteumaa suunnitelmiin ja tarvittaessa selvittää mittausaineiston epäselvyydet rakennuttajan ja urakoitsijan kanssa. Oulun Vedelle toimitetaan vesijohtojen ja jätevesiviemäreiden lisäksi Oulun kaupungin yhteishankkeissa kadunkuivatukseen liittyvien hulevesiviemäreiden sijaintitiedot. Vuoden 2021 alusta alkaen kaikkien Oulun kaupungin hulevesijärjestelmien kokonaisvastuu ja rakennuttaminen siirtyi Oulun kaupungin Yhdyskunta- ja ympäristöpalveluille.

Oulun Veden tarkemittausohje oli tämän diplomityön alkaessa kahdessa osassa ”Työmaan tarkemittausohjeet mittaajalle” ja ”Työmaan tehtävät mittaustehtävien suorittamiseksi”. Ohjeiden jaon ajatuksena oli, että jälkimmäinen ohje oli työmaan käyttöön poikkeustapauksissa, jos mittaajaa ei ollut paikalla ja kaivanto piti saada nopeasti peitettyä. Siinä oli osittain samat ohjeistukset kuin mittaajan ohjeistuksessa, jolloin urakoitsijoille saattoi jäädä epäselväksi sen käyttö vain poikkeustapauksissa. Mittaajan tarkemittausohjeessa oli lueteltu sanalliset ohjeistukset runkovesijohtojen, tonttivesijohtojen, vesijohdon venttiilien, paineviemärien, viemärien, viemärien talohaarojen ja erikoiskohteiden mittaamiselle. Lisäksi ohjeeseen oli lisätty yleisohjeistuksia mittaustietojen toimittamisesta, luovutettavan tiedoston muodosta ja kaivokorttien teosta. Mittausohjeen lopussa oli lista Oulun Veden käyttämästä vesihuollon lajikoodituksesta mittausdataan. Mittausohjeet toimitettiin urakoitsijalle aina urakan työselostuksen liitteinä ja lisäohjeita sai tarvittaessa urakan valvojalta ja Oulun Veden kartoittajalta. Osa mittauskäytännöistä sovittiin urakoiden edetessä ja mittauskäytännöt eivät olleet kaikilla urakoitsijoilla tiedossa ja epäselvyyksiä ilmeni varsinkin uusien urakoitsijoiden kanssa, jotka eivät olleet aiemmin työskennelleet Oulun Veden urakkakohteissa.

3.2 Oulun Veden suunnittelu- ja rakennuttamistiimin haastattelut

Oulun Veden sisäiset haastattelut toteutettiin avoimina keskusteluina työn ajan sähköpostitse, puhelimitse ja palaverien. Oulun Veden rakennuttamistiimiä ja kartoittajaa haastateltiin nykyisen mittausprosessin ongelmakohtien kartoituksessa ja tiimipalaverissa järjestettiin aivoriihi ongelmakohtien ratkaisemiseksi. Mittausohjeen päivittämisen eri vaiheista ja kehitysideoiden toteuttamiskelpoisuudesta pyydettiin kommentit Oulun Veden suunnittelu- ja rakennuttamisyksiköltä työn aikana. Haastatteluiden teemat aikajärjestyksessä:

- Oulun Veden nykyinen mittausprosessi ja havaitut ongelmakohdat
- Top 5 kehitysideat
- Vesihuoltolaitosten haastatteluiden ja mittausohjeiden perusteella esitetyt päivitykset mittausohjeeseen
- Urakoitsijoiden haastatteluista saadun palautteen läpikäyminen ja mittausohjeen jatkokehitys
- Kaivinkoneen koneohjauksella tehtyjen mittausten salliminen käytettäväksi vesihuollon tarkemittaamiseen ja siihen liittyvät laadunvarmistustoimenpiteet
- Mittausohjeen viimeistely ja oikoluku.

Oulun Veden kartoittajan, vastaavan rakennuttajainsinöörin ja suunnittelupäällikön haastatteluiden perusteella mittausohjetta muokattiin lopuksi Oulun Veden toimintamalliin sopivaan muotoon.

3.3 Vesihuoltolaitosten haastattelut

Työssä haastateltiin seitsemää vesihuoltolaitosta tavoitteena kerätä tietoa Suomen eri vesihuoltolaitosten johtokarttamittausprosessista, verkkotietojärjestelmän käytöstä ja mittausohjeen sisällöstä, sekä selvittää johtokarttamittauksiin liittyviä ongelmakohtia. Lisäksi haastatteluissa käytiin läpi vesihuoltolaitosten hyväksi havaittuja mittauskäytäntöjä ja kehitysideoita johtokarttamittauksiin liittyen. Haastatteluihin valittiin vesihuoltolaitoksia (Helsinki, Tampere, Turku, Lahti, Vaasa), joiden investointikohteiden ja johtokarttamittausten määrä olisi samaa suuruusluokkaa Oulun Veden kanssa ja mittausprosessi samankaltainen (johtokarttamittaukset kuuluvat urakkaan). Lisäksi haastateltiin Riihimäen Vettä yhtenä pienempänä vesihuoltolaitoksena ja Porin Vettä vertailukohteena urakoissa suoritettavien johtokarttamittausten tekemisestä vesihuoltolaitoksen omana mittaustyönä.

Haastateltavat valikoituivat vesihuoltolaitosten johtokarttamittausten parissa työskentelevistä henkilöistä, joilla oli mahdollisimman laaja käsitys mittausprosessista kokonaisuutena ja kehittämistarpeista. Haastateltavat henkilöt nimettiin vesihuoltolaitosten toimesta ja otantaan saatiin hyvin variaatiota ja tietoa eri näkökulmista, kun haastateltavat toimivat johtokarttamittausprosessin eri tehtävissä ja vastasivat urakoitsijoiden tekemien johtokarttamittausten käsittelystä, kartoittamisesta, johtokartan ylläpidosta ja mittausprosessin kehittämisestä (suunnitteluinsinööri,

rakennuttajainsinööri, kartoittaja, verkostopäällikkö, mittaustyönjohtaja ja johtokartan ylläpitäjä). Vesihuoltolaitosten haastattelut toteutettiin puolistrukturoituina haastatteluina ja haastattelurunko (Liite 1) toimitettiin haastateltaville etukäteen tutustuttavaksi. Haastateltavat toimivat vesihuoltolaitosten käytössä olevat mittausohjeet, joita vertailemalla saatiin vielä lisää tietoa eri vesihuoltolaitosten mittauskäytännöistä ja kehitysideoita Oulun Veden mittausprosessiin. Haastattelut toteutettiin kesän 2020 aikana etänä, haastattelut kestivät keskimäärin tunnin ja haastatteluvastaukset kirjattiin haastatteluiden aikana.

3.4 Urakoitsijoiden ja sidosryhmien haastattelut

Eri vesihuoltolaitosten mittausohjeita vertailemalla, haastatteluiden ja kehitysideoiden perusteella työssä laadittiin ensimmäinen versio päivitetystä mittausohjeesta. Päivitetyn mittausohjeen ja puolistrukturoidun haastattelurungon (Liite 2) pohjalta työssä haastateltiin syksyllä 2020 viittä Oulun alueen vesihuollon urakoitsijaa, jotka olivat tehneet Oulun Vedelle johtokarttamittauksia. Haastatteluiden tavoitteena oli kartoittaa urakoitsijoiden näkökulmasta mittausprosessin ongelmakohtia ja saada palautetta päivitetystä mittausohjeesta ja kehitysideoiden toimivuudesta. Haastateltavat pyrittiin valitsemaan urakoitsijoista, joiden johtokarttamittauksista vastaavalla henkilöllä oli mittausalan koulutusta. Lisäksi yhtenä haastateltavana toimi Oulun Infra -liikelaitos, jonka organisaatioon kuuluu erillinen mittausosasto, ja toisena Oulun Veden urakoissa johtokarttamittauksia aliurakoitsijana tehnyt mittauspalvelu. Haastattelut toteutettiin etänä tai kasvotusten, haastattelut kestivät keskimäärin reilun tunnin ja haastatteluvastaukset kirjattiin haastatteluiden aikana.

Urakoitsijoiden haastatteluissa nousi esille tarve sallia vesihuollon johtokarttamittausten tekeminen kaivinkoneen koneohjauksella, jota ei aiemmin Oulun Vedellä ole hyväksytty vesihuollon tarkemittausten mittaustavaksi. Työssä haastateltiin seuraavaksi Oulun seudun ammattiopiston (OSAO) koulutuskuntayhtymän maarakennusalan henkilöstöä, sekä kahden eri koneohjausjärjestelmien laitevalmistajien edustajia tarkoituksena selvittää kaivinkoneen koneohjausjärjestelmällä tehtävän mittauksen tarkkuus ja luotettavuus. Haastateltaviksi valikoitui koneohjausjärjestelmien parissa työskenteleviä alan asiantuntijoita. Haastattelut alustettiin puolistrukturoidusti puhelimitse ja haastatteluvastaukset palautettiin sähköpostitse (haastattelukysymykset Liite 3).

3.5 Koeurakkakohde

Työn aikana uusia mittauskäytäntöjä ja mittausohjeen päivityksiä testattiin Oulun Veden ja Yhdyskunta- ja ympäristöpalveluiden urakkakohteessa. Kehitysideoiden toimivuudesta saatiin palautetta urakoitsijalta ja Oulun Veden kartoittajalta avoimin haastatteluin urakan ajan. Urakkakohteena oli Oulun kaupungin Haukiputaan kaupunginosassa sijaitsevan Koulukujan ja Värjäntien alueen peruskorjaus. Urakka oli yksikköhintainen kokonaisurakka ja urakkaan kuului vesihuollon ja katujen rakentaminen urakka-asiakirjoissa esitetystä laajuudesta. Vesihuoltosuunnitelmakartassa oli esitetty käytöstä poistettavat, tulpattavat ja purettavat vesihuoltorakenteet. Nykyiset putkirakenteet kytkettiin rakennettavaan verkostoon suunnitelman mukaisesti. Tarjousten vertailu tehtiin kokonaishinnan perusteella, joka perustui suunnitelmista ja muista urakka-asiakirjoista ilmeneviin määriin. Kokonaishintaan tuli sisällyttää kaikki työt ja materiaalihankinnat sekä työn suorittamiseen liittyvät väliaikaiset rakenteet ja laitteet, ellei niitä ollut erikseen toisin mainittu. Urakka-alueella jouduttiin kaivamaan osin tonteilla olemassa olevien verkostojen vuoksi. Työn päätyttyä tontit ennallistettiin alkuperäistä vastaavaan kuntoon. Viheralueiden yms. korjaus-, siistimis- ja viimeistelytyöt kuuluivat urakkaan eikä viheralueiden ennallistamiseen ollut erillisiä määriä määrä- ja yksikköhintaluettelossa. Työnaikaiset viemäriveden ohipumppaukset, kaivantojen kuivanapitotyöt ja mahdolliset tuennat oli sisällytettävä putkilitteroille samoin kuin Oulun Veden johtokarttamittaukset.

Vesihuoltotöihin kuuluivat vesijohtojen ja niihin liittyvien laitteiden asentaminen alitusporauksineen, jäte- ja hulevesiviemäreiden rakentaminen kaivoineen ja alitusporauksineen sekä jätevesipumppaamon asentaminen, pumppaamon pohjalaatan hankinta ja asentaminen, alku- ja lopputäyttöjen tekeminen InfraRYL mukaisesti, johtokarttamittaukset erillisten ohjeiden mukaisesti (Oulun Vesi, Mittausohjeet, 7.4.2017 & Oulun Vesi, Työmaan ohjeet, 7.4.2017), vastaanottoon liittyvien töiden tekeminen ja laatukansion kokoaminen ja muut määrä- ja yksikköhintaluettelon mukaiset työt. Tarjouspyyntöasiakirjoihin lisättiin huomautus, että Oulun Veden mittausohje päivitetään syksyn 2020 aikana ja siihen liittyvät mahdolliset kustannusvaikutukset sovittaisiin valitun urakoitsijan kanssa erikseen. Urakoitsijan kanssa käytiin urakan aloituskokouksessa läpi päivitetty mittausohje ja uudet mittauskäytännöt.

Urakoitsijan tuli laatia kohteeseen kaivantosuunnitelmat ja vesihuoltokaivannon syvyys oli Värjänojan varressa jopa yli 5 metriä. Uutena laadunvarmistuskäytäntönä oli myös mittaus suunnitelman laatiminen. Urakka-asiakirjoissa työmaan laadunvalvontamittauksista ja laadunvalvonnasta oli kirjattu seuraavasti: Ennen johtolinjojen peittämistä urakoitsijan tulee kustannuksellaan mitata tai mittauttaa kaikki rakennetut vesihuollon putket, kaivot ja laitteet, myös rummut xyz-koordinaatistossa Trimble NIS-tietokantaan sopivassa sähköisessä muodossa. Urakoitsijan tulee varmistaa ennen kaivantojen täyttämistä, että kaikki putki- ja johtolinjat on mitattu. Urakka-asiakirjoissa oli myös mainittu, että urakoitsijan tulee tarkistaa suunnitelmien ja maaston korkeusaseman paikkansapitävyys tarpeellisilla tarkistusmittauksilla ennen urakan aloittamista (tarkistusmittauksissa tarkistetaan suunnitelmien mittaus- ja korkeustieto suhteessa maastoon). Urakoitsijan tuli myös selvittää alueella olevien laitteiden ja johtojen tarkka sijainti ennen töihin ryhtymistä.

Oulun Veden urakoissa urakoitsijan tulee toimittaa vastaanottotarkastuksessa rakennuttajalle laatukansio, jossa esitetään mm. tarkepiirustukset, joihin on merkitty kaikki muutostyöt ja poikkeamat suunnitelmapiiirustuksista sekä muut esille tulleet oleelliset asiat. Urakan valmius todetaan YSE:n mukaisessa vastaanottokatselmuksessa. Ennen vastaanottokatselmusta urakoitsijan tulee tehdä urakkaa koskeva itselleluovutus. Itselleluovutus dokumentoidaan ja luovutetaan tilaajalle viimeistään vastaanottokatselmuksessa. Itselleluovutuksessa todetut virheet ja puutteet tulee olla korjattuna ennen vastaanottokatselmusta. Vastaanottotarkastus pidetään erikseen sovittavana ajankohtana töiden valmistuttua. Oulun Veden urakoissa rakennustyö tulee toteuttaa LVR (laatu vastuu) -periaatteella. Urakoitsijan tulee ennen työn aloitusta laatia kohteen projekti- ja työvaihekohtaiset laatu- ja työsuunnitelmat, missä urakoitsija esittää toimet laatuvaatimukset täyttävän työn tekemiseksi ja menettelyt laadun toteutukseksi. Urakoitsijalla on velvollisuus dokumentoida valokuvaamalla piiloon menevät rakenteet (kaivot, venttiilit, liitokset jne.) ennen niiden peittämistä. Dokumenteista on pystyttävä todentamaan tehdyn työn laatu. Urakoitsija ylläpitää sähköistä laatukansiota rakentamisen ajan työn etenemisen mukaisesti. Tilaaja voi suorittaa urakan aikana laadunvalvontakokeita. Tilaajan suorittamat kokeet ja mittaukset eivät vähennä eivätkä korvaa urakoitsijan laadunvalvontaa. Tilaajalla on oikeus tarvittaessa käyttää urakoitsijan mittaryhmää ja laadunvalvontaryhmää omien laatumittausten tekemiseen.

4 TUTKIMUSTULOKSET

Tässä kappaleessa esitetään Oulun Veden päivitetty mittausohje asiakokonaisuuksittain ja haastattelututkimusten tulokset, joiden perusteella uutta mittausohjetta laadittiin työn aikana. Haastatteluista saatiin tietoa mittausprosessin ongelmakohdista niin tilaajien kuin urakoitsijoiden näkökulmista ja kehitysideoita mittausohjeen ja mittauskäytäntöjen muokkaamiseen. Lopullinen mittausohje muokkautui työn aikana aikajärjestyksessä:

- Oulun Veden sisäiset haastattelut
- Vesihuoltolaitosten haastattelut
- Urakoitsijoiden haastattelut
- Sidosryhmien haastattelut

Lopuksi mittausohje viimeisteltiin lopulliseen muotoonsa Oulun Veden suunnittelu- ja rakennuttamistiimin kommenttien perusteella.

4.1 Havaitut ongelmakohdat mittausprosessissa

Oulun Veden sisäisten haastatteluiden perusteella suunnittelu- ja rakennuttamistiimi oli havainnut yleisesti vaihtelevuutta urakoitsijoiden toimittamassa mittausaineiston laadussa ja ongelmia mittausdatan toimituksessa. Mittausaineiston oikeellisuus ja luotettavuus kyseenalaistui ongelmatapauksissa. Havaittuja ongelmakohtia johtokarttamittauksissa oli ollut laajasti eri osa-alueilla mm. puuttuvia mittauspisteitä, vääriä lajikoodauksia, vaihteleva mittaustarkkuus, mittauksen suorittaminen jälkikäteen arvioina kaivannon ollessa jo peitettynä, päällekkäisiä mittapisteitä, korkoheittoja ja mittapisteitä liian harvassa kuvaamaan putkilinjan kulkua sekä suuntaa. Osa urakoitsijoista suhtautui johtokarttamittauksiin välinpitämättömästi ja mittauspisteitä otettiin vain satunnaisesti silloin kuin kaivantoa sattui olemaan auki. Mittausdataa ei monessa tapauksessa ollut itselleluovutettu, vaan se lähetettiin Oulun Veden kartoittajalle tarkistettavaksi. Kartoittajan tekemään puutelistaukseen reagoitiin hitaasti ja johtokarttamittauspuutteet jäivät usein roikkumaan urakan vastaanottoon asti viimeiseksi laadunvarmistustoimenpiteeksi. Johtokarttamittauksia ei ollut suunniteltu ja niiden kustannuksia ei ollut täysin otettu huomioon urakan tarjousvaiheessa. Työmaamestari saattoi hoitaa mittauksia muiden töidensä ohessa ja työmaalla ei ollut käytössä mittausaina sitä tarvittaessa.

Mittauspalvelu voitiin tilata myös aliurakoitsijalta, mutta yleensä tuntihinnalla. Vesihuoltolaitosten haastatteluiden perusteella aliurakoitsijoiden tekemien mittausten kanssa oltiin havaittu enemmän ongelmia kuin urakoitsijoiden oman mittauksen. Urakoitsijat saattoivat säästää tilatuissa mittaustunneissa ja tekivät satunnaisia mittaustöitä myös itse, jolloin lopputuloksista tuli puutteellisia, päällekkäisiä ja sekavia. Mittaukset tilattiin lyhyellä varoitusaajalla ja suurin osa vesihuollosta saattoi olla jo peitettynä ennen kuin aliurakoitsijan mittaajat saapuivat työmaalle. Vesihuollon tarkemittaukseen ei kaikilla aliurakoitsijoilla ollut osaamista, kokemusta tai resursseja. Aliurakoitsijan mittaajat saattoivat myös vaihdella viikoittain eivätkä tällöin tunteneet työmaata ja vesihuoltolaitoksen toimittamaan mittausohjeeseen ei oltu etukäteen perehdytty. Yleisesti nähtiin, että urakoitsijan ja aliurakoitsijan välinen kommunikointi ja töiden aikatauluttaminen ei monissakaan tapauksissa ollut toimivaa.

Vesihuoltolaitoksille toimitettuja puutteellisia johtokarttamittauksia velvoitettiin harvoin korvaamaan arvonalennuksena, koska arvonalennusta oli vaikea määrittää tarkasti, kun johtokarttamittauksia ei ole eritelty määrä- ja yksikköhintaluettelossa. Yksittäisten mittaustietojen arvoa on myös vaikea määrittää kunnossapidon ja omaisuudenhallinnan kannalta, mutta puutteelliset mittaukset tulevat aiheuttamaan tulevaisuudessa lisätöitä ja virheellisiä lähtötietoja niin suunnitelmiin kuin liitoslausuntoihin. Joissain tapauksissa puutteet ja virheet pyrittiin mahdollisuuksien mukaan korjaamaan jälkikäteen ennen urakan vastaanottoa, mutta kaikkia mittauspisteitä ei saada jälkikäteen kartoitettua, jos kaivannot on peitetty ja kadut asfaltoitu, jolloin mittausten kustannukset tulisivat olemaan urakoitsijalle kohtuuttomat. Virheellinen mittausaineisto kuormittaa tiedon viemistä verkkotietojärjestelmään ja moninkertaistaa kartoittajan manuaalista työtä, jos aineisto toimitetaan virheellisenä tai puutteellisenä, ja näin ollen lisää myös hankkeiden kustannuksia.

Kaikkien haastateltavien vesihuoltolaitosten johtokarttamittausprosessin aikana oli koettu ongelmia urakoitsijoiden tekemissä johtokarttamittauksissa. Osa ongelmatapauksista oli koettu kuitenkin pieniksi puutteiksi ja virheiksi, jotka olivat tapahtuneet urakoiden alkuvaiheissa. Ongelmallisimmaksi osa-alueeksi suurin osa vesihuoltolaitoksista koki mittaustiedon saamisen: puuttuvia mittauspisteitä ja vääriä lajikoodauksia, jotka johtavat myös ongelmiin mittausdatan manuaalisessa käsittelyssä. Jos mittausdata toimitettiin oikeassa muodossa ja virheettömänä, niin sen manuaalista siirtämistä verkostokartalle ei nähty ongelmalliseksi tai aikaavieväksi. Suurin osa

haastateltavista koki, että mittausdatan luotettavuus kärsii, kun mittaustietojen toimittaminen ja mittaukset eivät ole järjestelmällistä. Vain osalla vesihuoltolaitoksista mittaustietoa oli jäänyt kokonaan saamatta esim. urakoitsijan konkurssitapauksessa, mutta osa vesihuoltolaitoksista käytti omaa mittausta urakoitsijoiden puuttuvien mittausten täydentämiseen, jolloin mittaustieto saatiin jälkikäteen osittain eikä mittaustietoa jäänyt kokonaan puuttumaan.

Koeurakkakohteessa Koulukujan ja Värjäntien alueen peruskorjauksessa urakoitsijan mittaaaja ei ehtinyt mittaamaan kaikkea vesihuoltoa ennen kaivantojen peittämistä, vaan mittauksia tehtiin kiireellä ja osittain jälkikäteen. Mittauksissa havaittiin huolimattomuusvirheitä ja mittausaineistoa toimitettiin myöhässä ja osaksi puutteellisena. Mittaustietoa toimitettiin epäsäännöllisesti, koska mittaus suunnitelmaan ei aluksi määritelty mittausdatan toimitusväliä, ja kaivokortteja ei toimitettu muun mittausaineiston ohella vaan vasta urakan lopuksi. Kun urakassa tuli lisätöitä ja urakka-aika piteni, niin hämmennys kasvoi, milloin johtokartta-aineistoa toimitettaisiin. Puutteellisen aineiston vuoksi kartoittamiseen kului ylimääräistä työtä, kun kartoittaja joutui kirjaamaan huomautuksia ja kysymyksiä keskeneräiseen karttaan. Kuten monissa saneeraushankkeissa, myös koeurakkakohteessa ilmeni useita suunnitelmamuutoksia, koska alkuperäinen johtokartta ei pitänyt paikkaansa. Suunnitelmamuutoksista ei informoitu kartoittajaa, mikä aiheutti hämmennystä mittausaineistoa alkuperäiseen suunnitelmaan verratessa. Urakan mittausaineistossa havaittiin päällekkäisyyksiä ja samoja pisteitä oli mitattu kahdesti. Ylimääräistä työtä teetti talohaarojen kartoitus, kun talohaarojen mittaukset oli mittausaineistossa jätetty auki koska niitä ei ollut vielä liitetty, mutta siitä ei oltu ilmoitettu kartoittajalle. Suuntaporauksia, sujutuksia ja varausputken päitä oli vaikea hahmotella kartalle, koska niitä ei oltu mittausaineiston viitetekstissä mainittu. Mittausaineistossa havaittiin lopuksi muutamia selkeitä virheitä, jotka jouduttiin poistamaan kokonaan kartalta, koska tiedot eivät olleet luotettavia.

4.2 Mittausohjeen laatiminen ja mittausprosessin kehittäminen

Haastatteluiden perusteella yhtenä tärkeimpänä tekijänä mittausprosessin kehittämiseksi tunnistettiin mittausohjeen ja mittauskäytäntöjen selkeyttäminen ja yhdenmukaistaminen. Uusi Oulun Veden mittausohje koottiin yhdeksi kokonaisuudeksi, josta tarvittaessa urakoitsijat pystyisivät tulostamaan erillisiä sivuja aihealueittain. Mittausohjeesta pyrittiin tekemään mahdollisimman kattava epäselvyyksien ehkäisemiseksi ja ohjeeseen

kirjattiin vaatimusten lisäksi myös hyväksi havaittuja mittauskäytäntöjä, jotka helpottaisivat mittauksen suorittamista, mittausdatan käsittelyä ja kartoitustyötä. Tässä kappaleessa esitetään kursivoituna tekstinä otteet mittausohjeeseen tehdyistä muutoksista, joiden jälkeen selitetään haastattelututkimusten tulokset mittausohjetta mukailten asiakokonaisuuksittain. Lopullinen versio Oulun Veden päivitetystä mittausohjeesta on esitetty työn liitteenä (Liite 4).

1. Johdanto/Yleistä

Johtokarttamittauksista saatua mittaustietoa käytetään perustana vesihuollon verkostojen suunnittelussa, rakennuttamisessa ja ylläpidossa. Toimitettavan mittaustiedon oikeellisuus ja luotettavuus on Oulun Vedelle ensiarvoisen tärkeää. Johtokarttamittaukset tulee tehdä tämän mittausohjeen mukaisesti.

Urakoitsijan on kartoitettava urakka-alueelta vesihuoltolinjojen tiedot (koordinaatit, asennusvuosi, materiaalit, putkikoot, liitokset, tulpat, kaivot, poistetut verkoston osat jne.) siten, että tietojen vieminen verkkotietojärjestelmään verkostokartalle sujuu järjestelmällisesti ja luotettavasti. Mittausprosessin tulee olla jatkuvaa ja mittaustietoa tulee toimittaa Oulun Veden kartoittajalle tasaisin väliajoin. Urakan maksuerät ovat laskutuskelpoisia vasta, kun kyseisten tai vähintään edellisten maksuerien putkiosuuksista mittaustiedot on toimitettu.

Mittausohjeessa haluttiin korostaa urakoitsijoille johtokarttamittausten tärkeyttä vesihuoltolaitokselle. Vesihuoltolaitosten haastatteluissa johtokarttamittaukset nähtiin erittäin tärkeänä osana vesihuollon elinkaarta ja omaisuudenhallintaa. Mittaustiedon oikeellisuus vaikuttaa suoraan suunnittelu- ja rakennuttamiskustannuksiin, koska keskusta-alueilla katujen alla on jo tilanpuutetta vesihuollon laitteille vesihuoltosaneerauksissa ja johtokarttamittaukset ovat sidoksissa myös muiden vesihuollon laadunvarmistustoimenpiteiden kanssa. Johtokarttamittausten oikeellisuus vaikuttaa myös verkostanalyysiin, vesihuollon ylläpitoon ja saneeraustarpeen arviointiin. Lisäksi johdantokappaleessa on lueteltu yleisesti kaikki kartoitettavat kohteet epäselvyyksien välttämiseksi, koska kaikki vesihuolto on tärkeää saada tarkemmitatuksi.

Haastateltavista vesihuoltolaitoksista yli puolet olivat sitoneet johtokarttamittaukset maksuerätaulukoihin ja urakkaohjelmassa mainittiin johtokarttamittausten kuuluvan urakkaan. Vesihuoltolaitokset pyrkivät jatkuvaan mittausprosessiin, koska

johtokarttamittausten toimittaminen vasta urakan lopuksi nähtiin aiheuttavan viivettä vastaanottoon ja virheitä ja puutteita saattoi olla myöhäistä korjata, jos kaivannot oltiin jo peitetty ja kadut asfaltoitu. Jatkuva mittausprosessi luo ennakoitavuutta kartoitustyöhön, kun mittausdataa toimitetaan tasaisin väliajoin ja esim. loma- tai ruuhka-aikaan ei ilmaannu yllättäen isoja kartoitettavia alueita kerralla kiireellä kartoitettavaksi. Lisäksi jatkuva mittausprosessi nähtiin helpottavan vesihuoltolaitoksen ylläpidon työtä, kun verkostokartta pysyisi ajantasaisena ja ehkäisisi epäselvyyksiä päivystystilanteissa. Hyväksi toimintamalliksi oli koettu puuttua mahdollisimman nopeasti virheisiin ja puutteisiin urakoitsijoiden johtokarttamittauksissa. Työn koeurakkakohteessa havaittiin, mikäli kartoittajan huomautuksiin ei reagoitaisi välittömästi, puute tai virhe toistuisi. Puolet vesihuoltolaitoksista oli pidättänyt maksuerien maksamista puuttuvien johtokarttamittausten takia ja varsinkin viimeistä maksuerää ei hyväksytty laskutettavaksi ennen kuin kaikki mittausdata oli toimitettu ja puutteet ja virheet korjattu. Johtokarttamittausten sitominen urakan maksueriin edesauttaa jatkuvaa mittausprosessia eikä jätä johtokarttamittausten toimitusta viimeisen maksuerän varaan.

Haastateltavat urakoitsijat näkivät, että urakoiden johtokarttamittaukset eivät sujuneet kustannustehokkaasti ja jarruttivat välillä urakoiden etenemistä. Pienemmissä urakkakohteissa ei mittajalle ollut kokopäiväisesti töitä ja mittaja työskentelikin usein useammassa urakassa kerrallaan. Jos mittaja ei ollut työmaalla käytettävissä välittömästi, työmaat eivät välttämättä pystyneet jäämään odotelemaan mittauksia vaan kaivannot saatettiin peittää liikenteen ja kaivantoturvallisuuden vuoksi, kuten tämän työn koeurakkakohteessa. Peitetyn vesihuollon mittaamiseen jouduttiin käyttämään epätarkkoja vaihtoehtoisia mittausmenetelmiä, tai mittauspisteitä yritettiin selvittää jälkikäteen. Urakoitsijoiden mielestä jatkuva johtokarttamittaus kustannustehokkaasti edellyttäisi kaivinkoneen koneohjauksella tehtävien tarkemittausten sallimista myös vesihuollon tarkemittauksissa, ettei odottelusta johtuvaa aikatauluviivettä syntyisi, mittaja (kaivinkoneenkuljettaja) olisi koko ajan työmaan käytettävissä ja johtokarttamittaukset kulkisivat sujuvasti työmaan mukana. Koneohjauksella tarkemittaaminen olisi taloudellisesti tehokkaampaa ja mittauspisteitä voitaisiin tarvittaessa ottaa tiheämminkin. Haastateltavat urakoitsijat näkivät, että jatkuvan johtokarttamittausprosessin varmistamiseksi mittaukset voitaisiin sitoa urakan maksueriin, mutta toivoivat joustavuutta tapauskohtaisesti (esim. ettei maksuerän hyväksyminen jäisi vain yhden liitoksen mittauspisteestä kiinni, jos liitos rakennettaisiin työteknisistä syistä vasta urakan lopuksi, vaikka maksuerätaulukoon se oltaisiin

suunniteltu alun perin osaksi muita liitoksia). Urakoitsijat näkivät, että johtokarttamittausten sitominen maksueriin ehkäisisi mittausdatan toimituksen jälkeen jäämistä urakan edetessä.

2. Mittaustyön suunnittelu

Ennen urakan alkua urakoitsijan mittausvastaava ottaa yhteyttä Oulun Veden kartoittajaan puhelimitse tai sähköpostilla mittauskäytäntöjen ja mittausohjeen läpikäymiseksi. Jos urakoitsija ei ole tehnyt ennen Oulun Vedelle johtokarttamittauksia, on sovittava mittauspalaveri.

Urakoitsija tekee mittaussuunnitelman työvaihekohtaisena työ- ja laatusuunnitelmana tämän mittausohjeen perusteella. Mittaussuunnitelmassa on nimetty mittauksista vastaava henkilö ja ilmoitettu hänen referenssikohteensa vesihuollon tarkemittauksista (koskee myös aliurakoitsijaa, jos mittaustyö tilataan). Lisäksi mittaussuunnitelman tulee sisältää: mittauksissa käytettävät mittausvälineet ja ohjelmistot, mittaustyön suoritus, mittautarkkuus ja mittavirhe, mittausvälineistön kalibrointi, mittausten laadunvarmistus ja alustava suunnitelma laadittavien detaljien paikoista urakka-alueelta. Mittaussuunnitelmassa tulee määrittää urakkaan sopiva aikaväli mittausdatan toimittamiselle (esim. viikoittain tai kahden viikon välein) ja suunniteltava ensimmäisen toimitettavan mittauserän (koe-erän) laajuus ja toimitusajankohta. Jos mittausdata halutaan toimittaa suurempina kokonaisuuksina, mittaussuunnitelmaan laaditaan aluejako ja ilmoitetaan kokonaisuuksien toimitusajankohdat, joista sovitaan valvojan ja kartoittajan kanssa.

Hyväksi havaituksi käytännöksi vesihuoltolaitoksilla oli todettu käydä urakoitsijan kanssa läpi mittausohje ja -käytännöt ennen urakan alkua epäselvyyksien välttämiseksi. Yhteydenotto tai palaverin pitäminen ennen urakan alkamista velvoittaa urakoitsijan määrittämään urakkakohteeseen johtokarttamittauksista vastaavan, joka tarvittaessa voidaan pyytää selvittämään henkilökohtaisesti epäselvyyksiä mittausaineistossa kartoittajan kanssa urakan aikana. Mittausvastaavan referenssikohteilla varmistetaan hänen työkokemuksensa vesihuollon tarkemittauksista. Urakoitsijoiden haastatteluiden perusteella vesihuollon tarkemittaustyössä työkokemuksella oli merkitystä mittaustyön sujuvuuteen ja myös urakoitsijat pyysivät aliurakoitsijoiden mittaajien referenssikohteita vesihuollon tarkemittauksista. Mittausdatan toimitukselle suunniteltu aikaväli ja toimitusaikataulussa pysyminen tukisi jatkuvaa mittausprosessia ja lisäisi urakoitsijan ja

kartoittajan välistä kommunikointia. Jatkuva kommunikointi urakoitsijan, valvojan ja kartoittajan välillä nähtiin tärkeäksi mittausprosessissa ja osoittautui työn koeurakkakohteessakin ratkaisevaksi tekijäksi epäselvyyksien selvittämisessä.

Haastateltavista vesihuoltolaitoksista kellokään ei ollut vaatimuksena mittaussuunnitelman laatiminen tai mittausvastaavan referenssikohteiden ilmoittaminen, mutta mittaussuunnitelma nähtiin varteenotettavana uudistuksena mittausprosessille. Oulun Veden uuteen mittausohjeeseen päädyttiin kirjaamaan vaatimus mittaussuunnitelman laatimisesta, koska haastatteluiden perusteella se nähtiin hyödylliseksi selkeyttämään jatkossa urakoitsijoiden mittausprosessia urakkakohtaisesti ja toimivan samalla työ- ja laatusuunnitelmana, jossa urakoitsija määrittää mittaustyön suorituksen ja mittausten laadunvarmistuksen urakkakohteessa Oulun Veden mittausohjeen edellyttämien vaatimusten mukaisesti. Urakoitsijoiden käyttämistä mittalaitteista tai niiden kalibroinnista ei ollut aiemmin Oulun Vedellä tietoa, jolloin ongelmatilanteissa laitteiden toimivuutta vesihuollon tarkemittauksissa ei voitu arvioida ja mittavirhettä vertailla. Jatkossa mittalaitteiden tiedot kirjaamalla voidaan täsmentää vesihuollon tarkemittaukseen soveltuvat laitteistot ja niiden mittaustarkkuus.

Haastateltavat urakoitsijat näkivät, ettei mittaussuunnitelman laatiminen olisi este, ja osassa yhteishankkeista mittaussuunnitelma oli jo vaatimuksena Oulun kaupungin Yhdyskunta- ja ympäristöpalveluille, johon voitaisiin täydentää myös Oulun Veden vesihuollon mittaustyönsuoritus ja laadunvarmistus. Mittausdatan toimittamiselle haluttiin itse määritellä urakkakohtaisesti sopivat aikataulut ja mieluiten toimittaa aineisto suurempina kokonaisuuksina, mikä ennaltaehkäisisi kartoittajan ja mittausvastaavan turhaa työtä keskeneräistä aineistoa käsitellessä, kuten tapahtui tämän työn koeurakkakohteessa. Ennalta suunnitellut mittaukset ja aikataulut selkeyttäisi myös mittaustyön tilaamista aliurakoitsijalta. Urakoitsijat näkivät, että ennalta suunniteltu aluejako johtokarttamittauksille ei välttämättä saneerauskohteissa onnistuisi, mutta uudisalueilla voisi olla toimiva järjestely.

3. Toteutus

Vesihuollon johtojen ja laitteiden tarkemittaukset suoritetaan kaivannon ollessa vielä avoinna siten, että putkien päät ja taitekohdat ovat mittaushetkellä näkyvissä. Mittaukset suoritetaan GNSS-laitteilla tai takymetri -mittauksina. Mikäli mittaamisessa käytetään vain GNSS-laitetta, tulee urakan aluksi mitata takymetrillä urakka-alueelle tunnettuja

asemapisteitä korkeuskiintopisteistä, joista mittauksien oikeellisuus voidaan tarkistaa vähintään viikoittain urakan aikana. Jos satelliittisignaalit ovat paikallisesti huonoja ja ei päästä vaadittuun mittaustarkkuuteen, on käytettävä takymetria tai muuta tarkkaa mittaustapaa. Kaivinkoneen koneohjauksella tehtävää mittausta ei vesihuollon tarkemittauksissa lähtökohtaisesti hyväksytä. Painelinjojen tarkemittauksista koneohjauksella voidaan sopia erikseen kartoittajan ja valvojan kanssa urakkakohtaisesti (kts. kohta 6 kaivinkonemittaukset).

3.1 Mittausperusta ja mittaustarkkuus

Oulun Veden johtokartta on ETRS GK26 -koordinaattijärjestelmässä ja N2000 korkeusjärjestelmässä. Kartoitettavat kohteet on mitattava maastossa niin, että mitattavan pisteen kaikkien koordinaattien absoluuttinen mittavirhe on maksimissaan +/- 5cm, paitsi viettoviemäreiden vesijuoksut +/- 2cm. Suhteellisen korkeustarkkuuden tulee olla tätä parempi. Tarkkuusvaatimus perustuu suhteelliseen pistevirheeseen. Tarkastelukantana ovat mittauksen lähimmät lähtöpisteet ja tarkkuusvaatimus koskee sisäistä tarkkuutta.

Haastatteluiden perusteella koordinaatti- ja korkeusjärjestelmän kanssa oli havaittu viime vuosina vain harvoin epäselvyyksiä urakoitsijoiden tekemissä johtokarttamittauksissa. Useimpien haastateltujen vesihuoltolaitosten mittaushjeessa oli määritelty, että vesihuollon tarkemittaukset tulisi toteuttaa GNSS- tai takymetrimittauksina. Korkeuden (z-koordinaatin) mittaukseen suositeltiin käytettäväksi takymetrimittausta varsinkin viettoviemäreiden tarkemittauksessa. Osa haastateltavista näki, ettei GNSS-mittalaitteella päästä vaadittuun mittaustarkkuuteen kaikissa olosuhteissa, jolloin vesihuollon tarkemittauksissa tulisi käyttää takymetrimittausta tai muuta tarkkaa mittaustapaa (yksi haastateltavista vesihuoltolaitoksista ei sallinut lainkaan GNSS-mittausta viettoviemäreiden vesijuoksujen tarkemittaukseen). Yli puolet haastatelluista vesihuoltolaitoksista ei sallinut kaivinkoneen koneohjausjärjestelmällä tehtävää mittausta hyväksyttäväksi mittaustavaksi vesihuollon tarkemittaukseen. Osa vesihuoltolaitoksista ei ollut erikseen kieltänyt koneohjauksen käyttöä tarkemittauksissa, mutta pääsääntöisesti mittaukset suoritettiin GNSS- tai takymetrimittauksina ja vain erikseen sovittaessa kaivinkoneen koneohjauksella. Koneohjauksella tarkemittausta oltiin kokeiltu pilottihankkeissa, mutta mittaustarkkuudesta ja -tuloksista oli vaihtelevia kokemuksia.

Yli puolella vesihuoltolaitoksista vesihuollon tarkemittausten mittaustarkkuus oli määritelty mittausohjeessa. Yleisin määritelmä mittaustarkkuudelle oli, että tarkemittausten absoluuttinen korkeusvirhe saisi olla maksimissaan 5-10 cm ja keskivirhe enintään 5 cm, paitsi viettoviemäreiden korkeusvirhe 2 cm. Haastatteluiden pohjalta päädyttiin myös Oulun Veden mittausohjeeseen määrittämään mittaustarkkuus ja, että mittauksien absoluuttinen korkeusvirhe saisi olla maksimissaan 5 cm ja suhteellisen korkeustarkkuuden tulisi olla sitä parempi. Osa haastateltavista näki, että mittaukset tulisi suorittaa aina runkopisteiden avulla, että mittaustiedon oikeellisuus säilyy luotettavana. Mittausohjeeseen päädyttiin kirjaamaan hyväksi havaittu tapa mittaustarkkuuden tarkastamiseksi, jossa urakan aluksi urakka-alueelle merkitään takymetrimittauksin tarkastuspisteitä ("korkeuskiintopisteverkko") runkopisteiden perusteella. Korkeuskiintopisteverkon avulla GNSS-mittalaitteen mittaustarkkuutta voidaan seurata koko urakan ajan ja myös suunnitelmien lähtötiedot ja mallinnukset voitaisiin tarkistaa. Mittaustarkkuutta pystyttiin seuraamaan tarvittaessa myös vesihuoltolaitoksen oman mittauksen suorittamalla pistokokeilla.

Urakoitsijoiden haastatteluiden perusteella korkeuskiintopisteverkko nähtiin hyväksyttäväksi mittaustarkkuuden varmistamiseksi ja GNSS-mittalaitteelle ei ole muutenkaan keinoa sen kalibroimiseksi. GNSS-mittalaitteen mittaustarkkuuden tarkistamista 50 m välein takymetrillä ei nähty toimivaksi toimintatavaksi, koska takymetri alustettaisiin tarkistettavan GNSS-mittalaitteen mittapisteiden perusteella ja myöskään kaikilla urakoitsijoilla ei ollut takymetriä käytettävissä. Kahden eri GNSS-mittalaitteen mittaustarkkuutta keskenään vertailemalla ei ole järkevää tarkastella mittavirhettä, jos molemmat mittalaitteet käyttävät samaa korjaussignaalia. GNSS-mittalaitteiden z-koordinaatin mittaustarkkuus koettiin olevan 1-2 cm parhaimmissa mittausolosuhteissa. GNSS-mittausten mittaustarkkuuteen oli havaittu vaikuttavan korkea puusto, korkeat rakennukset, VRS-korjauksen internetyhteys, kaivinkoneen läheisyys, mastot ja suurjännitelinjat. Työn koeurakkakohde oli haasteellinen mittauskohde juuri korkean puuston ja syvien kaivantojen vuoksi. Osa mittalaitteista ei antanut tallentaa mittaushavaintoa, jos se ei päässyt 2 cm mittaustarkkuuteen, mutta osaan mittalaitteista tarkkuusvaatimusta pystyi itse säätämään esim. 5 cm satelliittisignaalien ollessa heikompi. Haastatteluiden perusteella ennakkoon ei pystyttäisi määrittämään alueellisesti heikkosignaalisia alueita, vaan signaalien voimakkuus oli tapauskohtaista urakka-alueille.

Urakoitsijat näkivät, että nykyisellä mittauskalustollaan päästäisiin vähintään +/- 5 cm mittausvirheeseen kaikissa olosuhteissa, mutta GNSS-mittalaitteilla ei välttämättä päästäisi +/- 2 cm mittaustarkkuuteen. Urakoitsijat arvioivat mittaustyön tarkkuutta jälkimittaamalla samoja pisteitä uudestaan, seuraamalla mittalaitteen fix-lukua ja vertaamalla mittaustulosta suunnitelmien lähtötietoihin. Osa urakoitsijoista oli havainnut, että viettoviemäreiden vesijuoksujen mittaamiseen kannattaisi käyttää takymetria tai tasolaseria, jolloin päästäisiin varmasti tarkkaan mittaustulokseen mittaolosuhteista riippumatta. Osa urakoitsijoista kyseenalaisti maanalaisten rakenteiden mittaamisen 2 cm mittaustarkkuudella, koska takuuajana rakenteet saattoivat painua sen verran. Lisäksi viettoviemäreiden toimivuus tarkistettaisiin myös viemärikuvauksilla, jolloin tarkemittaukset eivät olisi ainut laadunvarmistustoimenpide.

3.2 Kartoitettavat kohteet

Lajikoodauksen on oltava mittaustavan mukainen: putken laki/vesijuoksu.

Kulkusuunnan havainnollistaminen: Kaartuvasta johdosta mitataan 3 lähekkäistä pistettä ja pitemmistä kaarteista otetaan useampia havaintoja. Putken ollessa näkyvillä suoralta osuudelta otetaan vähintään 2 havaintoa, jotta putken suunta saadaan tarkasti määriteltä. Talohaaraputken suunnan määrittelemiseksi on mitattava taitepiste.

Liitoskohdat: Kartoitetaan (7392) urakkarajan liitokset sekä erillisillä liittimillä tehdyt liitokset, vaikkei putkityyppi vaihtuisikaan.

Lisäksi kartoitettava supistukset ja putkityypin vaihdokset liitoksen lajikoodeilla (jvv 108000, svv 308000).

Saneeraustyömailla myös liitokset vanhoihin johtoihin, pihakaivoihin sekä tarkastusputket kartoitetaan. Jos z saadaan johdon pään mitatusta merkkipaalusta, todellinen korkeus tallennetaan korkeustiedoksi kartoitettuun vesijuoksupisteeseen.

Jos viettoviemärit mitataan viivoina, niin mittauspisteet mitataan aina vesijuoksusta vesijuoksupisteinä (740/750) – ei taitepisteinä.

Muita tarkemitattavia rakenteita ovat esim. eristeet, viivytysjärjestelmät, kulmatuet, kiinteät perustusrakenteet ja paikalleen valetut rakenteet. (Lajikoodi yleiskarttapiste 605200).

Haastatteluiden perusteella yleisenä virheenä mittausdatassa oli havaittu, että lajikoodaus ei ollut mittaustavan mukainen (putken laki/vesijuoksu), mikä aiheuttaa jopa useamman kymmenen sentin korkeusvirheen. Virhe on helposti havaittavissa, mutta jos mittausdataa ei ole itselle luovutettu, virheellinen data päätyy kartoittajalle asti ja aiheuttaa ylimääräistä selvitystyötä: onko kyseessä mittavirhe, suunnitelmamuutos vai rakennusvirhe. Pienemmillä putkidimensioilla virhettä on vaikeampi havaita varsinkin, jos väärää lajikoodausta on pidemmältä matkalta. Epäselvyyttä lajikoodien käytössä oli havaittu myös taitepisteen ja risteyspisteen osalta, mitä pyrittiin selkeyttämään ohjeeseen. Viettoviemäreiden viivamittauksessa tulisi mitata vain putken vesijuoksua vesijuoksupisteinä. Mittausohjeessa haluttiin korostaa, että varsinkin kaartuvan putken tai talohaaraputken tarkka kuvaaminen kartalle vaatisi useampia mittahavaintoja.

Vesihuoltolaitosten mittausohjeita vertailemalla päädyttiin Oulun Vedenkin ohjeeseen lisäämään yleiskarttapisteen lajikoodi ja jatkossa tallentamaan tietoa verkkotietojärjestelmään eri rakenteista vesihuollon läheisyydessä, kuten: eristeistä, viivytysjärjestelmistä, kulmatuista, kiinteistä perustusrakenteista ja paikalleen valetuista rakenteista. Lisäksi lisättiin erillinen lajikoodi merkittävälle liitoskohdalle ja selkeytettiin ohjeen yleisohjeistuksiin putkilinjan supistuksen tai putkityypin vaihtumisen lajikoodaamista. Varsinkin saneeraustyömailla liitospisteen tarkka sijainti on tärkeä tieto vastuurajan ja verkoston ylläpidon kannalta.

3.3 Korjauskartoitus & Palautekuvat

Vanhojen putkien tai laitteiden puretut, käytöstä poistetut tai siirretyt osat, ilmoitetaan tulppauskohtineen. Korjauskartoituksesta toimitetaan esim. PDF-karttaote, josta selkeästi käy ilmi, mitkä verkoston osat on poistettu kokonaan ja mitkä on jätetty maaperään tulpattuina. Urakoitsija toimittaa Oulun Veden laatukansion mukana palautekuvat, johon suunnitelmakartalle merkitään viivapiirroksin toteuma ja mahdolliset suunnitelmamuutokset kuten vanhojen talohaarojen oikeellinen sijainti ja liitoskohdat.

Oulun Veden haastatteluiden perusteella palautekuvien ja korjauskartoittamisen saralla olisi parantamisen varaa. Palautekuvien toimittaminen on ollut jo aiemmin vaatimuksena Oulun Veden laatukansiossa, mutta niiden laatiminen on jäänyt urakoitsijoilla aina urakan vastaanottovaiheeseen ja välillä vanhat ja poistetut putkilinjat ovat jääneet muistin varaan. Uuteen ohjeeseen haluttiin korostaa karttaotteen merkitystä, jossa selkeästi käy ilmi poistetut putkilinjat, ja onko poistettu linja kaivettu maasta pois vai onko se poistettu käytöstä tulppaamalla, kuten osan haastateltavien vesihuoltolaitosten ohjeisiin oli kirjattu. Tarkka tieto poistetusta putkilinjasta edesauttaa tulevaisuudessa putkilinjojen saneeraamisen suunnittelua ja kustannusarviota, kun tiedetään onko urakka-alueella käytöstä poistettu putkilinja kaivutyön tiellä. Myös urakoitsijoille toimitettavaan johtokarttaotteeseen tulisi tulostaa näkyville verkoston käytöstä poistetut osat, jotka näkyvät verkkotietojärjestelmässä, mutta kerros ei välttämättä tulostu näkyville tulosteeseen. Suunnitelmamuutosten selkeä merkitseminen palautekuvaan helpottaa kartoittajan työtä, koska kartoittaja ei välttämättä ole tietoinen kaikista rakennusaikana tehdyistä suunnitelmamuutoksista, kuten tilanne oli koeurakkakohteessa.

3.4 Detaljit

Urakoitsijan on otettava työn aikana valokuvia tärkeistä vesihuollon rakenteista (putkien risteämäkohdat, muut yksittäiset mittauskohteesta lähekkäin olevat osat ja laitteet ja liitokset) tai suunnitelmasta poikkeavista rakenteista ja laadittava detaljit Oulun Veden laatukansion detaljiohjeen mukaisesti.

Detaljien laatiminen on yleisesti vaadittu urakoitsijoilta vesihuoltolaitosten mittausohjeissa. Urakoitsijoiden haastatteluiden perusteella detaljien teossa ei ole nähty ongelmia tai epäselvyyksiä. Nähtiin, että detaljiohje olisi hyvä olla erillisenä ohjeena jatkossakin laatukansiossa. Oulun Veden haastatteluiden perusteella mittausuunnitelmaan olisi hyvä urakoitsijan ennalta suunnitella detaljien paikat urakka-alueella ja kirjata ne ylös, jolloin saadaan varmuus, että urakoitsijalla on tiedossa tarvittavat detaljit. Urakoitsijoiden haastatteluiden perusteella varsinkaan saneeraustyömailla ei kaikkia detaljien paikkoja pystyisi suunnittelemaan ennalta, koska osa detaljipaikoista riippuisi vanhojen linjojen sijainneista ja risteyskohdista. Nähtiin, että paras lopputulos detaljien teossa saavutetaan, kun detaljiohje on selkeä ja siihen on lueteltu tarvittavat rakenteet, joista detaljit tulee laatia.

4. Tiedostomuoto

Koordinaattitieto toimitetaan GT-formaatissa (Geonic, tielaitos) pisteinä Oulun Veden lajikoodilistan mukaisesti. Tai erikseen sovittaessa myös viivoina tai muussa tiedostomuodossa.

0	0	Lajikoodi	Selitys*	x	y	z
0	0	739	23	6705826.120	461884.797	3.852
0	0	721	690299	6705824.110	461885.075	3.802
0	0	11400	24	6705259.472	461887.324	3.601
0	0	108002	25	6705260.475	461886.312	3.721
0	0	7241	26	6705259.623	405259.771	3.597

*Selitys/Pistenumero-sarakkeeseen merkitään suunnitelmakuvan mukaiset kaivonumerot ja muut mittauspisteet numeroidaan sarakkeeseen juoksevalla numeroinnilla. Erityisen hyödyllistä on kirjoittaa lisäinfoa mitatusta pisteestä erikoistapauksissa kuten: poikkeava putkimateriaali, tulppaus, kulmakappale, putkikoon vaihtuminen, sujituksen alku tai xy-sijainti merkkilankusta jne. Selitys-sarakkeen pituus on maksimissaan 30 merkkiä yhteen kirjoitettuna ilman tyhjiä välilyöntejä mittausdataa editoidessa (mittalaitteeseen tallentaessa vain 8 merkkiä).

0	0	7291	paalumerkista_27	6705246.611	405309.654	0.000
0	0	739	63/40PE-liitos	6705828.130	461885.799	3.899

Sarakkeiden tärkeänä erottimena vähintään yksi välilyönti. X-koordinaattiin tulee 7 numeroa ja Y-koordinaattiin 6 numeroa ennen desimaalipistettä. Sarakkeiden ei tarvitse olla samoissa kohdissa.

Yli puolelle haastateltavista vesihuoltolaitoksista mittausdataa toimitettiin vain pistetietona GT-formaatissa ja tiedostomuoto nähtiin yksinkertaisena, mutta toimivana. Selkeät virheet tunnistaa siitä silmämääräisesti ja sen käytöstä on pitkä kokemus niin urakoitsijoilla kuin vesihuoltolaitoksilla. Viivamittaus nähtiin myös hyvänä vaihtoehtona, mutta urakoitsijoiden toimittama viivamittausaineisto oli virheellisenä aiheuttanut ylimääräistä työtä. Yleisesti nähtiin, että viivoina mitatessa dataan tuli enemmän virhettä kuin pisteinä mitatessa. Varsinkin saneerauskohteissa putkilinjaa ei välttämättä pystyisi mittaamaan helposti viivoina, kun kaivantoa ja putkilinjaa ei haluta pitää pitkää matkaa avonaisena liikennejärjestelyistä ja kaivantoturvallisuudesta johtuen. Osa vesihuoltolaitoksista vaati mittausdatan muokattavaksi valmiiksi xci-, xyz- tai job-tiedostomuotoon, joita verkkotietojärjestelmä lukee. Mittaustiedon toimituksessa vesihuoltolaitokset ja urakoitsijat näkivät kehitystarpeena putkilinjojen ja kaivojen

ominaisuustietojen lisäämisen mittausdataan, mutta se oli lisännyt myös manuaalisen työn määrää mittausdatan käsittelyssä. Haastatteluiden perusteella päädyttiin Oulun Vedellä jatkamaan mittausdatan toimitusta ensisijaisesti pisteinä GT-formaatissa, mutta erikseen sovittaessa urakoitsijat voisivat mitata putkilinjat myös viivoina ja toimittaa mittausdatan muussa verkkotietojärjestelmän tuetussa tiedostomuodossa.

Urakoitsijoiden haastatteluiden perusteella GT-tiedostomuoto nähtiin myös yksinkertaisena ja toimivana. Yhdelle urakoitsijoista olisi ollut helpompi toimittaa mittausdata .geo-muodossa ja mittausdatan käsittelyyn tuli ylimääräinen työvaihe, kun se muokattiin GT-tiedostomuotoon. Koska Oulun Vedellä GT-formaatissa oli havaittu satunnaisia epäselvyyksiä, niin mittausohjeeseen haluttiin selkeyttää formaatin muoto ja lisätä esimerkki koordinaattitiedosta, kuten osan vesihuoltolaitosten mittausohjeissa oli havainnollistettu. Urakoitsijoiden haastatteluissa mittausohjeeseen pyydettiin myös tarkentamaan sarakkeiden pituudet, selityssarakkeen käyttö ja erikoiskohteiden nimeämistyli formaattiin.

5. Mittaustiedon toimittaminen & Aineiston käsittely

Ensimmäinen mittauserä (= koe-erä) toimitetaan Oulun Veden kartoittajalle, kun putkilinjan pituudesta on rakennettu esim. n. 10 % tai viimeistään kun vesihuoltotyöt ovat olleet käynnissä 2-3 työviikkoa. Kartoitukset on kerättävä kokonaisuuksiksi ja toimitettava aina yksi kokonaisuus kerrallaan rakentamisen etenemisen mukaan. Mittausaineisto ja kaivokortit on tarkistettava ja aineistossa ei saa olla päällekkäisiä, ylimääräisiä väliaikaisia/rakennusaikaisia tai virheellisiä kohteita/lajikoodeja. Mittaustietoa toimittaessa sähköpostitse saatetekstiin on laitettava:

- *urakkakohteen nimi*
- *mittauspäivämäärä aikavälit*
- *mittaustapa (takymetri, GNSS, suorakulma, koneohjaus)*
- *käytetyt korkeus -ja koordinaattijärjestelmät*
- *mittausvastaava*
- *urakan valvoja*
- *selitys ilmeisistä mittauspuutteista mittausdatassa (esim. työteknisistä syistä runkolinja rakennetaan ensin valmiiksi urakkarajalle ja tonttiliittymät rakennetaan ja mitataan vasta viimeisinä)*

Mikäli tarkkuusvaatimukset eivät täyty, mittaushavaintojen määrä ei ole riittävä tai lajikoodaus ei ole mittausohjeen mukainen lähettää Oulun Vesi aineiston uudelleen mitattavaksi tai täydennettäväksi ja urakoitsijalla on mahdollisuus korjata aineisto. Täydennysmittaukset tai selvitykset mittauspuutteista on toteutettava viipymättä. Tarvittaessa mittausvastaavan on selvitettävä mittauksista ilmenneitä epäselvyyksiä Oulun Veden toimistolla henkilökohtaisesti. Kaikki valokuvat, detaljit ja hataratkin apupiirroksot sekä hahmotelmat voivat olla avuksi kartan piirtämisessä erikoiskohteissa. Kartoittajaan on hyvä olla yhteydessä myös, jos mittaussuunnitelmaan tai mittausdatan toimitusajankohtiin tulee muutoksia tai jos vesihuoltotyöt jäävät väliaikaisesti tauolle useammaksi viikoksi.

Vesihuoltolaitosten hyväksi havaittu toimintatapa oli, että urakoitsija toimittaa urakan aluksi mittausdatan ”koe-erän” kommenteille, kun n. 10-20 % urakan putkilinjoista on rakennettu, jolloin johtokarttamittaukset lähtevät sujumaan oikein jo heti urakan alusta lähtien. Koska urakkakohteiden koko vaihtelee, mittausohjeeseen on vaikea määrittää kaikkiin urakoihin sopivaa aikaväliä mittausdatan toimitukselle tai rajata mittauserien kokoa. Tästä syystä mittausohjeen laadinnassa päädyttiin joustavaan ratkaisuun ja urakoitsijat saavat määrittää ne itse urakkakohteesta riippuen sopivaksi näkemällään tavalla mittaussuunnitelmaan. Tärkeää on, että kartoittaja saa tiedon missä järjestyksessä urakan putkiosuudet rakennetaan ja mitataan, milloin ja millä aikaväleillä mittausdataa toimitetaan. Myöskään urakoitsijoiden haastatteluiden perusteella koe-erän toimittamista ei kannattaisi määritellä tarkasti mittausohjeeseen, koska sen laajuus riippuisi urakkakohteesta. Koe-erän toimittaminen olisi hyvä kirjata muotoon: ”kun vesihuoltotyöt ovat olleet käynnissä x aikaa”, jolloin urakoitsijat voivat itse tarkentaa toimitusajankohdan ja mitattavan alueen laajuuden mittaussuunnitelmaan. Mittausaineiston itselleluovutus selitettiin auki ja sitä korostettiin mittausohjeeseen päällekkäisten tai virheellisten mittausaineistojen toimittamisen välttämiseksi, ja ettei aineiston tarkistaminen jäisi urakoitsijalta vasta urakan vastaanottoon, kuten koeurakkakohteessa. Päällekkäisyydet ja virheellinen mittausdata moninkertaistaa kartoittajan työmäärää aineiston käsittelyssä. Täydennysmittaukset tai selvitykset mittauspuutteista tulisi toteuttaa viipymättä, jolloin puutteiden ja virheiden korjaaminen ei jäisi myöskään urakan vastaanottovaiheeseen ja aiheuttaisi viivästystä urakoiden läpivientiin.

Samalla, kun mittausdataa toimitetaan, saatetekstiin tulisi laittaa tarvittava info urakkakohteesta ja suoritetuista mittauksista, jolloin niitä ei kartoittajan tarvitse erikseen kysellä tai päätellä, kuten koeurakkakohteen suuntaporauksia ja sujutuksia. Saatetekstin yhdenmukaistaminen auttaa kartoittajaa uusien kohteiden ja urakoitsijoiden mittaustyön seurannassa sekä edistää kommunikaatiota urakoitsijan ja kartoittajan välillä. Jos vesihuoltotöitä ei tehdä tietyllä aikavälillä, siitä on urakoitsijan hyvä ilmoittaa, jolloin kartoittamisessa pysytään ajan tasalla mittausdatan toimittamisesta. Kun mittaustapa ja suoritettujen mittauksien aikavälit on ilmoitettu mittausaineiston toimittamisen yhteydessä, voidaan virhetekijää rajata jälkikäteen, jos mittausaineistossa havaitaan virheitä tai puutteita.

6. Kaivinkonemittaus

*Jos tilaajan kanssa on erikseen sovittu, **paineputkille** voidaan käyttää kaivinkoneen koneohjauksella tehtävää tarkemittausta urakkakohteesta riippuen. Tarkan ja luotettavan mittaustuloksen varmistamiseksi koneohjauksella tarkemittattaessa edellytetään jatkuvaa dokumentointia mittaustarkkuudesta. Mittausvastaavalla, joka käsittelee mittausaineiston ja perehdyttää kaivinkoneenkuljettajan, tulee olla mittausalalan koulutus. Koneohjauksen mittaustarkkuutta seurataan kalibrointipöytäkirjalla vähintään viikoittain. Pöytäkirjaan kirjataan tarkistuspisteillä (takymetrilla mitatuilla tunnetuilla asemapisteillä) tehdyt tarkkuusmittaukset sekä vesihuollon rakentamisessa käytettävien kauhojen kalibroinnit ja kalibrointitulokset lähetetään mittausdatan toimituksen yhteydessä kartoittajalle/valvojalle. Mittaussuunnitelmaan tulee lisätä koneohjausmittauksissa käytettävät mittausvälineet ja ohjelmistot, mittaustyön suoritus, mittaustarkkuus ja mittavirhe, mittausvälineistön kalibrointi, mittausten laadunvarmistus ja tukiasematiedot. Viettoviemäreiden vesijuoksujen, venttiileiden tai muiden vesihuollon laitteiden mittaamiseen koneohjausta ei tule käyttää, vaan GNSS- tai takymetrimittausta.*

Vesihuoltolaitosten haastatteluissa haastateltavilla oli vaihtelevia kokemuksia kaivinkoneen koneohjauksesta vesihuollon tarkemittauksissa. Yli puolet vesihuoltolaitoksista ei sallinut kaivinkoneen koneohjausjärjestelmällä tehtävää mittausta hyväksyttäväksi mittaustavaksi vesihuollon tarkemittaukseen. Osa vesihuoltolaitoksista ei ollut erikseen kieltänyt koneohjauksen käyttöä vesihuollon tarkemittauksissa, mutta koneohjausta käytettiin mittauksissa satunnaisesti tai vain erikseen sovituissa kohteissa. Useampi vesihuoltolaitos oli kokeillut koneohjauksella tarkemittaamisen toimivuutta

urakkakohteissa, mutta mittaustulokset olivat olleet vaihtelevia: Osa mittauksista oli sujunut ongelmitta, mutta osassa mittauksista oli havaittu suuria mittavirheitä ja puuttuvia mittapisteitä, jolloin vesihuollon tarkemittauksia koneohjauksella ei nähty luotettavaksi mittaustavaksi. Vesihuoltolaitosten haastatteluissa koneohjauksella tarkemittaamisen ongelmakohtiksi nähtiin: kauhan kalibrointi, ahtaat vesihuollon kaivannot, vesihuollon laitteiden rikkoutuminen kaivinkoneen kauhalla mitattaessa, mittausten laadunvarmistus, mittavirheen arviointi mittaustyön aikana, kaivinkoneenkuljettajan perehdytys ja pätevyys vesihuollon tarkemittauksiin. Mittaustarkkuus on riippuvainen kaivinkoneenkuljettajasta ja lyhytkin kuljettajan tuuraus esim. kesäloma-aikaan voi vaikuttaa urakan mittaustyöhön ja mittaustarkkuuteen.

Kaikki haastateltavat urakoitsijat taas näkivät, että kaivinkoneen koneohjauksella voitaisiin suorittaa vesihuollonkin tarkemittauksia. Ahtaassa vesihuoltokaivannossa mittaamista ei nähty ongelmana. Jos kaivinkoneen kauhalla mahdollaan valmistelemaan vesihuoltokaivanto, niin sillä mahtuisi siellä myös tarkemittaamaan. Kauhaa täytyisi vaihtaa ja useampi kauha olla kalibroitu mittaauksia varten. Luotettavan ja tarkan mittaustuloksen varmistamiseksi urakoitsijat ehdottivat seuraavia laadunvarmistustoimenpiteitä: kaivinkoneenkuljettajan perehdytys, koulutettu mittaustavastaava, vesihuollon rakentamiseen ja tarkemittaukseen käytettävien kauhojen kalibroinnit ja mittaustarkkuuden jatkuva seuranta kalibrintipöytäkirjan avulla. Haastateltavat urakoitsijat esittivät, että kaivinkoneen koneohjauksella sallittaisiin vähintään paineputkien tarkemittaaminen urakkakohtaisesti sovittaessa.

Sidosryhmien haastatteluiden perusteella kaivinkoneen koneohjauksella mitattaessa päästäisiin teoriassa samaan mittaustarkkuuteen kuin RTK-GNSS kartoitussauvan avulla, jos paikannukseen käytettävät satelliittisignaalit ja RTK-korjauksen tila ovat satelliittipaikannuksen osalta kunnossa. Kuitenkin käytännössä eri olosuhteet vaikuttavat mittaustarkkuuteen ja +/- 2 cm mittaustarkkuuteen pääseminen kaivinkoneen koneohjauksella nähtiin haastateltavien mielestä haastavana ja mittaustoleranssien pienentyessä rajan ylittäviä arvoja saadaan enemmän. Haastateltavien mukaan peukalosääntöjä olisi mahdoton luoda koneohjausmittauksen alueelliselle (esim. kaupunginosittain) toimivuudelle tai tarkkuudelle, koska mittausolosuhteet riippuvat tapauskohtaisesti mm. alueellisesta satelliittinäkyvyydestä, käytettävästä korjauksesta, heijastuksista ja säätilasta.

Laitevalmistajien haastateltavat näkivät, että koneohjauksella on hyvä potentiaali vesihuollon tarkemittauksissa, mutta sen toteuttaminen vaatii pilotointia vesihuollon eri toimijoiden puolesta. Pilotoinneista muodostuisi käytäntöjä ja siten standardeja. Mittausohjeeseen tulisi tarkasti määrittää, millä tarkkuudella toimivilla mittalaitteilla vesihuoltoa saa mitata ja rajata satelliittimittausten käyttö eri tarkkuutta vaativille mittauskohteille. Sidosryhmien haastateltavilla ei ollut tarkkaa tietoa käytetäänkö koneohjausta kansainvälisesti vesihuollon tarkemittauksissa, mutta todennäköisesti ei, koska Suomi on edelläkävijä mallipohjaisessa tuotannossa ja laadunvarmistuksessa.

Kaikki haastateltavat korostivat kaivinkoneenkuljettajan perehdytyksen, koulutuksen ja mittaustarkkuuden jatkuvan seurannan tärkeyttä koneohjauksella tarkemittauksen laadunvarmistuksessa. Haastateltavat suosittelivat yksinkertaista ja selkeää mittaushjetta. Kaivinkoneenkuljettajan perehdytys tulisi suorittaa aina urakkakohtaisesti ja konekohtaisesti. Lisäksi kaivinkoneenkuljettajan perehdytyksessä tulisi käydä läpi ainakin seuraavat asiat: urakkakohteen paikalliset riskit, mittaustarkkuus, tarkkuuteen vaikuttavat tekijät (mittavirhe), toteumien mittauskohdat ja mittaustavat (vesihuoltolaitoksen mittaushje), lajikoodaus, mittapisteiden välimatka/tiheys ja päivittäinen/viikoittainen tarkastus tunnetuilla pisteillä. Mittaustarkkuuden tarkastus tulisi suorittaa asettamalla kauha pisteelle ja tekemällä tarkkuuskontrolli. Laitevalmistaja suositteli, että myös ajoittain kokeiltaisiin tarkastusta vaihtelemalla kaivinkoneen peräpuntin suuntaa tarkastuspisteeseen nähden sekä eri kauhan asennoilla (kauhan pohja maata vasten, kauha puruasennossa), jolloin pystytään seuraamaan parhaiten paikallisia korjaustarkkuuksia, koneen sisäisiä tarkkuuksia ja huulilevyn kulumaa. Tarkastus suositeltiin tehtävän vähintään viikoittain ja kauhan eri asennoilla, joista selviää huulilevyn kuluma ja kalibroinnin tarve. Kauhan kalibroinnille ei ole välttämättä viikoittain tarve.

Haastatteluiden perusteella päädyttiin Oulun Vedellä kokeilla kaivinkoneen koneohjauksella paineputkien tarkemittaamisen sallimista erikseen sovittaessa. Koneohjauksella tarkemittatessa vaaditaan urakoitsijalta jatkuvaa mittaustarkkuuden seurantaa ja mittauksista tulee laatia mittaussuunnitelmaan laadunvarmistus mittaustyön suorituksesta. Tukiasematietoihin ja käytettävään korjaussignaaliin mittauksissa tulisi myös kiinnittää huomiota mittaustarkkuutta seurattaessa.

Koneohjauksen hyötyjä vesihuollon tarkemittauksissa

Haastateltavat urakoitsijat näkivät, että koneohjauksella mittaaminen olisi taloudellisempaa, koska aikatauluviivettä ei syntyisi mittaajaa odotellessa. Kaivinkoneella mittaaminen parantaisi työturvallisuutta, kun mittaajan ei tarvitsisi mennä kaivantoon ja kaivanto saataisiin myös peitettyä nopeammin. Samalla syvistä kaivannoista saataisiin tarkkoja mittaustuloksia helpommin, koska koneohjauksella mitatessa antennit ovat maanpinnalla kaivinkoneen katolla eikä signaaleja tarvitse hakea pitkällä mittaussauvan varrella. Mittaushavaintoja voitaisiin ottaa tarvittaessa tiheämmin koneohjauksella, koska mittalaite (kaivinkone) olisi alati työmaan käytettävissä. Viettoviemäreiden vesijuoksujen, venttiileiden tai muiden vesihuollon laitteiden (urakoitsijat näkivät että esim. useamman venttiilin rypäs olisi helpompi ja nopeampi mitata mittaussauvalla kuin kaivinkoneen kauhalla) mittaamiseen käytettäisiin GNSS- tai takymetrimittauksia. Osa haastatelluista urakoitsijoista oli mitannut kadunrakentamisen tarkemittauksia koneohjauksella ja mittaustarkkuuden seurannassa oltiin päästy 2-5 cm tarkkuuteen samoin kuin Laakson 2012 ja Tappolan 2016 tekemissä tapaustutkimuksissa, ja nähtiin että järjestelmien mittaustarkkuus on parantunut jatkuvasti kehityksen myötä.

Sidosryhmien haastatteluissa nähtiin myös, että koneohjaus helpottaa tiedonhallintaa, vähentää materiaalikuluja, tehostaa työryhmien työskentelyä ja tuottaa lisätietoa toteumaan. Sidosryhmien haastatteluiden ja laitevalmistajan verkkosivujen (Novatron, 2021) perusteella esille tulleita hyötyjä koneohjauksesta vesihuollon tarkemittauksissa: Aikasäästö (työvoima- ja polttoainekustannukset), mittauskulut, putkiarinnan syvyyden jatkuva seuranta ja materiaalimenekki, työturvallisuus (ei turhaa poistumista kaivinkoneesta ja mittaaja työskentelee vähemmän aikaa kaivannossa ja kaivinkoneen välittömässä läheisyydessä), rankkasateella tai pimeässä mittaaminen mahdollista toisin kuin takymetrillä, kaivutyö ei ole riippuvainen mittaajasta ja työt eivät keskeydy, tuottava työ lisääntyy, kaivantojen täyttö nopeutuu ja dokumentointi on jatkuvaa ja tasalaatuista (jos sama kaivinkoneenkuljettaja suorittaa kaikki mittaukset).

Koneohjauksen haasteita vesihuollon tarkemittauksissa

Kaikissa koneohjaukseen liittyvissä haastatteluissa tuli ilmi, että käytännössä koneohjauksen mittaustarkkuus on useiden tekijöiden ja olosuhteiden summa. Haastatteluiden ja tehtyjen tapaustutkimusten perusteella pääosa sijaintitiedon mittausrvirheistä koneohjauksella mitatessa tulee huolimattomuusvirheistä, joissa

mittapistettä tallennetaan väärällä kauhan kohdalla mittaamalla tai väärän kauhan kalibroinneilla. Mittaustarkkuuteen vaikuttaa kaivinkoneen kauhan kalibrointi (urakoitsija tekee) ja koneohjauksen sisäinen tarkkuus (koneohjausjärjestelmän kalibroinnin tekee laitevalmistaja). Kauhan kalibrointitarkkuuteen vaikuttaa kalibroidaanko sitä takymetrillä vai muilla mittaustavoilla. Koneohjauksen mittauspiste voidaan määrittää joko kauhan keskelle tai kauhan kulmaan. Mittauspisteen merkitsemiseen tulee kiinnittää huomiota, koska 10 cm leveällä maalimerkillä ei päästä 5 cm mittaustarkkuuteen. Mittaustarkkuuteen vaikuttaa, ettei kauhalla mitattaessa mittapiste ole yksiselitteinen, kuten mittaussauvan kärki, ja mitattava piste on 5-10 m etäisyydellä kuljettajasta. Kun kaivinkoneen kauha ja kauhan huulilevy kuluu ja pyöristyy, mittaustarkkuus muuttuu ilman kauhan uudelleen kalibrointia. Kaivinkoneen puomistossa voi olla myös väljyyttä, mikä vaikuttaa mittaustulokseen. Kauhan pyörittäjän käyttö tulee huomioida koneohjausjärjestelmän käytössä. Haastateltavien mielestä mittavirhettä saataisiin minimoitua jatkuvalla mittaustarkkuuden seurannalla. Käytännössä oltiin kuitenkin havaittu, että kaivinkoneenkuljettajat saattoivat välttellä mittaustarkkuuden seurantaa, jos mittaustarkkuuden tarkastuspiste oli pitkän matkan päässä tai kaivinkone oli siihen nähden hankalassa sijainnissa.

Sidosryhmien haastatteluissa ahtaasta vesihuoltokaivannosta kaivinkoneen kauhalla mittaamista ei nähty ongelmalliseksi, jos mitataan samalla kauhalla, millä kaivanto on saatu kaivettuakin. Vesihuollon laitteiden mittaaminen nähtiin kuitenkin riskialttiiksi särkymisvaaran vuoksi. Lisäksi kaivinkoneella ei välttämättä yllä mittaamaan kaikkea tarvittavaa kerralla laajasta kaivannosta, koska ulottuvuus riippuu kaivinkoneen puomin pituudesta. Lisäksi ajateltiin kaivutyön hidastuvan, jos kaivinkoneella tehdään kaivamisen lisäksi myös tarkemittaustyötä. Urakoitsijat ja sidosryhmät näkivät koneohjauksella mittaamisen haasteiksi myös vesihuollon mittaustietojen lajikoodauksen, viivamittauksen/tallentamisen ja mittaustietojen erittelyn kadunrakentamisen tarkemittaustietojen osalta. Nähtiin, että mittaustietojen käsitteleminen tulisi suorittaa mahdollisimman nopeasti ja mittauksen tehnyt henkilö olisi hyvä olla sama henkilö, joka mittaustietojen käsittelee, mikä koneohjauksella tarkemittatessa harvoin toteutuisi. Tarkemittausten onnistumisen vastuun ei tulisi siirtyä kaivinkoneenkuljettajalle/kaivinkoneyrittäjälle koneohjauksella mitattaessa vaan pääurakoitsija vastaa mittaustyön toteutuksesta ja laadusta. Kaivinkoneenkuljettaja tulee kuitenkin perehdyttää tarkemittaukseen ja vesihuoltolaitoksen mittauskäytäntöihin, mikä

yhdessä kaivinkoneenkuljettajan ammattitaidon ja mittaustyökokemuksen kanssa vaikuttaa merkittävästi mittaustarkkuuteen koneohjauksella tarkemitatessa.

Sidosryhmien haastateltavat listasivat koneohjausmittaukselle mittaustarkkuutta heikentäviä olosuhteita, jotka ovat osittain samoja kuin RTK-GNSS mittaukselle: satelliittikonstellaatio, säätila (vesipisarat toimivat pieninä linsseinä lasersäteen edessä ja prisman pinnalla takymetriohtauksessa), aurinkoaktiivisuuden vaikutus satelliittimittauksen paikannustarkkuuteen, työmaalle perustettujen tilapäisten tukiasemien siirtyminen säätilan vaihdellessa (esim. routiminen), korjaussignaali, voimalinjat, korkeat rakennukset ja puusto (peittävät satelliittinäkyvyyttä, havaintokulmaa), suuret heijastavat pinnat (signaaliheijastumat) ja kalibroimattomat kauhat ja kokematon kaivinkoneenkuljettaja. RTK-mittauksessa paikannuksen tarkkuus huononee, mitä pidempi etäisyys tukiaseman ja työkoneen välillä on. Laitevalmistajien haastatteluiden perusteella etäisyyden kasvattaminen yhdellä kilometrillä heikentää paikannuksen tarkkuutta n. 1 mm pystysuunnassa ja 0,5 mm vaakasuunnassa. Tukiasemaverkkojen saatavuus vaihtelee alueittain ja mittaustarkkuuden ero RTK- ja Verkko-RTK:n välillä on haastateltavien mukaan aina paikallista. Lisäksi haastatteluvastauksissa listattiin Verkko-RTK mittaustarkkuuteen vaikuttavaksi tekijöiksi: laskennallisen virtuaalitukiaseman etäisyys aitoihin tukiasemiin, +/- laskentatarkkuus, internet-operaattorin peittoalue ja toimivuus/häiriöt.

Sidosryhmien haastateltavat näkivät, ettei pitkiä loivia kaltevuuksia (kuten viettoviemäreiden vesijuoksuja) tai muita suurta tarkkuutta vaativia mittauksia voi kaivinkoneella tai muutoinkaan satelliittiperustaisella mittauksella tehdä, vaan ne tulee suorittaa takymetrilla. OSAO:n haastateltavat epäilivät, jos koneohjauksella mitattaessa mittaajan ei tarvitse mennä enää kaivantoon mittaamaan ”kuivin jaloin”, niin urakoitsijat eivät valmistelisi kaivantoa välttämättä yhtä huolellisesti mittauksia varten. Jos mitattavan putken päälle pääsee valumaan vettä ja liejua, koneohjauksella mittausta saatettaisiin tehdä puoliksi sokkona ja mittaustarkkuus kärsii. Lisäksi mittausten tulisi perustua aina todelliseen mittaustarkkuuteen eikä koneohjausjärjestelmän toteumamalliin vertaamiseen (kauhaa siirretään ja mittauspiste tallennetaan toteumamallin mukaiseen paikkaan, mikä ei mittaa toteutunutta putkilinjaa tarkasti).

7. Kaivokortit

Korttipohja on Oulun Veden kaivokorttimalli (paperinen tai sähköinen).

Jos korkeutta mitataan jälkikäteen rakennetusta kaivosta, on käytettävä mittalattia tai kallistuksen huomioivaa mittalaitetta – ei mittanauhaa.

Jos on tiedossa myöhemmin tapahtuva kannen korkomuutos, laitetaan siitä maininta huomautuskenttään.

Kaivonkannen z-koordinaatiksi voidaan erikseen sovittaessa hyväksyä myös kannen työmaa-aikainen lopullinen korkeus. (3.2 kohta ohjeessa)

Jos kaivokortteissa havaitaan puutteita tai virheitä ja ne on palautettu korjattavaksi, vain korjatut uudet kaivokortit toimitetaan uudelleen Oulun Veden kartoittajalle - ei kaikkia jo aiemmin toimitettuja kaivokortteja.

Urakoitsijoiden haastatteluista saadun palautteen perusteella kaivokorttimalli toimitetaan jatkossa myös sähköisessä muodossa. Jos samaan kaivoon liittyy normaalia enemmän putkia, niin sähköiseen kaivokorttimalliin niitä ei välttämättä saa selkeästi kuvattua, jolloin paperinen kaivokortti jätetään vielä myös käyttöön. Kaivon kunnan arviointi kaivokorttimallissa oli aiheuttanut epäselvyyttä ja yksi urakoitsijoista näki, ettei urakoitsija ollut oikea taho arvioimaan esim. liitoskaivon kuntoa, vaan se kuuluisi Oulun Veden ylläpidolle. Kaivokorttien toimituksessa kartoittajalle ylimääräistä työtä aiheuttaa usein päällekkäisyydet, jos urakoitsija teki kaivokortteihin korjauksia ja palautti korjattujen korttien lisäksi uudestaan myös kaikki jo aikaisemmin toimitetut kaivokortit, joihin ei ollut tehty korjauksia. Kaivonkannen korkomittauksia pyrittiin selkeyttämään siten, että kaivonkannen korko mitattaisiin vasta kun se on lopullisessa katukorkeudessa. Joskus urakka-alue asfaltoidaan vasta jälkikäteen, jolloin kaivonkannen z-koordinaatiksi voidaan hyväksyä erikseen sovittaessa myös kannen työmaa-aikainen lopullinen korkeus joskin siitä on ilmoitettava kaivokortin huomautuskentässä. Lopuksi ohjeeseen tarkennettiin kaivon vesijuoksun mittaaminen vain tarkoin mittaustavoin ja -välinein.

8. Lajikoodit

720 kaivonkannen korkeus (z, lopullinen korkeus)
 7301 epävarma sv-taitepiste
 1726 jv-runkoventtiili (yl. maanpinnasta)
 1727 jv-talohaaraventtiili (yl. maanpinnasta)
 7249 salaojan taitepiste
 7392 merkittävä liitos (esim. putkityypin vaihdos)
 100800 jv-liitos
 102800 jv-viettoviemärin tulppa (vesij. z)
 202800 vj-tulppa
 300800 sv-liitos
 302800 sv-tulppa (vesij. z)
 605200 yleiskarttapiste (muut tarkemitattavat rakenteet)

Urakoitsijoiden ja kartoittajan haastatteluiden perusteella lajikoodilistaan selvennettiin ja lisättiin em. lajikoodit liittyen tulppauksiin, liitoksiin ja venttiileihin, joissa ajoittain oli havaittu epäselvyyksiä ja kartoittajalta oltiin tarvittaessa kysytty neuvoa. Urakoitsijoiden haastatteluiden perusteella lajikoodeja oli mittausohjeessa sopiva määrä eri mittauskohteisiin ja niitä oli selkeä käyttää. Lajikoodeja ei kannattaisi lisätä liikaa jokaiseen erikoiskohteeseen omaansa, jolloin lajikoodilista laajenisi vaikeasti hallittavaksi ja siinä saattaisi esiintyä päällekkäisyyksiä. Nähtiin, että selkein tapa lajikoodien käytössä ovat yleispätevät lajikoodit eri putkilinjoille ja mittauspisteille, ja tarvittaessa mittausdatan käsittelyssä selityskenttään lisätään kommentit erikoiskohteissa.

9. Kartoitettavat kohteet kuvina

Vaasan Veden johtokarttamittausohjeen liitteeksi oli lisätty havainnollistavat kuvat, joista yhdellä silmäyksellä urakoitsijat pystyvät tarkistamaan lajikoodit eri putkilinjoille. Urakoitsijoiden ja Oulun Veden haastatteluiden perusteella kuvasta olisi apua havainnollistamaan kartoitettavia kohteita, ja tästä syystä päädyttiin Oulun Veden mittausohjeeseenkin laatimaan kuvat kirjallisen ohjeen tueksi Vaasan Veden kuvaa pohjana käyttäen. Kuviin pyrittiin kuvaamaan myös erikoiskohteet, mitattavat taitepisteet, saneerauskohteen ja uudisrakentamiskohteen eroavaisuus ja kaivoihin liittyvien putkien oikeaoppinen kartoittaminen. Oulun Veden suunnitteluassistentti muokkasi kuvaan Oulun Veden käyttämät lajikoodit ja em. erikoiskohteet. Kuvasta saatiin hyvää palautetta urakoitsijoiden haastatteluissa. Urakoitsijat pystyvät tulostamaan halutessaan kuvat erillisiksi muistilistoiksi mittaajalle tai kaivinkoneenkuljettajalle. Yhdistelmäkuvan tarkoitus on kuvata mahdollisimman kattavasti kaikki kartoitettavat kohteet ja lajikoodit yhdellä sivulla/kuvalla.

4.3 Jatkokehitysideoita

Johtokarttamittausprosessissa on jatkuvasti kehitettävää, kun mittauskalusto- ja ohjelmistot muuttuvat teknologian kehittymisen myötä. Työssä tehtyjen haastatteluiden perusteella kaikki johtokarttamittausten parissa työskentelevät haastateltavat toivoivat uusien ideoiden ja mittauskäytäntöjen kokeilemista ja omaksumista. Vesihuoltolaitosten johtokarttamittausprosessin kehittämisen tulisi tähdätä manuaalisen työn vähentämiseen, mittausresurssien tehokkaaseen käyttöön ja tiedonhallintaan verkkotietojärjestelmiin kerättävän tiedon määrän kasvaessa. Tähän kappaleeseen on kerätty haastatteluissa esitettyjä kehitysideoita ja huomioita mittausprosessin kehittämiseen jatkossa:

”Mittausdatan käsittelylle tulisi asettaa aikatavoitteet. Mittausdataan tulisi pystyä reagoimaan nopeasti myös loma- ja kiireaikana.”

”Reaaliaikainen tiedonsiirto mittausdatalle toimituksen sijaan.”

”Urakoitsijan keräämän mittausdatan itselleluovutus tulisi toteuttaa aina mittaus- tai suunnitteluohjelmistolla.”

”Vesihuoltolaitoksen tai kaupunkiorganisaatioon kuuluvien mittausyksiköiden toiminta on luotettavaa ja toimivaa, koska mittaajilla ja mittaustyönjohtajilla on pitkä kokemus infran ja vesihuollon tarkemittauksesta. Mittausyksiköitä voitaisiin hyödyntää täydennys- ja korjauskartoituksen lisäksi laadunvarmistukseen ja erikoiskohteiden mittaamiseen.”

”Johtokarttamittauksien kustannusten erittely urakkatarjoukseen, jonka perusteella rakennuttaja voi arvioida onko urakoitsija realistisesti varautunut johtokarttamittauksista aiheutuviin kustannuksiin, mikä selkeyttäisi myös aliurakoitsijalta tilattavaa mittaustyötä.”

”Sanktioiden asettaminen johtokarttamittausten laadunvarmistuksen laiminlyönneistä.”

”Dokumentointiohjelmistojen hyödyntäminen detaljien laatimisessa, työmaapäiväkirjan täyttämässä ja valokuvien dokumentoimisessa. Jatkuvuus uusien ohjelmistojen käyttöönottamisessa, että ohjelmistot eivät vaihtelisi jopa urakkakohtaisesti.”

”Urakoitsijalle tulisi lisätä luku- ja muutosoikeudet johtokartan toteuman tarkistamiseen ja putkilinjojen ja kaivojen ominaisuustietojen täydentämiseen suoraan verkkotietojärjestelmään verkostokartalle.”

”Lajikoodilistan ja verkostokartan toimitus urakoitsijan mittaajalle mittalaitteelle sopivassa muodossa.”

”Mittausohjeessa tulisi määritellä satelliittimittauksissa hyväksyttävät satelliittijärjestelmät (GPS+GLONASS vai GPS+GLONASS+GALILEO+BEIDOU) ja korjausdatapalvelut.”

”Verkkotietojärjestelmä on omaisuudenhallinnan työkalu. Verkostokartanpiirto-ohjelmana se omaa kömpelöitä ominaisuuksia ja tuottaa manuaalista työtä. Manuaalisen työn vähentämiseksi verkkotietojärjestelmän joukkopäivitys-, ominaisuustietojenlisäys- ja piirtotyökaluja voitaisiin kehittää.”

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Tässä diplomityössä tehtyjen haastatteluiden perusteella johtokarttamittauksissa ja verkostotiedon dokumentoimisessa on kehitettävää vesihuoltolaitoksilla Suomen laajuisesti. Kaikki haastateltavat vesihuoltolaitokset olivat havainneet toistuvia puutteita rakennuttamishankkeidensa urakoitsijoiden tekemissä johtokarttamittauksissa laajasti eri osa-alueilla: puuttuvia mittauspisteitä, väärää lajikoodauksia, vaihtelevia mittaustarkkuuksia, mittausten suorittaminen jälkikäteen arvioina kaivannon ollessa jo peitettynä, päällekkäisiä mittapisteitä, korkoheittoja ja mittapisteitä liian harvassa kuvaamaan putkilinjan kulkua sekä suuntaa. Ongelmakohtat aiheuttavat manuaalista työtä mittausdatan käsittelyyn ja verkostokartan oikeellisuuden vääristymistä.

Vesihuoltolaitosten haastatteluissa johtokarttamittaukset ja mittaus- ja kartoitustiedon oikeellisuus nähtiin erittäin tärkeänä osana vesihuollon elinkaarta ja omaisuudenhallintaa. Verkostokartan paikkansapitävyydellä on suuri merkitys vesihuoltolaitosten päivittäiselle toiminnalle: kunnossapidolle, suunnittelulle ja rakennuttamiselle. Mittaustieto ja verkostokartta toimii pohjana suunnitelmien lähtötiedoissa. Suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa puutteellinen verkostokartta aiheuttaa lisätöitä ja suunnitelmamuutoksia. Myös verkostoanalyysit, laadunvarmistus ja saneeraustarpeen arviointi ovat kaikki sidoksissa oikeelliseen kartoitustietoon. Vesihuollon paikka-, ominaisuus- ja kuntotietoihin liittyen kerätään enenevässä määrin tietoa verkkotietojärjestelmiin, mutta sen hyödyntäminen ei ole tehokasta. Tiedonhallinnan kehittämiseksi tulisi selkeyttää ja yhdenmukaistaa dokumentointi- ja mittausprosessia sekä sisäisesti että ulkoisesti. Lisääntyvää saneeraustarvetta ja korjausvelkaa on vaikea hallita ilman kunnollisia omaisuudenhallinnan työkaluja. Johtokarttamittausprosessin toimivuuden kannalta olennaista on sähköisten järjestelmien hyödyntäminen ja verkkotietojärjestelmän monipuolinen käyttö, mittauskäytäntöjen jatkuva kehittäminen ja mittausohjeen päivittäminen. Tiedon laatuun, tiedon hyödynnettävyyteen ja tiedonhallintaan tulisi panostaa verkostojen elinkaaren ja omaisuudenhallinnan näkökulmasta, mikä palvelisi myös kaikkia johtokarttatietoa käyttäviä sidosryhmiä.

Yksiselitteisen mittausohjeen tärkeys korostui kaikkien mittausprosessin osapuolten haastatteluissa. Mittausohje nähtiin mittauskäytäntöjen keskeisimmäksi määrittäväksi tekijäksi. Mittaustarkkuus, mittausmenetelmät ja laadunvarmistus tulisi määrittellä mittausohjeessa systemaattisen ja tarkan mittausdatan saamiseksi. Mittausprosessin

kehittämisen tulisi tähdätä manuaalisen työn vähentämiseen ja kartoitusresurssien tehokkaaseen käyttöön. Kartoittajan ja urakoitsijan välinen tiivis yhteistyö ja kommunikointi ovat myös avainasemassa johtokarttamittausprosessin sujuvoittamisessa. Urakkakohtainen mittaus suunnitelman laadinta nähtiin toimivaksi käytännöksi urakoitsijan suorittamissa tarkemittauksissa, mikä lisäisi tilaajan tietoisuutta urakoitsijan käyttämistä mittavälineistä, mittaustyön suorituksesta, dokumentoinnista ja mittausdatan säännöllisistä toimitusväleistä. Urakoitsijat määrittäisivät itse mittausdatan toimittamiselle urakkakohtaisesti sopivat aikataulut ja mieluiten toimittaisivat aineistoa suurempina kokonaisuuksina, mikä ennaltaehkäisisi kartoittajan ja urakoitsijan mittausvastaavan turhaa työtä keskeneräistä aineistoa käsitellessä. Mittaus- tai suunnitteluohjelmistojen käyttö nähtiin tärkeänä osana urakoitsijan johtokarttamittauksen itselleluovutusta ja laadunvarmistusta, mikä on eduksi myös rakentamisvaiheessa, kun toteumaa voidaan verrata suunnitelmiin.

Urakoitsijoiden ja sidosryhmien haastatteluissa nähtiin, että kaivinkoneen koneohjauksella tarkemittaaminen helpottaa tiedonhallintaa, vähentää materiaalikuluja, tehostaa työryhmien työskentelyä ja tuottaa lisätietoa toteumaan. Haastateltavat urakoitsijat näkivät, että koneohjauksella mittaaminen olisi taloudellisesti tehokkaampaa, se parantaisi työturvallisuutta, kun mittaajan ei tarvitsisi mennä kaivantoon ja kaivanto saataisiin myös peitettyä nopeammin. Sidosryhmien haastateltavat kuitenkin näkivät, ettei pitkiä loivia kaltevuuksia (kuten viettoviemäreiden vesijuoksua) tai muita suurta tarkkuutta vaativia mittauksia voi kaivinkoneella tai muutoinkaan satelliittiperustaisella mittauksella tehdä, vaan ne tulee suorittaa takymetrillä. Kaivinkoneen koneohjauksella paineputkien tarkemittaaminen nähtiin jatkuvan mittausprosessin sujuvuuden kannalta kokeilemisen arvoiseksi Oulun Vedellä. Luotettavan ja tarkan mittaustuloksen varmistamiseksi koneohjauksella mittausohjeeseen tulisi määrittää mittausten laadunvarmistustoimenpiteet, mittaustarkkuuden jatkuva seuranta ja dokumentointi, mittalaitteiden oikeaoppinen käyttäminen ja kalibrointi, ja mittaajan ja mittausdatan käsittelijän perehdyttäminen ja koulutus. Jatkuva mittausprosessi olisi kaikkien urakkaosapuolten kannalta paras vaihtoehto vesihuollon johtokarttamittauksissa.

LÄHDELUETTELO

Bilker-Koivula M, 2008. Positio 2/2008 Miten GPS-korkeudet eroavat vaaituista. Helsinki: Maanmittauslaitos. Saatavissa: www.paikkatietoikkuna.fi [viitattu 25.6.2021].

BSF (BuildingSmartFinland), 2019. Yleiset Inframallivaatimukset YIV [verkkodokumentti]. Helsinki: BuildingSmart Finland / Rakennustietomalli Oy. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/06/YIV-Yleiset-inframallivaatimukset-2019_1.pdf [viitattu 25.6.2021].

Heikkinen J, 2016. Opinnäytetyö: Koneohjatun kaivinkoneen toteumamittausten käyttö infrarakennustyömaan määrä seurannassa [verkkodokumentti]. Helsinki: Metropolia ammattikorkeakoulu. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/117206/Heikkinen_Janne.pdf?sequence=1 [viitattu 25.6.2021].

Junnonen, J. Kankainen, J., 2001. Rakennuttaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy. ISBN 951-682-631-8

Karttunen E, 2004. RIL 124-2-2004 Vesihuolto 2. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. ISBN 951-758-438-5

Kivinen T, 2016. Diplomityö: Tietomallit ja koneohjaus kuntatekniikan rakentamisessa [verkkodokumentti]. Helsinki: Aalto yliopisto. Saatavissa: https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/20529/master_Kivinen_Tommi_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y [viitattu 25.6.2021].

Laakso M, 2012. Opinnäytetyö: Kaivinkoneen koneohjauksen hyödyntäminen talonrakennustyömailla [verkkodokumentti]. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/41520> [viitattu 25.6.2021].

Laurila P, 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. Rovaniemi: Rovaniemen ammattikorkeakoulu. ISBN 978-952-5923-44-5

Lähteenmaa L, 2016. Opinnäytetyö: Vesi- ja viemäriverkoston kartoitus GNSS-kalustolla [verkkodokumentti]. Rovaniemi: Lapin ammattikorkeakoulu. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/120813/Opinnaytetyo_Lassi_Lahteenmaa_Valmis.pdf?sequence=1&isAllowed=y [viitattu 25.6.2021].

Maa- ja metsätalousministeriö, 2015. Vesihuollon tehtävät ja organisaatio [verkkodokumentti]. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. Saatavissa: https://mmm.fi/vesi/vesihuolto_tehtavat [viitattu 25.6.2021].

Maanmittauslaitos, 2021. julkaisuvuosi tuntematon. Satelliittipaikannus [verkkodokumentti]. Helsinki: Maanmittauslaitos. Saatavissa: <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/satelliittipaikannus> [viitattu 25.6.2021].

Novatron, 2021. julkaisuvuosi tuntematon. Mitä on koneohjaus [verkkodokumentti]. Novatron Oy. Saatavissa: <https://novatron.fi/mita-on-koneohjaus/> [viitattu 25.6.2021].

Oulun Vesi, 2016. Toimintakertomus 2016 [verkkodokumentti]. Oulu: Oulun Vesi. Saatavissa: http://www.e-julkaisu.fi/oulunvesi_vuosikertomus_2016/ [viitattu 25.6.2021].

Oulun Vesi, 2020. Toimintakertomus 2020 [verkkodokumentti]. Oulu: Oulun Vesi. Saatavissa: https://www.oulunvesi.fi/documents/399509/1456592/oulun_vesi_toimintakertomus_2020_sa.pdf/6192e648-aa82-4fb1-9183-d12d9ac13724 [viitattu 25.6.2021].

Oulun Vesi, 2021. Organisaatio, Suunnittelu ja rakennuttaminen [verkkodokumentti]. Oulu: Oulun Vesi. Saatavissa: <https://www.ouka.fi/oulu/oulun-vesi/verkostojen-suunnittelu-ja-rakennuttaminen> [viitattu 25.6.2021].

Rakennustieto Oy, 2009. InfraRYL 2019 Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa2: Järjestelmät. Helsinki: Rakennustieto Oy. ISBN 978-951-682-933-6

Rasanen V, 2018. Opinnäytetyö: 3D-koneohjaus kaivinkoneenkuljettajan näkökulmasta [verkkodokumentti]. Lappeenranta: Saimaan ammattikorkeakoulu. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/148867/Veijo_Rasanen.pdf?sequence=1&isAllowed=y [viitattu 25.6.2021].

Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry, 2019. ROTI 2019 Yhdyskuntatekniikka [verkkodokumentti] Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. Saatavissa: https://www.ril.fi/media/2019/roti/roti_2019_yhdyskuntatekniikka.pdf [viitattu 25.6.2021].

SFS 3161, 1996. Maanalaisten johtojen kartta. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Suomen ympäristökeskus, 2004. Ympäristöopas [verkkodokumentti]. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41744/Ymp%C3%A4rist%C3%B6opas_112.pdf?sequence=1&isAllowed=y [viitattu 25.6.2021].

Tappola M, 2016. Opinnäytetyö: Koneohjauksen käyttäminen laadunosoitukseen [verkkodokumentti]. Helsinki: Metropolia ammattikorkeakoulu. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/105661/tappola_mikko.pdf?sequence=1 [viitattu 25.6.2021].

Trimble, 2017. Trimble NIS vesihuolto [verkkodokumentti]. Trimble inc. Saatavissa: <https://utilities.trimble.fi/trimble-nis-vesihuolto.html> [viitattu 25.6.2021].

Valtioneuvoston kanslia, 2018. Tulevaisuuden kestävä vesihuolto – ennakointi, ohjaus ja järjestäminen. Helsinki: Valtioneuvoston kanslia. ISBN 978-952-287-607-2

Vermeer M, 2019. Geodesia – Kaiken perusta. Helsinki: Aalto yliopisto. ISBN 978-952-60-8873-0

Vesilaitosyhdistys, 2019. Vesihuoltolaitoksen omaisuudenhallinnan käsikirja. Helsinki: Vesilaitosyhdistys. ISBN 978-952-6697-49-9

Haastattelurunko vesihuoltolaitoksille

1. Onko urakoitsijoiden tekemissä johtokarttamittauksissa esiintynyt ongelmia?
Kyllä/Ei
2. Onko ongelmakohtia ollut?:
Mittaustiedon saamisessa *Kyllä/Ei*
Mittausdatan luotettavuudessa *Kyllä/Ei*
Mittausdatan manuaalisessa käsittelyssä *Kyllä/Ei*
Mikä on ollut ongelmallisin osa-alue?
3. Onko mittaustietoa jäänyt urakoista kokonaan saamatta?
Kyllä/Ei
4. Onko urakoissa jouduttu vaatimaan arvon alennusta tai pidättämään maksueriä johtokarttamittausten takia?
Kyllä/Ei
5. Ovatko johtokarttamittaukset sidottu yksikköhintaluetteloon / maksuerätaulukkaan?
Kyllä/Ei
6. Onko ongelmakohtia jouduttu ratkomaan urakkapapereita päivittämällä / mittausohjetta tarkentamalla?
Kyllä/Ei
Mitä muutoksia on tehty?
7. Tekevätkö urakoitsijat yleensä johtokarttamittaukset omana työnä vai tilaavatko mittauspalvelut aliurakoitsijoilta? Havaittuja ongelmakohtia molemmista tapauksista? *Kummasta enemmän?*
8. Vaaditaanko urakoitsijoilta referenssejä mittausvastaavasta ja mittaus suunnitelmaa työvaihekohtaisena työ- ja laatusuunnitelmana?
Kyllä/Ei
9. Vaaditaanko urakoitsijoilta itselleluovutusta mittausdatan toimituksessa?
Kyllä/Ei
10. Keskimääräinen kesto johtokarttamittausprosessille? *Aika-arvio työviikoissa uuden rakennetun/saneeratun putkilinjan rakentamisesta – mittausdatan toimituksesta – verkkotietojärjestelmään vientiin?*
11. Onko mittausprosessi jatkuvaa urakan aikana vai painottuuko urakan vastaanottoon? *Jatkuva/Vastaanotto*
12. Jäävätkö johtokarttamittaukset roikkumaan urakan vastaanottovaiheessa viimeisiksi laatudokumenteiksi? Aiheuttavatko viivettä urakan vastaanottoon?
Kyllä/Ei
13. Tehdäänkö urakoitsijoille puutelistaa puuttuvista mittauksista? Tai miten puuttuviin mittauksiin puututaan? *Kyllä/Ei*

14. Onko vesihuoltolaitoksella käytettävissä omaa tai kaupunkiorganisaatioon kuuluvaa mittausresurssia uudis- tai saneerauskohteisiin? Jos on, niin kuinka paljon sitä käytetään suhteessa urakoitsijoiden tekemiin johtokarttamittauksiin?
Kyllä/Ei
15. Onko mittausohjeessa määritelty mittaustarkkuutta ja käytettävää mittauskalustoa?
Kyllä/Ei
Muita laadunvarmistus toimenpiteitä kuten mittaustoleranssit, kalibrointitodistukset, yms?
16. Missä tiedostomuodossa mittausdata toimitetaan?
17. Onko sallittu kaivinkoneiden koneohjausmittausta vesihuollon tarkemittaukseen?
Kyllä/Ei *Kokemuksia & kommentteja?*
18. Kartoittajan / Johtokartan ylläpitäjän työmäärä? Manuaalinen työmäärä riippuvainen enemmän verkkotietojärjestelmän kömpelyydestä piirto-ohjelmana vai urakoitsijan toimittaman mittausdatan käsittelystä?
Verkkotietojärjestelmä/Mittausdata
19. Kehitysideoita johtokarttamittausprosessiin / verkkotietojärjestelmään?
20. Kuinka tärkeänä osana vesihuollon elinkaarta ja omaisuudenhallintaa näette johtokarttamittaukset asteikolla 1-10? Ja näettekö organisaatiossanne tarvetta johtokarttamittausprosessin kehittämiseksi?
1-10 *Kyllä/Ei*

Haastattelurunko urakoitsijoille

1. Miten OV johtokarttamittaukset ovat mielestänne sujuneet urakoissa. Onko OV mittausohjeessa tai mittausdatan toimituksessa ollut epäselvyyksiä?
2. Kulkevatko OV johtokarttamittaukset sujuvasti urakan mukana vai jarruttavatko muiden urakkavaiheiden toteutusta kuten kaivannon täyttö, liitosten teko, tms?
3. Suunnitellaanko johtokarttamittaukset etukäteen vai mitataanko kaivannosta sitä mukaa, milloin hyvä sauma mitata? Miten nähdään mittaus suunnitelman laadinta ja mittausdatan toimitus aluettain/kokonaisuuksina?
4. Laadunvarmistus: Mittauskaluston ja oman mittaustyön arviointi työn yhteydessä? Mittaustarkkuus ja mittavirhe mittauksissa - mittauksen oikeellisuus.
5. Mittauskalusto ja –ohjelmistot: Päästäänkö nykyisellä mittauskalustolla mittausohjeeseen lisättyihin tarkkuusvaatimuksiin (mittalaitteiden tuoteselostukset) ja käytäntö? Tarkkuuteen vaikuttavat olosuhteet? Onko urakoitsijalla käytettävissä taustakarttaa mittauksien tueksi ja mahdollista ylläpitää asemakuvaa urakan aikana mittauksen perusteella?
6. Päivitetyn mittausohjeen läpikäynti. Ovatko mittausohjeeseen lisätyt tarkkuusvaatimus & mittaus suunnitelman teko työvaihekohtaisena työ- ja laatusuunnitelmana toteutettavissa tai nähdäänkö tarpeellisiksi?
7. Mittafirma aliurakoitsijana. Miten mittaukset saadaan yhteensovitettua urakan etenemisen kanssa, kun mittaja ei ole välttämättä työmaalla läsnä, kun mittapiste pitäisi mitata. Miten aliurakoitsija – pääurakoitsija – kartoittaja kommunikointia voitaisiin parantaa. Mittausvastaava?
8. Kaivinkonemittaukset – Nähdäänkö, että kaivinkoneen koneohjaus on luotettava ja tarkka mittaus tapa vesihuollon tarkemittaukseen? Perustelut?
9. Mitä OV voisi tehdä sujuvoitukseksi johtokarttamittausprosessia? Esim. Detaljit – Buildie, mittausdata viivoina, tiedostomuoto .xci, mittausdatan toimitus?
10. Kehitysideoita ja kommentteja päivitettyyn mittausohjeeseen.

Haastattelurunko sidosryhmille

1. Mihin mittaustarkkuuteen kaivinkoneen koneohjauksella parhaimmillaan päästään? RTK vs Verkko-RTK?
2. Mitkä olosuhteet vaikuttavat koneohjauksella tehtäviin tarkemittauksiin?
3. Onnistuuko koneohjauksella mittaaminen ahtaassa kaivannossa esim. vesihuollon venttiilit ja laitteet?
4. Kaivinkoneenkuljettajan koulutus/perehdytys koneohjauksella mittaamiseen?
5. Suurten tiehankkeiden tekeminen koneohjauksella vs vesihuoltosaneeraus kaupunkialueella?
6. Käytetäänkö koneohjausta kansainvälisesti vesihuollon tarkemittaamiseen?
7. Laadunvarmistus toimenpiteitä koneohjauksella tehtävään vesihuollon tarkemittaukseen?
8. Voiko Oulua rajata etukäteen aluekohtaisesti missä koneohjauksella mittaaminen ei onnistu esim. keskusta korkeiden rakennusten keskellä? Vai onko tapauskohtaista?

Mittausohje

1. Johdanto/Yleistä

Johtokarttamittauksista saatua mittaustietoa käytetään perustana vesihuollon verkostojen suunnittelussa, rakennuttamisessa ja ylläpidossa. Toimitettavan mittaustiedon oikeellisuus ja luotettavuus on Oulun Vedelle ensiarvoisen tärkeää. Johtokarttamittaukset tulee tehdä tämän mittausohjeen mukaisesti.

Urakoitsijan on kartoitettava ja dokumentoitava urakka-alueelta vesihuoltolinjojen tiedot (koordinaatit, asennusvuosi, materiaalit, putkikoot, liitokset, tulpat, kaivot, poistetut verkoston osat jne.) siten, että tietojen vieminen verkkotietojärjestelmään verkostokartalle sujuu järjestelmällisesti ja luotettavasti. Mittausprosessin tulee olla jatkuvaa ja mittaustietoa tulee toimittaa Oulun Veden kartoittajalle tasaisin väliajoin. Urakan maksuerät ovat laskutuskelpoisia vasta, kun kyseisten tai vähintään edellisten maksuerien putkiosuuksista mittaustiedot on toimitettu.

2. Mittaustyön suunnittelu

Ennen urakan alkua urakoitsijan mittausvastaava ottaa yhteyttä Oulun Veden kartoittajaan Hannu Kankaaseen puh. 044 7032312 tai sähköpostilla hannu.e.kangas@ouka.fi mittauskäytäntöjen ja mittausohjeen läpikäymiseksi. Jos urakoitsija ei ole tehnyt ennen Oulun Vedelle johtokarttamittauksia, on sovittava mittauspalaveri.

Urakoitsija tekee mittausuunnitelman työvaihekohtaisena työ- ja laatusuunnitelmana tämän mittausohjeen perusteella. Mittausuunnitelmassa on nimetty mittauksista vastaava henkilö ja ilmoitettu hänen referenssikohteensa vesihuollon tarkemittauksista (koskee myös aliurakoitsijaa, jos mittaus työ tilataan). Lisäksi mittausuunnitelman tulee sisältää: mittauksissa käytettävät mittausvälineet ja ohjelmistot, mittaustyön suoritus, mittaustarkkuus ja mittavirhe, mittausvälineistön kalibrointi, mittausten laadunvarmistus ja alustava suunnitelma laadittavien detaljien paikoista urakka-alueelta. Mittausuunnitelmassa tulee määrittää urakkaan sopiva aikaväli mittaustiedon toimittamiselle (esim. viikoittain tai kahden viikon välein) ja suunniteltava ensimmäisen toimitettavan mittauserän (koe-erän) laajuus ja toimitusajankohta. Jos mittausdata halutaan toimittaa suurempina kokonaisuuksina, mittausuunnitelmaan laaditaan aluejako ja ilmoitetaan kokonaisuuksien toimitusajankohdat, joista sovitaan valvojan ja kartoittajan kanssa.

3. Toteutus

Vesihuollon johtojen ja laitteiden tarkemittaukset suoritetaan kaivannon ollessa vielä avoinna siten, että putkien päät ja taitekohdat ovat mittaushetkellä näkyvissä. Mittaukset suoritetaan GNSS-laitteilla tai takymetri -mittauksina. Mikäli mittaamisessa käytetään vain GNSS-laitetta, tulee urakan aluksi mitata takymetrillä urakka-alueelle tunnettuja asemapisteitä korkeuskiintopisteistä, joista mittausten oikeellisuus voidaan tarkistaa vähintään viikoittain urakan aikana. Jos satelliittisignaalit ovat paikallisesti huonoja ja ei päästä vaadittuun mittaustarkkuuteen, on käytettävä takymetria tai muuta tarkkaa mittaustapaa. Kaivinkoneen koneohjauksella tehtävää mittausta ei vesihuollon tarkemittauksissa lähtökohtaisesti hyväksytä. Painelinjojen tarkemittauksista koneohjauksella voidaan sopia erikseen kartoittajan ja valvojan kanssa urakkakohtaisesti (kts. kohta 6 kaivinkonemittaukset).

3.1 Mittausperusta ja mittaustarkkuus

Oulun Veden johtokartta on ETRS GK26 koordinaattijärjestelmässä ja N2000 korkeusjärjestelmässä.

Kartoitettavat kohteet on mitattava maastossa niin, että mitattavan pisteen kaikkien koordinaattien absoluuttinen mittavirhe on maksimissaan +/- 5cm, paitsi viettoviemäreiden vesijuoksut +/- 2cm. Suhteellisen korkeustarkkuuden tulee olla tätä parempi. Tarkkuusvaatimus perustuu suhteelliseen pistevirheeseen. Tarkastelukantana ovat mittauksen lähimmät lähtöpisteet ja tarkkuusvaatimus koskee sisäistä tarkkuutta.

3.2 Kartoitettavat kohteet

Kaikilla menetelmillä rakennetut tai saneeratut Oulun Veden vesihuollon koodiluettelossa olevat kohteet kartoitetaan. Jokaiselle kartoitettavalle pisteelle mitataan x- ja y-koordinaatit sekä korkeuskoordinaatti z. XYZ-tiedon on oltava aina kartoitettua tietoa (EI suunniteltua sijaintitietoa, "tehty suunnitelman mukaan"-huomautuksin). Lajikoodauksen on oltava mittaustavan mukainen: putken laki/vesijuoksu.

Z = vesijohdoilla sekä paineviemäreillä putken laki ▲

Z = viettoviemäreillä vesijuoksu ▼

Z = viettoviemäreillä putken laesta otetut havainnot taitepisteiden lajikoodilla ▲

Putkien vesijuoksut mitataan ennen kaivon yläosan asettamista (kartio, teleskooppi), jotta kartoitussauva saadaan pystysuoraan. Kaikista kaivoista (myös liitoskaivoista) mitataan kansi sekä kaikki tulevat ja lähtevät putket, sadevesikaivoista myös pohja. Kaivojen ja venttiilien kannet mitataan, kun ne ovat lopullisessa katukorkeudessa.

Poikkeustapauksissa johdot joudutaan peittämään ennen mittausta, jolloin tämän mittausohjeen edellyttämät kohteet merkitään ja mitataan seuraavia ohjeita noudattaen:

- Merkkipaalu (lauta tai lankku) pystytetään kohtisuorassa putken viereen. Paaluun merkintä, mikä putki kyseessä (vj, pv), sekä putken halkaisija. Paaluun merkitään myös putken todellinen korkeus (z-koordinaatti), ei suhteellista korkeutta.
- Jos merkkipaalua ei voida käyttää esim. katualueella, mittauspisteet tulee mitata sidemitoilla kiinteistä kohteista vähintään 3 kohdasta. Piirros sidemitoista toimitetaan mittajaalle ja Oulun Veden kartoittajalle.

3.2.1 Paineputket

- Taitepisteet paineputkista (vj, pv)
- Kartoituspisteiden väli alle 20 m, vaikka linja olisi suora
- Putkien päät paineputkista
- Liitospiste rakennettuun linjaan
- Putkien risteyskohdat

RUNKOVESIJOHDOT

- Koordinaatit (xyz) putken selästä väh. 20 m. välein ja aina pysty/vaakasuuntaisista taitekohdista (koodi 739). Venttiileiden läheltä otetaan tiheämpään ja useampia havaintoja putkien selästä.
- Jos ei saada havaintoa suoraan putkesta, otetaan havainto maan päältä työmaan merkitsemästä paikasta merkkipaalusta taitepisteestä (739). Korkeudeksi otetaan merkkipaaluun merkitty todellinen korkeus. Jos korkeutta ei ole ilmoitettu, niin korkeudeksi 0.000
- Kulkusuunnan havainnollistaminen: Kaartuvasta johdosta mitataan 3 lähekkäistä pistettä ja pitemmistä kaarteista otetaan useampia havaintoja. Putken ollessa näkyvillä suoralta osuudelta otetaan vähintään 2 havaintoa, jotta putken suunta saadaan tarkasti määriteltyä (739).
- Liitoskohdat: Kartoitetaan (7392) urakkarajan liitokset sekä erillisillä liittimillä tehdyt liitokset, vaikkei putkityyppi vaihtuisikaan.

TONTTIVESIJOHDOT

- Liitoskohta runkojohtoon kartoitetaan risteyspisteestä (738).
- Liitokset (7392) ja kulmakohdat (739) taitepisteestä lajeilla putken selästä.
- Suunta ja kaarteet mitataan vähintään 3 havaintona, kuten runkovesijohdoista.

VESIJOHDON VENTTIILIT

- Venttiileissä ensisijainen paikka kartalla on maanpintaan tuleva venttiilikansi. (731 runkovent. 732 talohaaravent.)
- Jos on rakennettu uusi venttiili vanhojen kanssa lähekkäin, kartoitetaan kaikki venttiilit, jotta venttiilien keskinäinen sijoittuminen näkyisi oikein.

PAINEVIEMÄRIT (JV,SVV)

- Mitataan kuten runkovesijohdot. (jvv 729, svv730)

3.2.2 Viettoviemärit

VIEMÄRIT (JV,SVV)

- Viettoviemäreistä kaivojen väliltä mitataan mahdolliset taitekohdat (esim. kulmakappaleet) putken selästä, taitepistehavaintona (jvv 729, svv 730) tai vesijuoksuhavaintona (jvv 740, svv 750). Lajikoodauksen on oltava mittaustavan mukainen.
- Jatkorakentamiselle tehdyistä putkivarauksista tulee mitata vesijuoksun xyz.
- Kaivonkannen z-koordinaatiksi voidaan erikseen sovittaessa hyväksyä myös kannen työmaa-aikainen lopullinen korkeus.

VIEMÄRIEN (JV, SVV) TALOHAARAT

- Talohaaraliitos runkoon kartoitetaan risteyspisteestä (jvv 108002, svv 308002). Epävarma risteyspiste poikkeustapauksissa (jvv 108001, svv 308003).
- Talohaaraputken suunnan määrittämiseksi on mitattava vähintään 2 mittapistettä ja taitekohdat (jvv 729, svv 730).
- Lisäksi kartoitettava supistukset ja putkityypin vaihdokset liitoksen lajikoodeilla (jvv 108000, svv 308000).
- Uudisrakennustyömailla th-putken pää tontilta vesijuoksusta viemäriin/sadevesiviemäriin vesijuoksupisteeseen (740/750) lajeilla. Jos z saadaan johdon pään mitatusta merkkipaalusta, todellinen korkeus tallennetaan korkeustiedoksi kartoitettuun vesijuoksupisteeseen.
- Saneeraustyömailla myös liitokset vanhoihin johtoihin, pihakaivoihin sekä tarkastusputket kartoitetaan. Jos z saadaan johdon pään mitatusta merkkipaalusta, todellinen korkeus tallennetaan korkeustiedoksi kartoitettuun vesijuoksupisteeseen.
- Jos viettoviemärit mitataan viivoina, mittauspisteet mitataan aina vesijuoksusta vesijuoksupisteinä (740/750) – ei taitepisteinä.

3.2.3 Erikoiskohteet

IMUAUKOT JA PURKUAUKOT (SVV)

- Xyz vesijuoksusta (727, 728).
- Jos putken päätä ei ole mahdollista kartoittaa, otetaan putken suunta väliltä kiinni epävarmana taitepisteenä (7301) (saadaan edes oikea suunta kartalle).

SUOJAPUTKET(VJ, JVV, SVV)

- Putken päistä yläpinnasta havainto (11400).

SALAOJAJOHDOT JA –KAIVOT

- Kaikki kaivot kartoitetaan (7241).
- Johdot kartoitetaan niiltä osin kuin mahdollista muun kartoitustyön ohessa (308004).

Muita tarkemittavia rakenteita ovat esim. eristeet, viivytysjärjestelmät, kulmatuet, kiinteät perustusrakenteet ja paikalleen valetut rakenteet. (Lajikoodi karttapiste 605200)

3.3 Korjauskartoitus

Vanhon putkien tai laitteiden puretut, käytöstä poistetut tai siirretyt osat, ilmoitetaan tulppauskohtineen. Korjauskartoituksesta toimitetaan esim. PDF-karttaote, josta selkeästi käy ilmi, mitkä verkoston osat poistettu kokonaan ja mitkä on jätetty maaperään tulpattuina. Urakoitsija toimittaa Oulun Veden laatukansion mukana palautekuvat, johon suunnitelmakartalle merkitään viivapiirroksin toteuma ja mahdolliset suunnitelmamuutokset kuten vanhojen talohaarojen oikeellinen sijainti ja liitoskohdat.

3.4 Detaljit

Urakoitsijan on otettava työn aikana valokuvia tärkeistä vesihuollon rakenteista (putkien risteämäkohdat, muut yksittäiset mittauskohteesta lähekkäin olevat osat ja laitteet ja liitokset) tai suunnitelmasta poikkeavista rakenteista ja laatia detaljit Oulun Veden laatukansion detaljiohjeen mukaisesti.

4. Tiedostomuoto

Koordinaattitieto toimitetaan GT -formaattissa (Geonic, tietolaitos) pisteinä Oulun Veden lajikoodilistan mukaisesti. Tai erikseen sovittaessa myös viivoina tai muussa tiedostomuodossa.

0	0	Lajikoodi	Selitys*	x	y	z
0	0	739	22	6705826.120	461884.797	3.852
0	0	721	690299	6705824.110	461885.075	3.802
0	0	11400	24	6705259.472	461887.324	3.601
0	0	108002	25	6705260.475	461886.312	3.721
0	0	7241	26	6705259.623	405259.771	3.597

*Selitys/Pistenumero-sarakkeeseen merkitään suunnitelman mukaiset kaivonumerot ja muut mittauspisteet numeroitaan sarakkeeseen juoksevalla numeroinnilla. Erityisen

hyödyllistä on kirjoittaa lisäinfoa mitatusta pisteestä erikoistapauksissa kuten: poikkeava putkimateriaali, tulppaus, kulmakappale, putkikoon vaihtuminen, sujutuksen alku tai xy-sijainti merkkilankusta jne. Selitys-sarakkeen pituus on maksimissaan 30 merkkiä yhteen kirjoitettuna ilman tyhjiä välilyöntejä mittausdataa editoidessa (mittalaitteeseen tallentaessa vain 8 merkkiä).

```
0 0 7291 paalumerkista_27 6705246.611 405309.654 0.000
0 0 739 63/40PE-liitos 6705828.130 461885.799 3.899
```

Sarakkeiden tärkeänä erottimena vähintään yksi välilyönti. X-koordinaattiin tulee 7 numeroa ja Y-koordinaattiin 6 numeroa ennen desimaalipistettä. Sarakkeiden ei tarvitse olla samoissa kohdissa.

5. Mittaustiedon toimittaminen & aineiston käsittely

Ensimmäinen mittausera (= koe-erä) toimitetaan Oulun Veden kartoittajalle, kun putkilinjan pituudesta on rakennettu esim. n. 10 % tai viimeistään kun vesihuoltotyöt ovat olleet käynnissä 2-3 työviikkoa. Kartoitukset on kerättävä kokonaisuudeksi ja toimitettava aina yksi kokonaisuus kerrallaan rakentamisen etenemisen mukaan. Mittausaineisto ja kaivokortit on tarkistettava ja aineistossa ei saa olla päällekkäisiä, ylimääräisiä väliaikaisia/rakennusaikaisia tai virheellisiä kohteita/lajikodeja.

Mittaustietoa toimittaessa sähköpostitse saatetekstiin on laitettava:

- urakkakohteen nimi
- mittaustapa (takymetri, GNSS, suorakulma, koneohjaus)
- käytetyt korkeus -ja koordinaattijärjestelmät
- mittausvastaava
- urakan valvoja
- selitys ilmeisistä mittauspuutteista mittausdatassa (esim. työteknisistä syistä runkolinja rakennetaan ensin valmiiksi urakkarajalle ja tonttiliittymät rakennetaan ja mitataan vasta viimeisinä)

Mikäli tarkkuusvaatimukset eivät täyty, mittaushavaintojen määrä ei ole riittävä tai lajikooodaus ei ole mittausohjeen mukainen lähettää Oulun Vesi aineiston uudelleen mitattavaksi tai täydennettäväksi ja urakoitsijalla on mahdollisuus korjata aineisto. Täydennysmittaukset tai selvitykset mittauspuutteista on toteutettava viipymättä. Tarvittaessa mittausvastaavan on selvitettävä mittauksista ilmenneitä epäselvyyksiä Oulun Veden toimistolla henkilökohtaisesti. Kaikki valokuvat, detaljit ja hataratkin apupiirroksot sekä hahmotelmat voivat olla avuksi kartan piirtämisessä erikoiskohteissa. Kartoittajaan on hyvä olla yhteydessä myös, jos mittausuunnitelmaan tai mittausdatan toimitusajankohtiin tulee muutoksia tai jos vesihuoltotyöt jäävät väliaikaisesti tauolle useammaksi viikoksi.

6. Kaivinkonemittaus

Jos tilaajan kanssa on erikseen sovittu, paineputkille voidaan käyttää kaivinkoneen koneohjauksella tehtävää tarkemittausta urakkakohteesta riippuen. Tarkan ja luotettavan mitaustuloksen varmistamiseksi koneohjauksella tarkemittauksessa edellytetään jatkuvaa dokumentointia mitaustarkkuudesta. Mittausvastaavalla, joka käsittelee mittausaineiston ja perehdyttää kaivinkoneenkuljettajan, tulee olla mittausalan koulutus. Koneohjauksen mitaustarkkuutta seurataan kalibrointipöytäkirjalla vähintään viikoittain. Pöytäkirjaan kirjataan tarkistuspisteillä (takymetrillä mitatuilla tunnetuilla asemapisteillä) tehdyt tarkkuusmittaukset sekä vesihuollon rakentamisessa käytettävien kauhojen kalibroinnit ja kalibrointitulokset lähetetään mittausdatan toimituksen yhteydessä kartoittajalle/valvojalle. Mittaus suunnitelmaan tulee lisätä koneohjausmittauksissa käytettävät mittausvälineet ja ohjelmistot, mittauksen suoritus, mitaustarkkuus ja mittavirhe, mittausvälineistön kalibrointi, mitausten laadunvarmistus ja tukiasematiedot. Viettoviemäreiden vesijuoksujen, venttiileiden tai muiden vesihuollon laitteiden mittaamiseen koneohjausta ei tule käyttää, vaan GNSS- tai takymetrimittausta. Kaivinkonemittauksen lajikoodit ovat:

Kaivinkonemittaus lajikoodit:

7393	vesijohdon taitepiste, kaivinkonemittaus (z putken selästä)
7293	qv-paineviemärin taitepiste, kaivinkonemittaus (z putken selästä)
7303	hv-paineviemärin taitepiste, kaivinkonemittaus (z putken selästä)

7. Kaivokortit

KAIVOKORTTIEN TEKO

Vaatimukset korttien tietosisällöstä:

- Korttipohja on Oulun Veden kaivokorttimalli (paperinen tai sähköinen). Eriksen sovittaessa vaihtoehtoisesti tehdaskortti toteutuneine korkeuksineen.
- Tekstien ja numeroiden on oltava luettavia, selvät kopiot.
- Korttiin tekijän nimikirjaimet.
- Perustiedot: katunimi ym. paikan määrittely, kaivon numero, piirros kaivoon liittyvien putkien suunnista.
- Putkityyppien tarkka määrittely (eri muovi- ym. laadut eroteltava: PVC, PEL, PP, SG, B...)
- Yhteyskaivonumerot tulosuuntineen (= 12h-kellonaikoina suhteessa lähtevään putkeen).
- Korkeustiedot kaikista kaivoon liittyvistä putkista, sekä kanteen ja pohjaan. Huom. Pelkästään lähtevän putken korkeus ei riitä. Jos korkeutta mitataan jälkikäteen rakennetusta kaivosta, on käytettävä mittalattaa tai kalistuksen huomioivaa mittalaitetta – ei mittanauhaa.
- Kannen tyyppi ritilä-/umpikansi sen mukaan, miksi se on suunniteltu ja tarkoitettu - ei rakennusaikainen.
- Jos on tiedossa myöhemmin tapahtuva kannen korkeusmuutos, laitetaan siitä maininta huomautuskenttään.
- USEIN UNOHTUVAA: Myös vanhoihin kaivoihin liittyvien uusien putkien korkeudet! Kaivoista tehtävä uusi kaivokortti, jossa myös vanhojen putkien korkeudet.
- Jos kaivokorteissa havaitaan puutteita tai virheitä ja ne on palautettu korjattavaksi, vain korjatut uudet kaivokortit toimitetaan uudelleen Oulun Veden kartoittajalle - ei kaikkia jo aiemmin toimitettuja kaivokortteja.

8. Lajikoodit

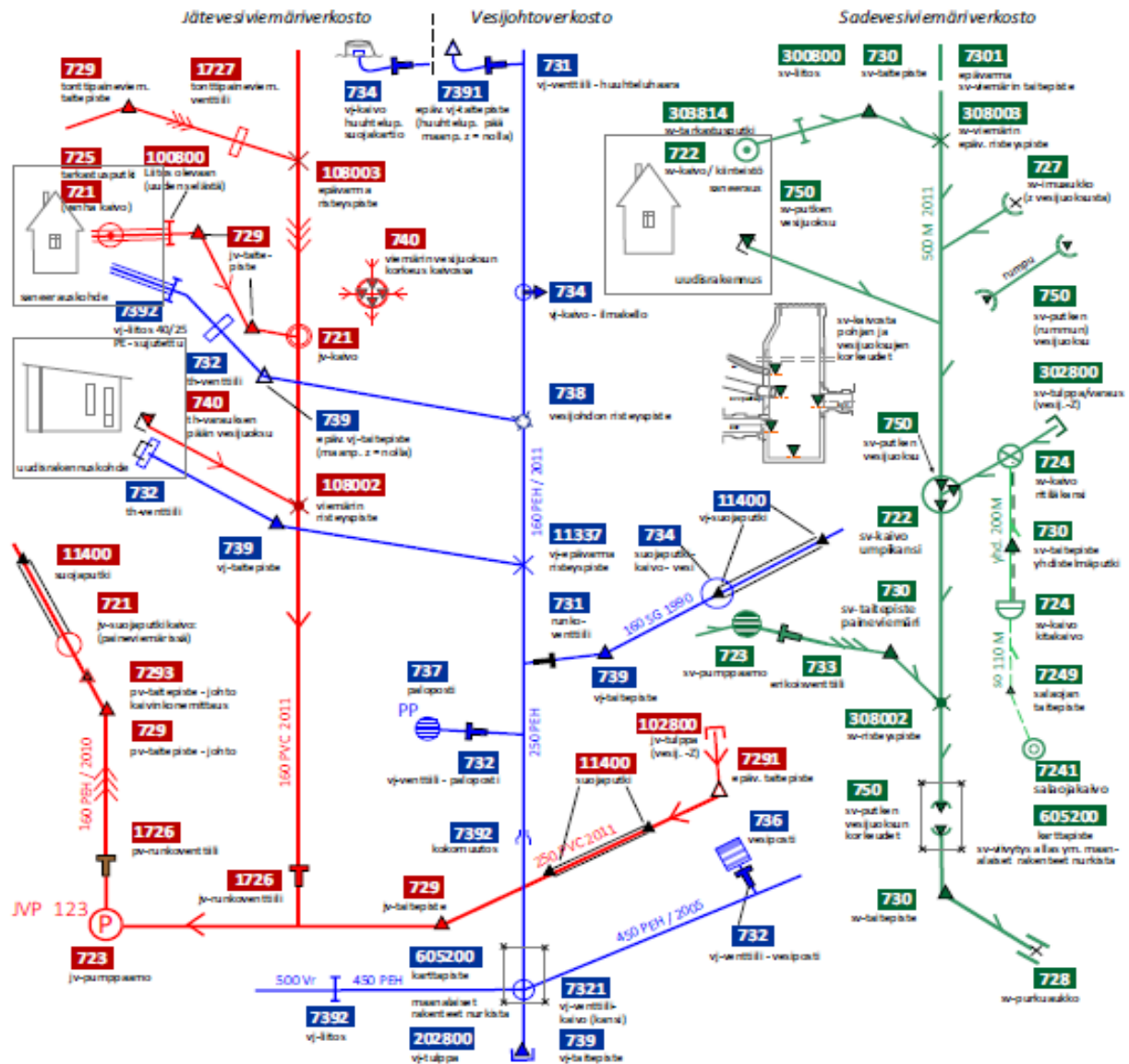
Oulun Veden käyttämä lajikooditus vesihuollon johdoissa

PISTELAJI SELITYS

720	kaivonkannen korkeus (z, lopullinen korkeus)	7301	epävarma sv-taitepiste
721	jätevesiviemäri kaivo	7391	epävarma vj-taitepiste
722	sadevesikaivo umpikannella *	7392	merkittävä liitos (esim. putkityypin vaihdos)
723	pumppaamo (sekä jäteveden, että sadeveden.)	7321	venttiilikaivo
724	sadevesikaivo ritiläkannella *	11337	epävarma vesijohdon risteyspiste
725	viem. tarkastusputki	11338	vesijohdon liitos (kartoitetaan, vaikka putkityyppi ei vaihdukaan)
727	imuaukko (z vesijuoksusta)	11400	suojaputken pää, kaikki johtotyypit
728	purkuaukko (z vesijuoksusta)	100800	jv-liitos
729	jätevesiviemäri taitepiste (z putken selästä)	102800	jv-viettoviemäri tulppa (vesij. z)
730	sadevesiviemäri taitepiste (z putken selästä)	108002	jv-viemäri risteyspiste
731	vj-runkoventtiili (yl. maanpinnasta)	108003	jv-viemäri epävarma risteyspiste
732	vj-talohaaraventtiili (yl. maanpinnasta)	202800	vj-tulppa
733	erikoisventtiili	300800	sv-liitos
734	vesijohdon kaivo	302800	sv-tulppa (vesij. z)
735	erikoiskaivo	308002	sv-viemäri risteyspiste
736	vesiposti	308003	sv-viemäri epävarma risteyspiste
737	paloposti	605200	yleiskarttapiste (muut tarkemitattavat rakenteet)
738	vj-risteyspiste (myös talojohdon liitos)		
739	vj-taitepiste (korkeus mukana, tarkka sijainti)		* erottelu ritilä-/umpikantiseksi sen mukaan, miten on suunniteltu (ei kartoitushetken tilanne maastossa).
740	jätevesiviemäri vesijuoksu korkeus (esim. talohaaran pää tontilla tms. varaus)		
750	sadevesiviemäri vesijuoksu korkeus (esim. talohaaran pää tontilla tms. varaus)		
1726	jv-runkoventtiili (yl. maanpinnasta)		
1727	vj-talohaaraventtiili (yl. maanpinnasta)		
7241	salaojakaivo		
7249	salaojan taitepiste		
7291	epävarma jv-taitepiste (sijainti mitoitettu jälkikäteen, ei korkeutta)		
			Kaivinkonemittaus
		7393	vesijohdon taitepiste, kaivinkonemittaus (z putken selästä)
		7293	jv-paineviemäri taitepiste, kaivinkonemittaus (z putken selästä)
		7303	hv-paineviemäri taitepiste, kaivinkonemittaus (z putken selästä)

9. Kartoitettavat kohteet kuvina

Verkostosta kartoitettavat kohteet



JÄTEVESIVIEMÄRIN PISTEET

- 721 kaivo
- 725 tarkastusputki
- 729 talteipiste (z putken selästä)
- 740 jv-viettoviem. vesij.-z (t.hun pää, kaivosta, ym.)
- 7291 epävarma talteipiste (xy=+0.5 m, ei korkeutta)
- 100800 liitos
- 108002 risteyspiste (myös th:n runkollitos)
- 108003 epävarma risteyspiste (myös th:n runkollitos)
- 7293 jv/pv-talteipiste, kaivinkonemittaus (z selästä)
- 1726 sulkuventtilli - jäte
- 1727 sulkuventtilli, kiint. - jäte
- 102800 jv-viettoviemärin tulppa (vesij.-z)

KAIKILLE JOHDOLLE YHTEISET LAJIT

- 723 pumppaamo
- 733 erikoiventtilli
- 735 erikoiskaivo
- 11400 suojaputken pää, kaikki johtotyypit
- 720 kaivon kannen korkeus (lopullinen Z, latu valmis)
- 605200 karttapiste: altaat, betoni- ym rakenteet

VESIJOHDON PISTEET

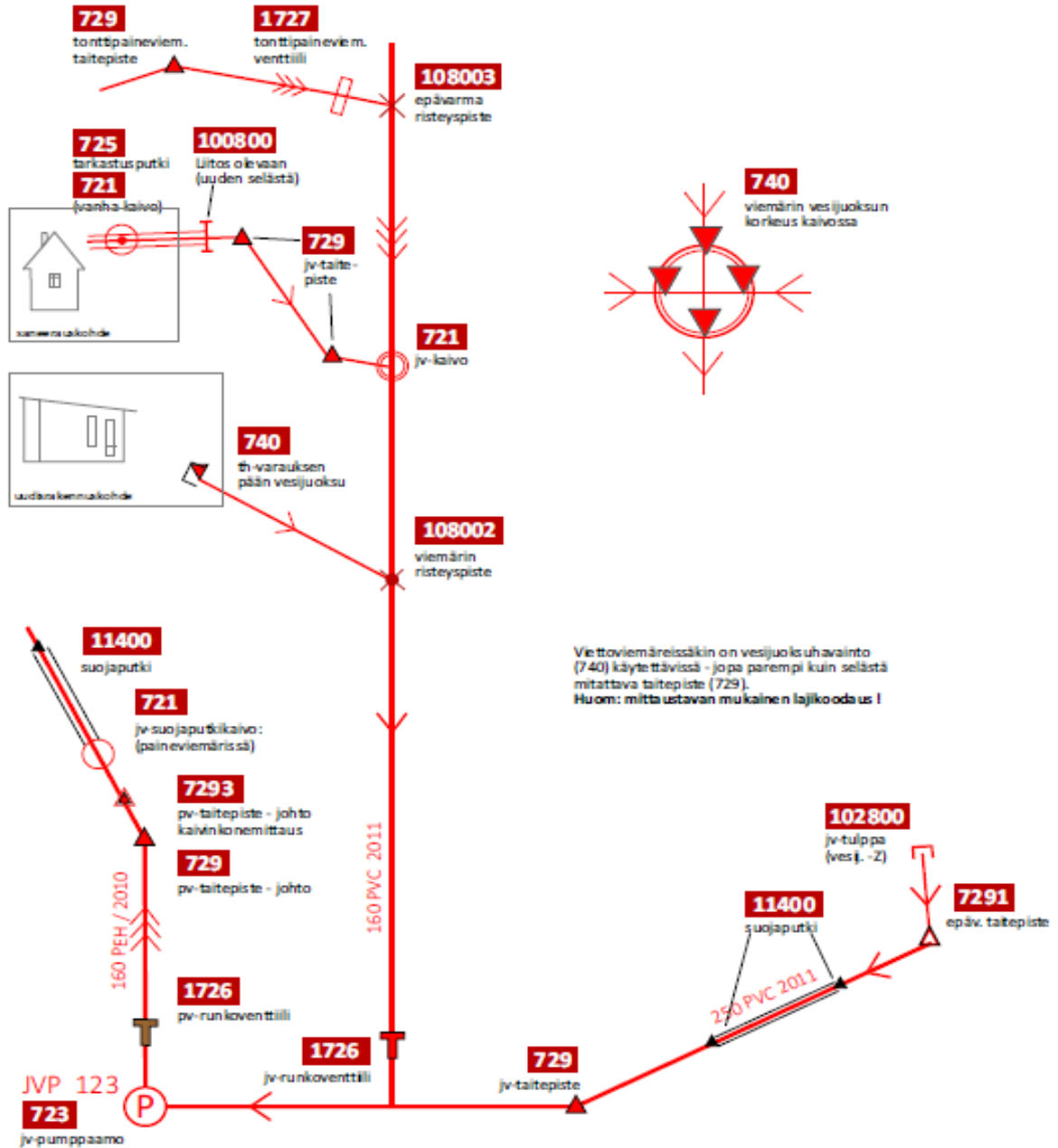
- 731 runkotenttilli (yl. maanpinnasta)
- 732 taloh-venttilli (yl. maanpinnasta)
- 734 vesijohtokaivo (ventt. ja suojaputkik; ilmanp.)
- 736 vesiposti
- 737 paloposti
- 738 risteyspiste (myös th-runko-liitos)
- 739 talteipiste (xyz, tarkka sijainti)
- 7391 epävarma vj-talteipiste (xy=+0.50 m, ei korkeus)
- 7321 venttillikaivo - ves
- 11337 epävarma vesijohdon risteyspiste
- 7392 liitos (merkittävä liitos, putkityyppiin vaihdos ym.)
- 7393 talteipiste, kaivinkonemittaus (z selästä)
- 202800 vj-tulppa

SADEVESIVIEMÄRIN PISTEET

- 722 sadevesikaivo umpikantinen
- 724 sadevesikaivo ritäläkantinen
- 727 imuaukko (z vesijuokusta)
- 728 purkuaukko (z vesijuokusta)
- 730 sadevesiviemärin talteipiste (z selästä)
- 7301 epävarma sv-talteipiste (xy=+0.5 m, ei korkeus)
- 7241 salaojakaivo
- 7249 salaojan talteipiste
- 750 vesijuoksu-z (t.hun pää, putket kaivosta, ym.)
- 308002 sv-viemärin risteyspiste
- 308003 sv-viemärin epävarma risteyspiste
- 300800 sv-liitos
- 7303 sv/pv-talteipiste, kaivinkonemittaus (z selästä)
- 302800 sv-tulppa (Z vesijuokusta)

Verkostosta kartoitettavat kohteet

Jätevesiviemäriverkosto



JÄTEVESIVIEMÄRIN PISTEET

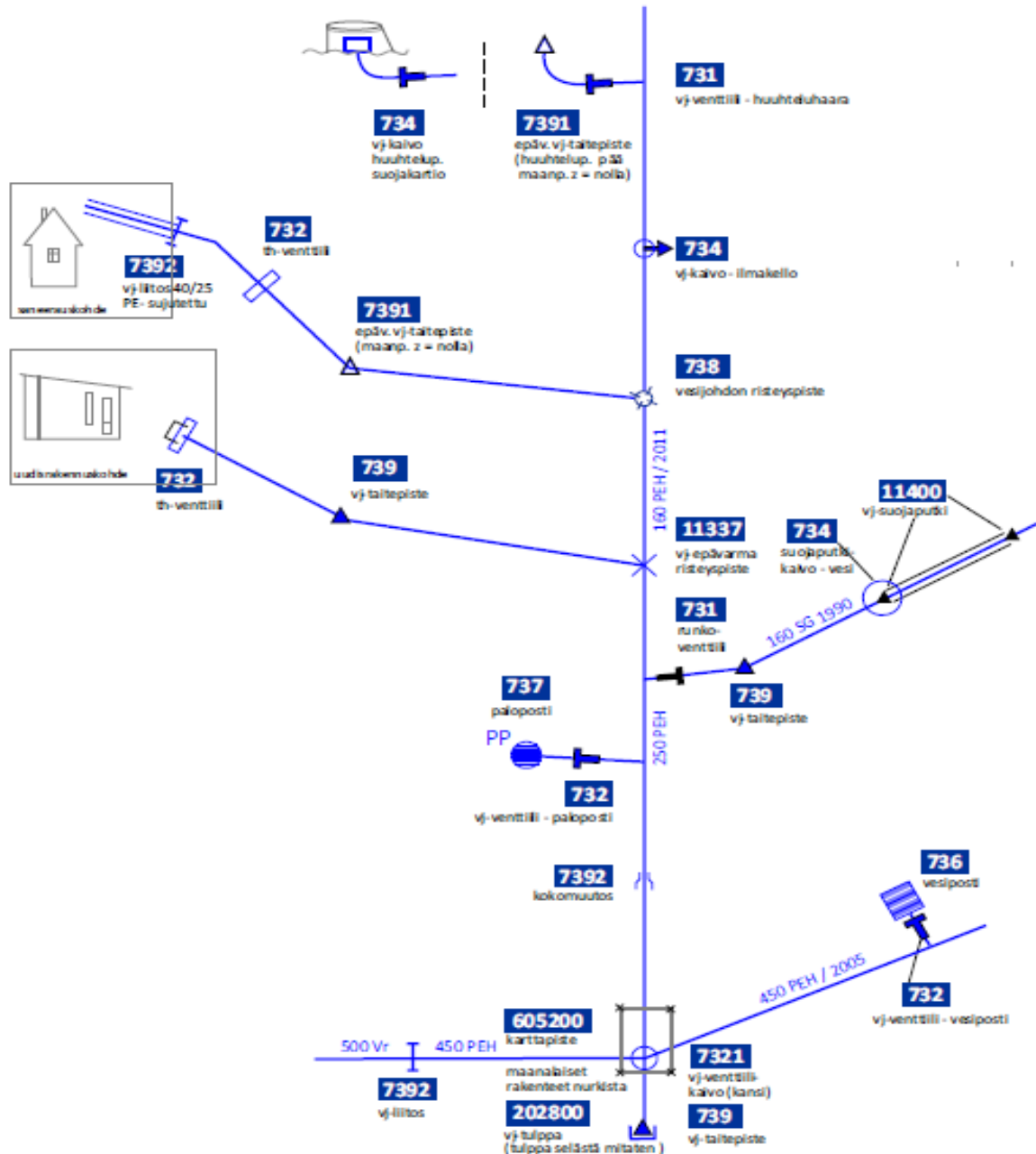
- 721 kaivo
- 725 tarkastusputki
- 729 taitepiste (z putken selästä)
- 740 jv-viettoviem., vesij.-z (th:n pää, kaivosta, ym.)
- 7291 epävarma taitepiste (xy±0.5 m, ei korkeutta)
- 100800 liitos
- 108002 risteyspiste (myös th:n runkoliitos)
- 108003 epävarma risteyspiste (myös th:n runkoliitos)
- 7293 jv/pv-taitepiste, kaivinkonemittaus (z selästä)
- 1726 sulkuventtiili - jäte
- 1727 sulkuventtiili, kiirt. - jäte
- 102800 jv-viettoviemärin tulppa (vesij. -Z)

KAIKILLE JOHDOILLE YHTEISET LAJIT

- 723 pumppaamo
- 733 erikoisventtiili
- 735 erikoiskaivo
- 11400 suojaputken pää, kaikki johtotyypit
- 720 kaivon kannen korkeus (lopullinen Z, katu valmis)
- 605200 karttapiste: altaat, betoni- ym rakenteet

Verkostosta kartoitettavat kohteet

Vesijohdoverkosto



VESIJOHDON PISTEET

- 731 runkoventtiili (yl. maanpinnasta)
- 732 taloh-venttiili (yl. maanpinnasta)
- 734 vesijohdon kaivo (ventt.k; suoja putkik; ilma np.)
- 736 vesiposti
- 737 paloposti
- 738 risteyspiste (myösth-runko-liitos)
- 739 taitepiste (xyz, tarkka sijainti)
- 7391 epävarma vj-talitepiste (xy→+0.50m, ei korkoa)
- 7321 venttiili-kaivo- vesi
- 11337 epävarma vesijohdon risteyspiste
- 7392 liitos (merkittävä liitos, putkityypin vaihdos ym.)
- 7393 taitepiste, kaivinkonemittaus (zselästä)
- 202800 vj-tulppa

KAIKILLE JOHDOILLE YHTYESSÄ LAJIT

- 723 pumppaamo
- 733 erikoisventtiili
- 735 erikoiskaivo
- 11400 suoja putken pää, kaikki johdotyytit
- 720 kaivon kannen korkeus (lopullinen Z, katu valmis)
- 605200 karttapiste: altaat, betoni-ym rakenteet

