



# Luovutusaineiston kehittäminen lentokenttärakentamisessa

Selvitystyö

Ali Lintula

OPINNÄYTETYÖ  
Huhtikuu 2019

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Infrarakentaminen

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Infrarakentaminen

LINTULA, ALI:

Luovutusaineiston kehittäminen lentokenttärakentamisessa

Opinnäytetyö 68 sivua, joista liitteitä 4 sivua  
Huhtikuu 2019

---

On tunnistettavissa, että infrahankkeiden luovutusaineiston arkistointi- ja jatkokäyttövaiheesta ei ole paljoakaan tietoa palveluntuottajalla eli urakoitsijalla, puhumattakaan tilaajan vaatimuksista nykypäivän mallipohjaisen hankkeen luovutusaineiston sisältöön. Myös luovutettavan aineiston tarpeet kunnossapidon ajalle ovat epäselviä sekä palvelun ja aineiston tuottajalla että kunnossapitäjällä itsellään. Näistä syistä johtuen ja asian selvittämiseksi opinnäytetyö nähtiin tarpeelliseksi.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on perehtyä digitaalisen ja mallipohjaisen luovutusaineiston muodostumiseen nykyajan infrahankkeissa sekä tutkia luovutusaineiston toteutumista lentokenttähankkeissa, joissa tilaajaosapuolena toimii Finavia Oyj. Työn tavoitteena on selvittää sekä tilaajan että kunnossapitäjän tarpeita luovutettavan aineiston suhteen. Työssä tutkittiin luovutettavan aineiston kehitystä sekä elinkaarta, kuin myös tilaajan erilaisia tietoaaineistojen arkistointi- ja ylläpitomenetelmiä sekä -järjestelmiä.

Johdanto-osiossa perehdytään digitalisuuteen ja tietomalleihin infrarakentamisessa. Selvitystyön toisessa osiossa kerrotaan infrahankkeiden luovutusaineiston koostumisesta aiwan hankkeen alusta, suunnitelmavaiheen lähtötietomalleista, hankkeen luovutukseen. Finavian toimintatapoja, vaatimuksia, tarpeita ja luovutusaineiston muodostumista sekä näiden ongelmakohtia ja kehitysaskelaita tutkittiin haastattelemalla asiantuntijoita, ja niistä raportoidaan työn kolmannessa osiossa. Haastatteluissa selvitettiin digitaalisen luovutusaineiston käyttömahdollisuuksia kunnossapidon aikana ja seuraavien hankkeiden lähtötietoina. Haastatteluissa selvisi myös mallipohjaisen tuotannon antamia mahdollisuuksia ja hyötyjä tilaajalle.

Finavian luovutusmenettelyssä havaittiin tapoja, jotka ovat vanhanaikaisia nykypäivän mallipohjaisten hankkeiden käytössä. Nykyisiä luovutusmenettelyjä kehittämällä saadaan mallipohjaisesta luovutuksesta enemmän hyötyjä, kuten reaaliaikaisen toteumatiedon hyödyt ylläpidolle. Myös työmaalla käytettäviä työkaluja ja mittausmenetelmiä malliaineiston tuottamista varten tutkittiin. Mittausmenetelmistä havaittiin GNSS-mittasauvan hyötyjä kahden esimerkin havainnollistamana.

Lopussa pohditaan työn tuloksia, joita ovat kehitysaskelait, ongelmakohdat ja niiden ratkaisut, sekä erilaiset järjestelmät ja työkalut. Tuloksissa esitellään muun muassa lentokentällä jo aikaisemmin tunnistettuja digitaalisen ja mallipohjaisen tiedon hyötyjä. Vertailun vuoksi pohdintaosiossa tutkittiin myös Väyläviraston mallipohjaisen luovutuksen kehitysaskelaita.

---

Asiasanat: digitaalisuus, luovutusaineisto, toteuma, inframalli, laadunvarmistus, mallipohjainen

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Construction Engineering  
Civil Engineering

LINTULA, ALI:  
Development of Delivery Material in Airport Construction

Bachelor's thesis 68 pages, appendices 4 pages  
April 2019

---

The purpose of this thesis was to familiarize with the formation of digital delivery dataset in modern infrastructure projects and investigate the process in airfield projects where the subscriber party is commissioned by Finavia Corporation. The aim of the thesis was to find out about the needs of both the commissioning company and the maintainer in terms of the model-based delivery dataset in the project. This study examines the lifecycle and development of the dataset deliveries from projects, as well as the different archiving and maintenance systems of the commissioning company.

The introduction chapter introduces digitalism and information models in infrastructure construction. The second chapter of the study explains the consist of the digital delivery dataset, right from start of project, initial data model from planning stage to transfer and accept procedure of project. Finavia's practices, requirements, needs, and the generation of digital delivery dataset, as well as these problem areas and developmental steps were examined by interviewing experts, and a discussion on this is provided in the third chapter of this thesis. The interviews explored the possibilities of using digital delivery dataset during maintenance and as starting point information for subsequent projects.

Finavia has noticed that their transfer procedure contains outdated practices which do not work well today's model-based projects. By developing existing procedures, more benefits are derived from model-based projects, such as getting as-built-information in real-time for the maintainer. Tools and measurement methods used at the site for producing information models were also examined. From the measurement methods, the benefits of the GNSS pinpoint tool were illustrated by two examples.

Results of the study, such as stages of development, problems and their solutions, as well as the different systems and tools are analyzed in the reflection section. For example, the benefits of digital and model-based information already identified at the airport. For comparison, development of the model-based delivery dataset of Finnish Transport Infrastructure Agency were examined in the reflection section.

---

Key words: building information modeling, as-built, quality verifying, digital, model-based

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
1.1	Yleistä .....	8
1.2	Digitaalisuus infrahankkeissa .....	9
1.3	Tietomallinnus .....	10
1.4	Miksi tietomallinnus? .....	10
1.5	Yleiset inframallivaatimukset .....	12
1.6	YIV-ohjeiden 2018 päivityksen oleelliset muutokset.....	13
1.7	Digitaalinen luovutusaineisto nykyään .....	14
1.7.1	Sisältö.....	14
1.7.2	Tiedon jäsentely .....	15
2	DIGITAALISEN LUOVUTUSAINEISTON MUODOSTUMINEN HANKE- VAIHEITTAIN .....	18
2.1	Olellaiset hankevaiheet .....	18
2.2	Valmistelu-/hallinnollinen vaihe.....	19
2.3	Eri urakkamuotojen edut ja haitat tiedonhallinnassa .....	20
2.4	Suunnitteluvaihe .....	21
2.4.1	Lähtötietoaineisto.....	21
2.4.2	Suunnitelma-aineisto.....	22
2.5	Rakentamis-/toteutusvaihe.....	23
2.5.1	Mittaustyöt ja työkoneautomaatio.....	24
2.5.2	Laatukokeet ja laadunvarmistus .....	26
2.5.3	Poikkeamaraportointi ja muutokset suunnitelmiin.....	27
2.6	Luovutusvaihe.....	28
3	LUOVUTUSAINEISTO FINAVIAN PROJEKTEISSA .....	29
3.1	Yleistä .....	29
3.2	Vaatimukset luovutusaineistolle kahdessa eri hankkeessa .....	29
3.2.1	Suunnitelmat ja niiden toimittaminen urakoitsijalle .....	30
3.2.2	Laadunvarmistus ja toimintakokeet .....	31
3.2.3	Poikkeamamenettely .....	33
3.2.4	Luovutus- ja vastaanottomenettely .....	34
3.3	Tarpeet .....	37
3.4	Toteutus ja laadunvarmistus .....	39
3.5	Aineiston vastaanotto, arkistointi ja käyttö tilaajalla.....	39
3.5.1	Kunnossapidon aikainen käyttö .....	41
3.5.2	Finavialla käytössä olevat ohjelmistot tiedonhallintaan .....	41
3.5.3	Aineiston elinkaari .....	42

3.6	Kehitystyö.....	42
3.7	Mallipohjaisen työmaan mittaus- ja laadunvarmistusmenetelmät.....	44
3.7.1	Mittauslaitteet.....	44
3.7.2	Koneohjaus ja toteumat.....	46
3.7.3	Mittaustyöt ja tarkkeet.....	48
3.7.4	Laadunvarmistus .....	48
4	POHDINTA.....	49
4.1	Tilaaajan näkökulmasta .....	49
4.2	Urakoitsijan näkökulmasta .....	53
4.3	Työn vertailuna: luovutusaineiston kehitysaskeleet Väylävirastolla.....	55
4.3.1	Tierekisteri ja Velho-allianssi .....	55
4.3.2	Taitorakennerekisteri.....	59
4.4	Yhteenveto .....	60
	LÄHTEET.....	61
	LIITTEET .....	64
	Liite 1. Esimerkki digitaalisen luovutusaineiston sisällöstä (YIV lausuntoversio 11/2018, 115-116).....	65
	Liite 2. Suunnitelma-aineiston luovutuksen vähimmäisvaatimukset (YIV lausuntoversio 11/2018, 92).....	67
	Liite 3. Ajankohtaiset linkit lähteiden lisäksi.....	68

## LYHENTEET JA TERMIT

DWG-formaatti	Autodeskin kehittämä tiedostomuoto, joka sisältää kaikki tiedot, jotka käyttäjä syöttää CAD-piirustukseen
DXF-formaatti	Autodeskin kehittämä tiedostomuoto, joka mahdollistaa tietojen siirtoa eri CAD-ohjelmien välillä
EFTP	Tampere-Pirkkalan lentoasema. EFTP = Northern Europe, Finland, Tampere-Pirkkala. Kansainvälisen siviili-ilmailujärjestön tunnus
FME-ohjelmisto	konvertointi työkalu, jolla voidaan suorittaa formaattimuunnoksia automatisoidusti, ilman koodausta. Voidaan muuntaa esim. XML- tai DWG-formaatti selainkartalle soveltuvaksi
Geonic-, GT-formaatti	mittaustiedonsiirtoformaatti, jota käytetään pistemäisen tiedon ja taiteviiva-muodossa olevan tiedon tiedonsiirtoformaattina
GNSS-järjestelmä	Eri maiden satelliittijärjestelmien muodostama kokonaisuus (Global Navigation Satellite System)
GNSS-RTK	tukiaseman avulla tarkennettua GNSS mittausta (Real Time Kinematic)
IFC	kansainvälinen tiedonsiirtostandardi rakentamisen ja kiinteistönpidontiedonsiirtoon ja yhteiskäyttöön. Käytetään myös siltojen ja taitorakenteiden tiedonsiirrossa
InfraBIM	infratietomalli (BIM = Building Information Modeling = tietomalli)
inframalli	infrakohteen tietomalli
Inframodel	kansainväliseen LandXML-standardiin perustuva avoin tiedonsiirtoformaatti, joka on tällä hetkellä käytössä infra-alalla Suomessa
LandXML	infrarakentamiseen sovellettu XML-tiedonsiirtoformaatti
MVR-mittaukset	maa- ja vesirakennus mittari. Talonrakennusalan TR-mittaria vastaava maa- ja vesirakennustyömaan työturvallisuuden arviointimenetelmä

PostGIS-tietokanta	PostGIS on avoimeen lähdekoodiin perustuva paikkatietokanta, jolla paikkatietoja voidaan tallentaa, analysoida ja käsitellä tehokkaasti satojen paikkatietofunktioiden avulla.
rajapinta	liittymä, jonka kautta on mahdollista siirtää tietoja ohjelmistojen välillä tai ohjelmiston ja käyttäjän välillä
revisiokuva	alkuperäisestä suunnitelmasta päivitetty versio, eli muokattu, muutettu, korjattu, päivitetty suunnitelma. Muutokset kirjataan asiakirjaan tai piirustuksen nimiöön
tarkepiste	mittaushenkilön takymetrillä tai GNSS-laitteella mitattu XYZ-koordinaatit omaava pistemäinen tieto
tietomalli	digitaalisessa muodossa olevan rakennelman 2D- tai 3D-malli, joka sisältää ominaisuustietoja
toteumapiste	XYZ-koordinaatit omaava pistemäinen tieto, joka on mitattu koneenkuljettajan toimesta 3D-ohjausjärjestelmällä varustetulla työkoneella
toteutusmalli	suunnittelujärjestelmästä avoimeen tiedonsiirtoformaattiin uloskirjoitettu rakennussuunnitelmamalli, joka sisältää infran rakenteita ja rakennepintoja
toteumamalli	inframalli, joka kuvaa infrarakenteen tai -järjestelmän sellaisena kuin se on toleranssit huomioiden toteutettu
VLK	vaihtoliikenteen kapasiteetin kehittäminen. Finavia Oyj, Helsinki-Vantaan lentoasema (EFHK). Asematason allianssiurakka ja terminaalin laajennusurakka
XML	XML = Extensible Markup Language, tiedonsiirtoformaatti, joka on tekstimuodossa. Suunniteltu datan säilyttämiseen ja siirtämiseen
YIV	Building SMART Finlandin julkaisemat yleiset inframallivaatimukset
YTV	Building SMART Finlandin julkaisemat yleiset tietomallivaatimukset

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Yleistä

Tarkoituksena on syventyä juuri tilaajan ja jatkokäyttäjän, kuten kunnossapitäjän näkökulmiin, sekä heidän tarpeisiinsa, vaatimuksiinsa ja tavoitteisiinsa. Työssä tutkitaan Destian ja Finavian yhteistyössä urakoimia lentokenttähankkeita ja molempien yhtiöiden toimintamalleja. Ohessa tutkitaan myös erilaisia arkistointi- ja jatkokäyttöjärjestelmiä, kuten tietopankkeja ja kunnossapidon aikaisia ohjelmistoja.

Nykyaikaisen mallipohjaisen luovutusaineiston arkistointi- ja jatkokäyttövaiheesta sekä tarpeista ei ole paljoakaan tietoa urakoitsijalla, joten tätä pyritään työssä avaamaan enemmän haastattelujen pohjalta.

Selvityksen sisältö perustuu moniin eri verkkotietolähteisiin, asiantuntijoiden haastatteluihin sekä omiin näkemyksiin ja kokemuksiin. Haastatteluilla kartoitetaan eri osapuolien luovutusaineiston toimintatapojen nykytilaa, kehitystä ja tulevaisuuden näkymiä. Haastattelujen tärkeimmät kohteet olivat tilaajan edustajat ja kunnossapito sekä heidän tarpeet, vaatimukset ja kehitystyö.

Digitalisaatiota tuodaan infra-alalle monen tahon osalta eri muodossa, kuten vaatimuksina ja ohjeina. Infra-alan digitalisaation kehityksen kannalta tärkeimpiä ohjeita ovat päivittyvät Yleiset inframallivaatimukset, Väyläviraston ohjeet ja Rakennustietosäätiön tuotetieto- ja tietopalvelukortistot sekä rakennusalan yleiset laatuvaatimukset.

Yleisiä inframallivaatimuksia kehittäneet ja päivittäneet buildingSmart Finlandin asiantuntijat ovat aktiivisesti mukana digitaalisen luovutusaineiston kehityksessä. Vuonna 2019 julkaistava YIV:n päivitys sisältää myös ohjeita ja vaatimuksia rakentamisen ajalle, mm. luovutusaineiston tuottamisen ohjeet. Entinen Liikennevirasto, nykyinen Väylävirasto on myös vaikuttava tekijä infra-alan kehitystyössä ja näin ollen sen asiantuntijat tekevät suuren osan alan ohjeistuksista. Väylävirasto myös ylläpitää tierekisteriä maanteistä ja kehittää parhaillaan siitä uutta versiota. Kyseinen kehitysprojekti tunnetaan nimellä Velho-hanke.



Destia on myös hyvin aktiivinen alan kehittämisen suhteen. Monenlaisia uusia ideoita testataan ja toteutetaan pilottihankkeilla, joiden avulla nopeutetaan kehitystä. Kehityspäällikkö Mika Jaakkolan (2018) mukaan ”Destian tavoitteena on tehostaa toimintatapoja entisestään, kun käytössä on mallipohjainen suunnittelu, tuotanto ja laadunvarmistus.”

## 1.2 Digitaalisuus infrahankkeissa

Digitaalisuus rakentamisessa tarkoittaa tiedon ja työkalujen sähköistä ja tietoteknistä olemuotoa. Rakennustyömailla käytössä olevia digitaalisia tietoja ovat esimerkiksi mittauspöytäkirjat, mittatiedot, raportit, taulukot, selostukset, luettelot, laskelmat, tietomallit, mallit, kuvat, karttakuvat, piirustukset, suunnitelmat jne. Digitaalisen tiedon työkaluja ovat muun muassa mittaustyökalut, piirustus-/suunnittelutyökalut, Office-työkalut, laske-ohjelmistot, koneohjausjärjestelmä, valvonta-/seurantaohjelmistot jne.

Suurin vaikuttava tekijä infra-alan digitalisoitumiseen on ollut varmastikin 2000-luvulla käyttöön kehittynyt työkoneautomaatio. Työkoneautomaation ansiosta maanrakennustyöt voidaan nykyään toteuttaa tarkasti kolmiulotteisten mallien mukaisesti, jotka suunnittelija on laatinut. (Destia 2017)

Tällä vuosikymmenellä on mukaan tullut myös pilvipalvelut sekä muut tiedonhallintaan ja käsittelyyn liittyvät työkalut, joiden avulla voidaan harjoittaa reaaliaikaista seuranta. Myös laadunvarmistaminen ja mittaukset, kuten tarke- ja toteumamittaukset ovat helpottuneet näiden kehitysaskelien myötä. (Destia 2017)

Tietomallintamisen yhteistyöfoorumi buildingSMART Finland (bSF) antaa tietoa, vaatimuksia, ohjeita ja tukea tietomallintamiseen sekä mallipohjaisiin hankkeisiin. Suomessa se on organisoitu yhdeksi Rakennustietosäätiön (RTS:n) päätoimikunnaksi. Tämä yhteistyöfoorumi on julkaissut Yleiset inframallivaatimukset (YIV), joita se myös kehittää ja vie käytäntöön vastaavasti, kuten jo pitkään toiminnassa olleet Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset (InfraRYL). (Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje 2017, 9.)

### 1.3 Tietomallinnus

Tietomallinnus itsessään tarkoittaa tiedon, tietosisällön ja rakennelman kuvantamista, esimerkiksi kolmiulotteisena mallina. Tuotettu inframalli/tietomalli on siis digitaalisessa muodossa olevan rakennelman 2D- tai 3D-malli, joka sisältää ominaisuustietoja. Esimerkiksi tien reunaviiva, jolla on koordinaattitiedot ja ominaisuustieto, on inframalli. Ominaisuustietoja voi olla esimerkiksi sadevesiviemärin putki laatutietoineen tai vaikkapa kaivuuluiskan yläreuna, eli taiteviiva. ”Ideaalitulanteessa yhden mallin avulla pyritään hallinnoimaan rakennelman elinkaarta aina suunnittelusta toteutukseen ja ylläpidon kautta purkamiseen” (Väylä 2016).

Tietomallinnus sisältää myös tiedonhallintaa itse mallintamisen ohella. Mallit ovat käytännössä tiedon esittämistä ja sisältää tiedot rakenteesta. Tiedonhallinta on tietojen säilyttämistä, jäsentelyä, järjestelyä, harmonisointia, siirtoa, päivittämistä ja jakoa.

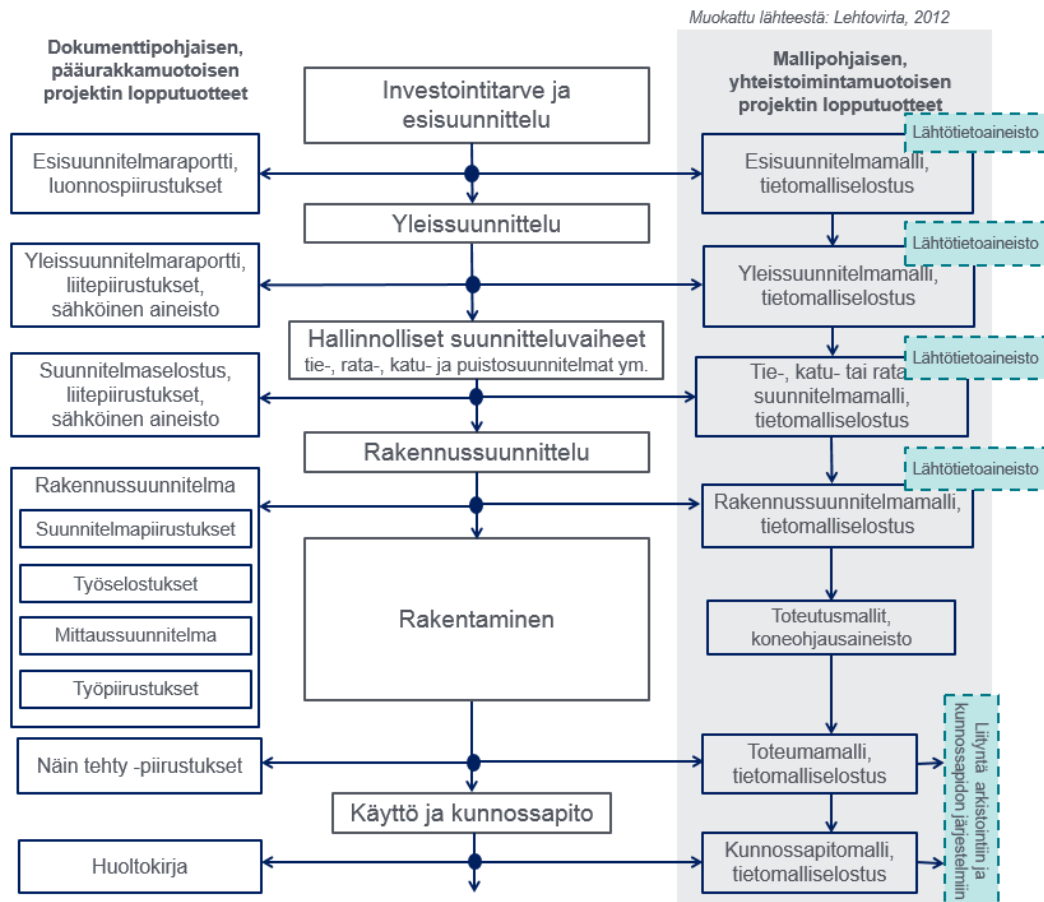
Väyläviraston mukaan ”koko väyläverkoston kattavaan yhteen tietomalliin on vielä hyvin pitkä matka. Määritykset infran ylläpitovaiheen tietomallin vaatimuksista ovat kesken” (Väylä 2016). Tässä selvitystyössä perehdytäänkin ylläpitovaiheen vaatimusten ja tarpeiden kehitykseen.

### 1.4 Miksi tietomallinnus?

Rakennushankkeen aikana, suunnittelussa ja hallinnassa hankkeen sisäistä tiedonsiirtoa voidaan parantaa tietomallintamisen avulla (Väylä 2016). ”Älykkään” tiedon siirtäminen avoimessa muodossa vähentää päällekkäisiä töitä hankkeen elinkaaren aikana (Ville Sunnio 2018, Diginfra 2.018.).

Luovutuksessa toimitettavien aineistojen erot mallipohjaisen ja perinteisen välillä ovat huomattavat. Mallipohjaisessa muodossa suunnitteluvaiheessa on enemmän töitä, mutta rakentamisvaiheessa huomattavasti vähemmän. Rakentamisvaiheessa mallipohjainen menetelmä on huomattavasti perinteistä tehokkaampi, kun aineiston käsittely on sujuvampaa ja toteuma-aineiston luominen automatisoidumpaa. Niskanen (2015, 4) havainnollistaa dokumenttipohjaisen kokonaisurakan ja mallipohjaisen allianssihankkeen luovutusaineistojen eroja kuviossa 1.

### Tilajalle toimitettavat aineistot infraprojektissa



KUVIO 1. Tilajalle toimitettavat aineistot dokumenttipohjaisessa ja mallipohjaisessa infraprojektissa (Niskanen, 4).

Tietomallinnus parantaa lopputuotteen ja rakentamisen aikaista laatua. Tietomallinnus suunnitteluvaiheessa helpottaa ongelmien ratkaisua. Rakennusvaiheessa tietomallien avulla pystytään helpottamaan työntekoa, esimerkiksi koneohjausjärjestelmän avulla. Työmaalla vältytään myös virheiltä ja ”yllätyksiltä”, jolloin koko hankkeen tuottavuus kasvaa, vaikka suunnitteluvaiheen kustannukset kasvavat. Tulevaisuudessa suunnittelun kustannukset alkavat tasaantua, kun uudet ohjelmistot kehittyvät ja käytännöt vakiintuvat.

Tavoitteena on, että urakoitsijat, tilaaja, ylläpitäjä ja jatkokäyttäjät saavat digitaalisessa muodossa sekä laadukasta, että tärkeää tietoa toteutus- ja luovutusvaiheessa käyttöönsä.

## 1.5 Yleiset inframallivaatimukset

Yleisten inframallivaatimusten tarkoitus on ohjeistaa ja asettaa vaatimuksia inframallintamiseen sekä infrahankkeiden digitaalisiin osa-alueisiin, kuten mallipohjaisen hankkeen rakennusvaiheeseen. YIV-ohjeet ovat vastaavat kuin YTV-ohjeet, eli Yleiset tietomallivaatimukset, jotka ovat rakennustuotannon mallintamisen ohjeet.

Yleiset inframallivaatimukset kattavat suunnittelun eri vaiheet, rakentamisen, rakennetun todentamisen sekä käytön ja kunnossapidon. YIV sisältää mm. dokumentoinnin, tiedonhallinnan ja jäsentelyn ohjeet sekä laadunvarmistuksen ja luovutettavan aineiston vaatimukset.

Yleiset inframallivaatimukset ovat päivittyvä, kehittyvä ja selkeä ohjekokonaisuus infrahankkeen koko elinkaaren ajalle. Yleiset inframallivaatimukset mahdollistavat siirtymisen rakentamisen uudelle aikakaudelle, eli rakentamisessa yleistyvän digitalisaation pariin. (YIV 2015 päivitys, YIV lausuntoversio 11/2018.)

Ohjeissa painotetaan standardisointia, harmonisointia ja avoimien formaattien käyttöä, jotka mahdollistavat yhteensopivuuden hankkeen elinkaaren aikana ja helpon käytön kaikille. Ne mahdollistavat myös erilaisten projektien tietomallien yhteen liittämisen ja vertailun tarvittaessa. YIV2018 -ohjeen päivityksessä esitetään vähimmäisvaatimuksia mm. mallinnukselle ja mallien tietosisällölle, joita on noudatettava infraprojekteissa. Muut YIV:ssa esitetyt asiat ovat ohjeita. (YIV 2015 päivitys, YIV lausuntoversio 11/2018.)

On suuresti tilaajien vastuulla mahdollistaa kehitys seuraavalle tasolle infrarakentamisessa. Kun tilaaja vaatii yleisiä inframallivaatimuksia käytettäväksi jo tarjouspyyntövaiheessa, ne tulevat käyttöön tehokkaammin ja tavallaan pakottavat urakoitsijoiden kehittymään mukana. (Kivimäki 2015)

Tilaajan takana voi olla myös organisaatio, yhdistys tai järjestelmä, kuten esimerkiksi Väyläviraston tierekisteri, joka luo hankkeelle tietyt vaatimukset. Kun tarpeet ovat tiedossa ja tilaaja osaa vaatia urakoitsijalta oikeita asioita, saadaan luovutusaineistosta luovutuksen jälkeen enemmän hyötyä irti.

Useimmiten rakennuttaja/tilaaja ei osaa tai pysty sen hetken tietojen mukaan vaatimaan tarpeen mukaista luovutusta urakasta. Tästä syystä vieläkin suurimmassa osassa luovutuksista on vain laadullisen sisällön omaavia aineistoja, joita tilaaja käyttää rakentamisen laadun ja oikeellisuuden varmistamiseen, eikä jatkokäytön tarpeiden mukaista aineistoa, kuten esimerkiksi inframalleja. Kuitenkin esimerkiksi tierekisteriä varten tarvittavia tietoja käydään mittaamassa ja tekemässä projektin jälkeen. Tältä ylimääräiseltä työltä säästytettäisiin, kun projektin luovutuksessa vaadittaisiin kaikki tarvittavat tiedot (Suntio 2018).

## 1.6 YIV-ohjeiden 2018 päivityksen oleelliset muutokset

Uudessa, päivitettyssä versiossa on pyritty selkeyttämään ja yhtenäistämään ohjeita luetavuuden helpottamiseksi. Sisältöä on jäsennelty selkeämmäksi ja tiettyjä osioita pystyy osoittamaan kullekin osapuolelle helpommin. Tieto löytyy kevyemmin ja sisältö on yksiselitteisempää ja ytimekästä.

YIV2018 -versiossa on viisi osaa, kun edeltäjässä oli jopa 12 osaa. Uudet osat:

1. Yleinen osa
2. Lähtötietoaineisto
3. Suunnittelu
4. Rakentaminen
5. Kunnossapito

Kehitystä on tapahtunut kokonaisuudessaan, mutta varsinkin luovutusaineistoon liittyvässä ohjeistuksessa. YIV:n neljäs osa, ”Rakentaminen”, sisältää paljon uusia vaatimuksia ja ohjeita, kuten esimerkiksi tiedon jäsentelyvaatimukset luovutusaineistolle. Kunnossapito-osuus pitää sisällään ”Inframallinnus päällysteiden korjaamisessa” ja sitä täydentävän osan ”Asfalttipäällysteiden geometriapuutteiden tietomallipohjainen korjaushanke”. Taitorakenteita koskevat ohjeet päivitetään myöhemmin.

Vuoden 2019 alussa on tavoitteena viedä YIV-ohjeet Rakennustiedon julkaisujärjestelmään, Infrarakentamisen yleisiin laatuvaatimukseen (InfraRYL). ”YIV-ohjeesta suoraan InfraRYL:iin uusien menetelmien vieminen on hyvä tavoite, mutta vie yleensä vuosia” (Mika Jaakkola 2018). Jaakkola on kuvannut mallipohjaisen laadunvarmistusmenetelmän InfraRYL 2017 -versioon.

InfraRYL ja YIV-ohjeiden tavoitteena on toimia yhdessä hieman eri tavalla rakennustiedon järjestelmässä vuonna 2019. Tulevassa järjestelmässä päästään hyödyntämään eri vaatimusten ja ohjeiden vuorovaikutusta niin, että linkkien avulla voidaan yhdistää halutut asiat ja tehdä tarvittavat viittaukset toiseen järjestelmään. Esimerkiksi, linkki InfraRYL:iin, josta pääsee tekstikappaleiden tai taulukoiden tarkkuudella YIV-ohjeisiin ja päinvastoin. (Mäkelä 2018.)

## **1.7 Digitaalinen luovutusaineisto nykyään**

Luovutusaineisto on projektin toteuma-aineistosta, laaturaportoinnista ja hankkeen yleisestä tietopankista muodostuva lopputuote, jolla todennetaan rakentamisen aikana toteutunut laatu. Digitaalinen luovutusaineisto korvaa perinteisen, fyysisen paperidokumentoinnin sähköisessä muodossa olevilla tiedoilla. ”Digitaalinen luovutusaineisto kerää dataa koko hankkeen elinkaaren ajalta, jolloin hankkeen tietomäärä kasvaa ja kehittyy, eikä tietoa tipahda pois hankevaiheesta seuraavaan siirtyessä” toteaa suunnittelija Olli Planting (2018).

”Digitaalinen luovutusaineisto parantaa hankkeen elinkaaren tiedonhallintaa. Sen avulla siirretään tietoa eteenpäin seuraaville hankevaiheille ja se helpottaa kerätyn tiedon jälleenkäyttöä” (YIV lausuntoversio 11/2018, 114). Laadun todentamisen lisäksi tavoitteena on, että luovutusaineistosta saataisiin hyötyä myös jatkossa, esimerkiksi ylläpitovaiheessa. Varsinkin mallipohjaisesta aineistosta voi saada monipuolista hyötyä.

### **1.7.1 Sisältö**

Luovutusaineiston sisältö muodostuu aina tilaajan vaatimusten sekä tilaajan kanssa tehtyjen sopimusten mukaisesti. Tilaajan on erittäin tärkeää selvittää projektilta luovutettava tietosisältö ennen tarjouspyynnön jättämistä. Myös hankekohtaiset erot ja tarpeet on hyvä tunnistaa, jotta vältetään ylimääräiseltä ja turhalta työltä sekä vastaavasti tunnistetaan vaativamman hankkeen tarpeet ja osataan vaatia niitä tarjouspyyntövaiheessa. (Taina 2019)

Digitaalisella aineistolla kuvataan valmiin työmaan luovutus. Digitaalinen aineisto muodostuu toteumamallista ja -piirustuksista, laadunvarmistusaineistosta sekä niihin liittyvästä dokumentaatiosta. Aineistolla todennetaan rakentamisen laatu ja se toimii kokonaisuudessaan lähtötietona kunnossapitovaiheelle. (YIV lausuntoversio 11/2018, 114).

Luovutettavan aineiston tarkoitus on kasvaa, päivittyä ja kerätä tietoa koko projektin ajan. Tätä varten on olemassa yleensä tilaajan määrittelemä projektipankki. Tilaajan kanssa sovitaan ennen hankkeen aloittamista luovutettavan aineiston sisältö, jonka mukaan luovutettava osuus määräytyy.

Luovutettavan aineistopakettien tulee aina sisältää aineistoselostus ja -luettelo. Aineistoselostuksessa käydään hankkeen luovutettava aineisto vaihe vaiheelta läpi. Selostuksessa kerrotaan hankkeesta yleisesti, kuinka toimittiin ja esimerkiksi mitä järjestelmiä käytettiin, sekä opastetaan aineistoluettelon ja aineiston sisällön käyttö. Valtatie 8, Luostarinkylän väylähankkeesta tehdyssä digitaalisen luovutusaineiston pilottikohteen raportissa on hyvä esimerkki aineistoselostuksesta (Partiainen, A. & Suntio, V. 55-71).

### **1.7.2 Tiedon jäsentely**

Tiedon jäsentely ja sopivat kansiorakenteet ovat hyvin tärkeitä suurilla hankkeilla, jotta vältytään sekaannuksilta ja helpotetaan tiedon löytymistä. Näin voidaan nopeuttaa tiedonhallintaa.

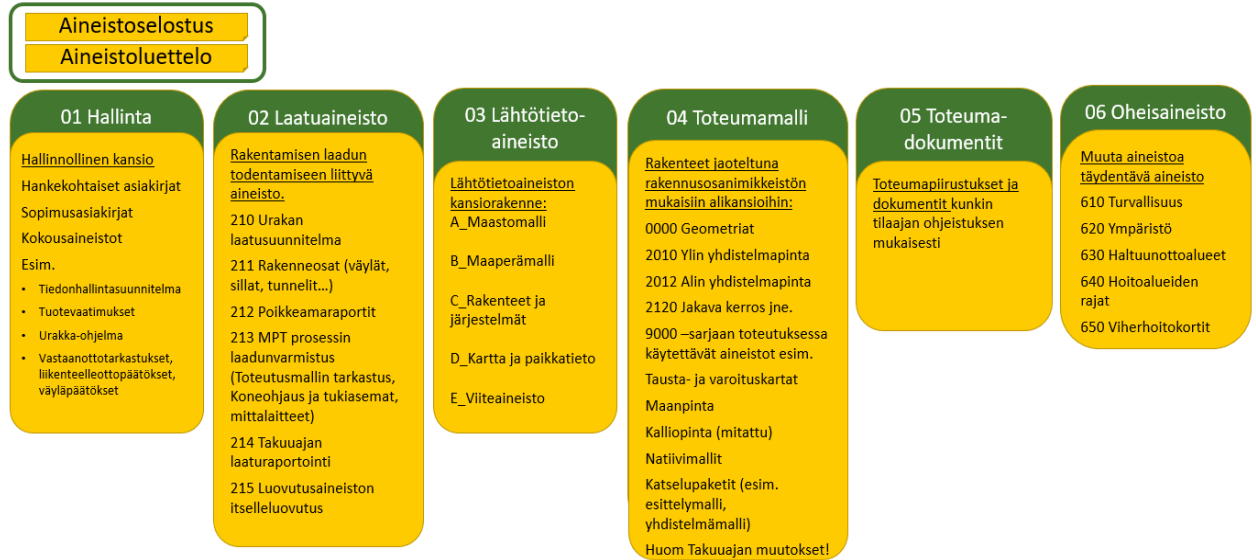
Jäsentelyt ovat aina hankekohtaisia, mutta esimerkiksi infrahankkeissa tai vähintäänkin väylähankkeilla pystytään vakioimaan pääkansiorakennetta niin, että se on kaikilla hankkeilla sama. Standardisointi taas nopeuttaa tiedonhallintaa laajemmin ja jopa kansainvälisesti. Varsinkin väylähankkeissa tästä saadaan suuri hyöty, koska kuitenkin aineiston päätepiste tulee osittain, jos ei kokonaan, olemaan tierekisteri tai muu valtion hallinnoima järjestelmä tieverkosta, sen rakenteista ja tekniikasta.

Yhdenmukainen luovutustapa ja aineiston dokumentointi on olennainen osa hankkeista syntyvän tiedon jälleenkäytön edellytyksen helpottamista. Tästä syystä luovutettava aineisto tulee jaotella vakioidusti ja siihen tulee sisällyttää aineistoselostus ja -luettelo. (YIV lausuntoversio 11/2018, 114).

YIV-ohjeen tiedonhallinta ja jäsentely -kohdassa on vaatimus, jonka mukaan luovutusvaiheen aineisto tulee jäsentää, kuten kuviossa 2 (YIV lausuntoversio 11/2018, 114). Alemman tason kansiot ovat esitetty ohjeellisina ja ne sovitaan projektille sopivaksi hankekohtaisesti ennen rakentamisvaiheen aloittamista. YIV-ohjeissa on vastaavanlaiset kuviot myös suunnittelu- ja toteutusvaiheesta. Pääkansiorakenne pysyy uudelleennimeämistä lukuun ottamatta samana, vain sisältö muutetaan vaihekohtaiseksi. Tietomäärä kasvaa joka hankevaiheessa lisää.

## Tiedon jäsentely - Luovutusvaihe

Tiedonhallinta dokumentti



KUVIO 2. Tiedon jäsentely luovutusvaiheessa (YIV lausuntoversio 11/2018, 114).

Kansiorakenteen tulisi muodostua selkeästi, kuten liitteen 1 taulukon mukaisesti päätason kansioista sekä alikansioista. Tiedostot jaotellaan aineistoittain omiin kansioihin ja Infra-BIM-nimikkeistöä hyödyntäviin alikansioihin.

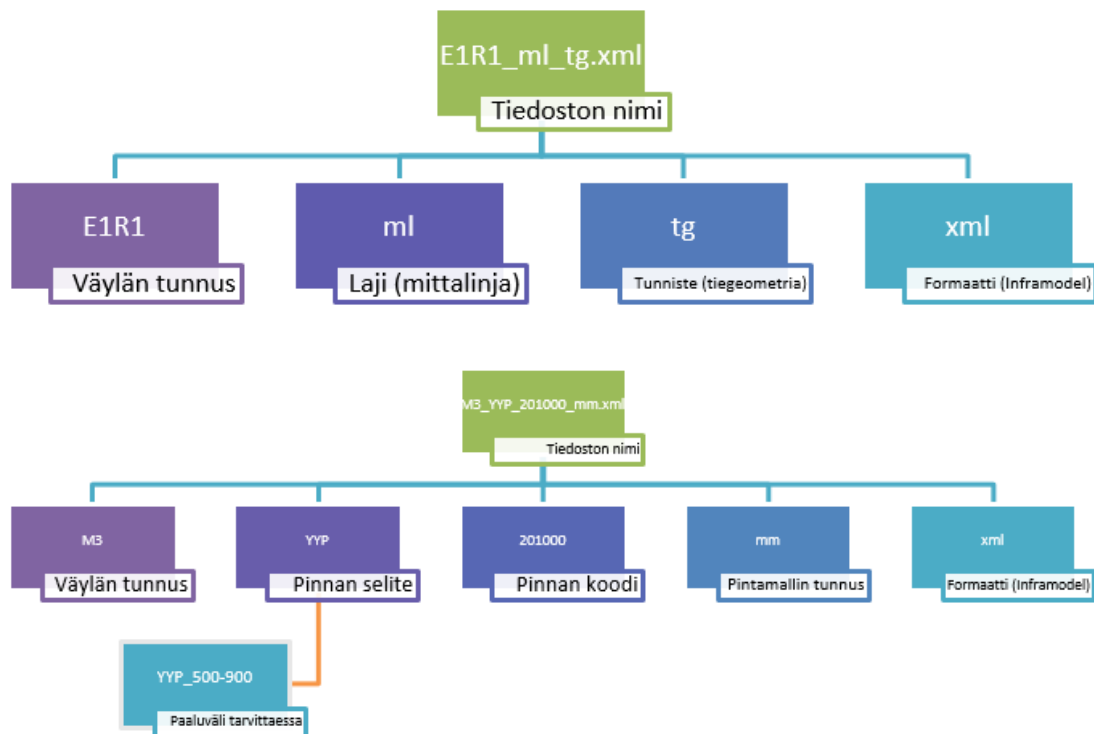
Aineistoluettelo sisältää linkitykset kansiorakenteeseen ja se toimii aineiston sisällysluettelona. Aineistoselostuksesta selviää kuinka löytää tietoa. Aineistoluettelossa tulee olla kansionumero, kansion nimi/aineisto, kansion sisältö, tiedoston nimi ja kansion linkitys, kuten kuvassa 1 (Partiainen & Suntio 2017, 21).



Kansio nro	Kansio / aineisto	Tiedoston nimi	Kansio
02	Geometriat		
02A	Mittalinjat		Mittalinjat
02B	Maaliviivat		Maaliviivat
02C	Reunatuet		Reunatuet
02D	Kaidelinjat		Kaidelinjat
03A	Toteumamalli / Väylärakenteet		
1434	Avo-ojat ja uomat		1434 Avo-ojat ja uomat
1620	Maakaivannot		1620 Maakaivannot
1700	Kallioleikkaukset		1700 Kallioleikkaukset
1811	Penkereet		1811 Penkereet
1832	Kaivantojen täytöt		1832 Kaivantojen täytöt
1836	Massanvaihtojen täytöt		1836 Massanvaihtojen täytöt
2010	Ylin yhdistelmäpinta		2010 Ylin yhdistelmäpinta
2012	Alin yhdistelmäpinta		2012 Alin yhdistelmäpinta
2110	Suodatin (suodatinkerrokset/-kankaat)		2110 Suodatin
2121	Jakava kerros		2121 Jakava
2131	Kantava (sitomaton)		2131 Kantava
2141	Asfalttipäällysteet		2141 Asfalttipäällysteet
2143	Betoniset pintarakenteet		2143 Betoniset pintarakenteet
2144	Luonnonkiviset pintarakenteet		2144 Luonnonkiviset pintarakenteet
2145	Sitomattomat pintarakenteet		2145 Sitomattomat pintarakenteet
2151	Siirtymäkiilat		2151 Siirtymäkiilat
2320	Nurmikko ja niittyverhoukset		2320 Nurmikko ja niittyverhoukset
2330	Istutukset		2330 Istutukset
03B	Toteumamalli / Järjestelmät		
1431	Salaajat		1431 Salaajat
1434	Rummut		1434 Rummut
3120	Hulevesiviemärit		3120 Hulevesiviemärit
3125	Hulevesipumppaamo		3125 Hulevesipumppaamo
3130	Vesijohdot		3130 Vesijohdot
3210	Kaiteet		3210 Kaiteet
3220	Aidat		3220 Aidat
3261	Liikenne- ja opastusmerkit		3260 Liikenne- ja opastusmerkit
3310	Kaapelit ja johdot		3310 Kaapelit ja johdot
3320	Suojarakenteet		3320 Suojarakenteet
3360	Valaistus		3360 Valaistus
3400	Kaukolämpö		3400 Kaukolämpö

KUVA 1. aineistoluetteloesimerkki (Partiainen & Suntio 2017, 21)

YIV:ssa on myös aineistojen nimeämiseen kuvion 3 mukaiset ohjeet. Kun YIV-ohjeiden mukaan nimetään ja jäsennetään aineistot, ovat ne selkeät ja erotettavissa toisistaan. Näin ollen tiedostot pysyvät paremmassa tallessa, mutta myös löytyvät helpommin.



KUVIO 3. Esimerkki aineistojen nimeämisestä ja esitystavasta tiedonhallintasuunnitelmassa ja aineistoeselostuksessa (YIV lausuntoversio 11/2018, 114).

## 2 DIGITAALISEN LUOVUTUSAINEISTON MUODOSTUMINEN HANKE- VAIHEITTAIN

### 2.1 Olennaiset hankevaiheet

Tilajalle luovutettavaa aineistoa kertyy koko projektin ajalta jatkuvasti. Kuviossa 4 on esitettyinä hankevaiheet, joista luovutettava aineisto muodostuu. Vaiheet eivät kuitenkaan ole mitenkään vakioita tai tiettyyn aikaan toteutettavia, vaan ovat urakkamuodosta ja hankkeesta riippuvaisia. Esimerkiksi hallinnollisia dokumentteja luovutetaan niin hankkeen alku- ja loppuvaiheissa, kuin toteutusvaiheessakin.



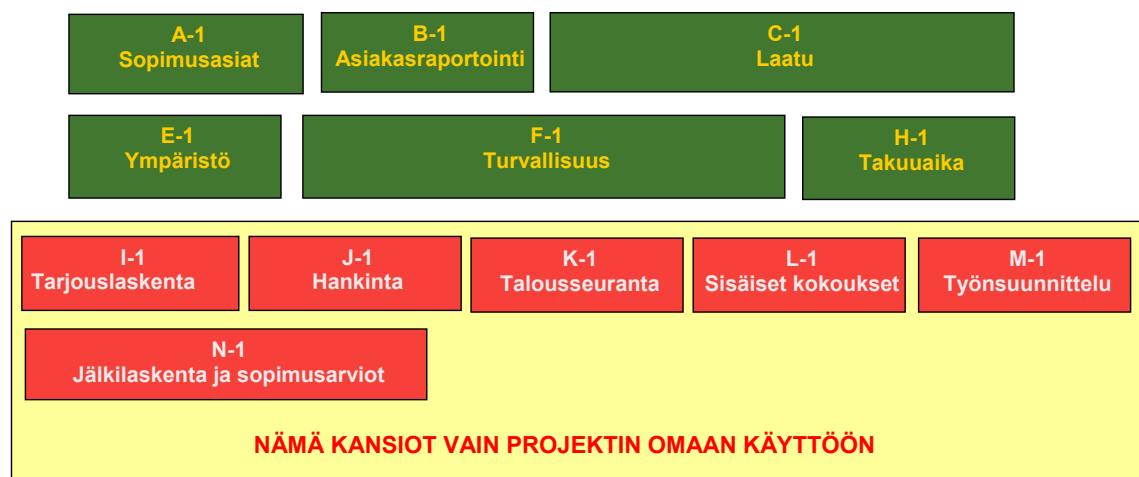
KUVIO 4. Pääurakoitsijan osalta luovutusaineiston muodostuminen hankevaiheittain.

Luovutuksia saatetaan tehdä osissa ja/tai rakenneosittain varsinkin isommilla projekteilla, näitä kutsutaan väli- ja osaluovutuksiksi. Rakentamisvaihetta ennen ja urakan luovutuksen jälkeen myös tilaaja ja muut osapuolet kerryttävät tietoa kunnossapitoajalta samaiseen aineistopakettiin, esimerkiksi tilaajan omaan tietopankkiin tai järjestelmään, johon projektilta saadut tarpeelliset tiedot on siirretty.

## 2.2 Valmistelu-/hallinnollinen vaihe

Perinteinen tarjoustoiminta ja sopimuksen solmiminen alkaa yksinkertaisuudessaan tarjouspyynnön vastaanottamisesta sekä käsittelystä, jonka jälkeen suunnitellaan ja toteutetaan tarjouslaskenta, tarjotaan urakkaa ja jos tullaan tilaajan valituksi, solmitaan sopimus.

Edellä mainituista asioista koostuu paljon urakoitsijan sisäistä aineistoa, kuten esimerkiksi tarjouslaskentadokumentit, joita ei luovuteta tilaajalle. Luovutusaineistoissa on eroja, riippuen urakkamuodosta. ST (suunnittele ja toteuta) -hankkeessa urakoitsija tuottaa jo valmisteluvaiheessa jonkin verran suunnitelmia ja lain edellyttämiä dokumentteja, kuten esimerkiksi yleissuunnitelma ja ympäristölupa, kun taas KU (kokonaisurakka) -hankkeessa suurin osa näistä dokumenteista on tilaajan vastuulla ja urakoitsija toimittaa vain muutamia dokumentteja, kuten esimerkiksi turvallisuussuunnitelman, toimintasuunnitelman ja urakkasopimuksen sisältäen sopimuskatselmuksen sekä tarjouksen. Kuisma (2018) esittää kuviossa 5 projektin sisältämät kansiot, mukaan lukien projektin sisäiset, ulkopuolisilta piilotetut kansiot.



KUVIO 5. Projektin toiminta- ja laatukansiot (Kuisma 2018).

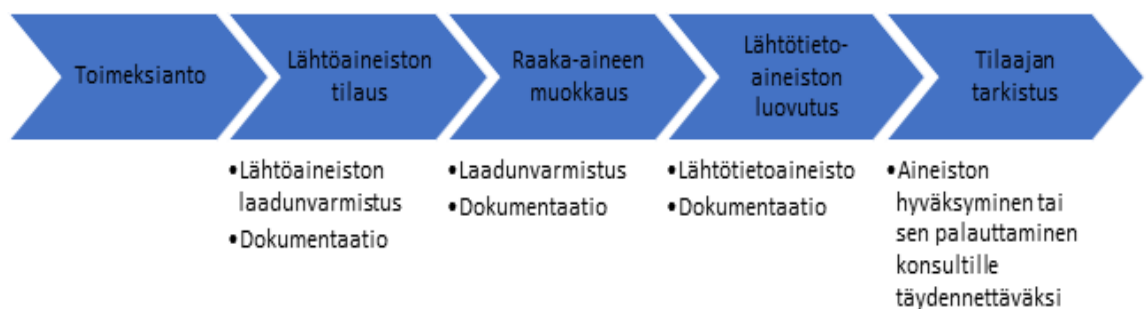
### 2.3 Eri urakkamuotojen edut ja haitat tiedonhallinnassa

- Kokonaisurakka (= KU)
  - Tilaajan vastuulla on selvittää tarpeet ja välittää tietoa sekä suunnittelijalle että urakoitsijalle (Partanen 2016, 26).
  - Rakentajalla ei ole välttämättä selkeää kuvaa suunnitteluprosessista, suunnittelijalla taas ei ole välttämättä käsitystä urakoitsijan tekemisistä ja siitä, minkälaista tietoa tämä tarvitsee (Partanen 2016, 26).
  - Jos tilaaja on aktiivinen, pätevä sekä vaativa ja tietää tarpeensa, kokonaisurakka voi olla paras vaihtoehto varsinkin pienissä ja keskikokoisissa projekteissa.
  - Tilaajan kehitysinnokkuudesta ja innovatiivisesta toiminnasta riippuen voi kokonaisurakkamuodosta saada eniten irti kehitysmuodossa (kKU).
  
- Suunnittele ja toteuta urakkamuoto (= ST, SR ja KVR)
  - Pääurakoitsijalle kuuluu suunnittelu, jolloin tiedonhallinta on helpompaa projektilla luovutukseen asti.
  - Tilaajan tarpeet ja vaatimukset tulisi olla tietosisällön suhteen päätoteuttajalla tiedossa. Aina näin ei kuitenkaan ole, esim. jos tilaaja on epäpätevä.
  - STk -urakkamuoto tuo mukaan suunnittelun ja toteutuksen lisäksi kehityksen. Tämä mahdollistaa aineistosisällön ja luovutusmenettelyn kehityksen.
  
- Allianssi (= yhteistoimintaurakkamuoto)
  - Hankkeen eri osapuolien tietotaidon hyödyntäminen on mahdollista ja huomattavasti helpompaa (Partanen 2016, 26).
  - Allianssin hyötyinä myös jatkuva hankkeen vuorovaikutteisuus ja kehitys (Partanen 2016, 26).
  - Tiedonhallinnassa yhteensovittaminen saattaa tuottaa ongelmia, kun on monta tekijää. Näin ei kuitenkaan missään nimessä pitäisi olla.
  - Tiedonhallinta ja organisointi on oltava tarkkaa ja jatkuvaa työtä.
    - Tehtävät ja alueet täytyy rajata ja sopia selkeästi.

## 2.4 Suunnitteluvaihe

### 2.4.1 Lähtötietoaineisto

Lähtötietoaineisto muodostuu erilaisista lähtöaineistoista, jotka jaotellaan raaka-aineeksi ja lähtötiedoksi. Lähtötieto on raaka-aine, jota on muokattu ja jalostettu. Raaka-aine taas on täysin muokkaamaton. Lähtötietoaineiston muodostuminen hankkeelle esitetty kuviossa 6 (YIV 2018, 39). Lähtötietoaineisto tulisi koota mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ennen suunnitteluprosessin alkua, jotta suunnittelijalla olisi mahdollisimman kattavat lähtöaineistot suunnittelua varten saatavilla. (YIV lausuntoversio 11/2018, 33.)



KUVIO 6. Lähtötietoaineiston muodostusprosessi (YIV lausuntoversio 11/2018, 39).

Lähtötietoaineiston koonnin jälkeen aineisto seuraa hankkeen koko elinkaaren läpi päivittyen kussakin suunnitteluvaiheessa uusilla lähtötiedoilla, kuten esimerkiksi hankkeen aikana laadituilla pohjatutkimuksilla tai tarkemmilla maastomittauksilla. Päivittyvän lähtötietoaineiston osuutta havainnollistetaan kuviossa 7. (YIV lausuntoversio 11/2018, 34.)



KUVIO 7. Lähtötietoaineisto osana hankkeen elinkaarta (YIV lausuntoversio 11/2018, 34).

On yleensä tilaajan projektipäällikön vastuulla hankkia lähtötiedot ja lähettää ne suunnittelijalle. Esimerkiksi konsultilta hankitut raaka-aineet, kuten maaperätutkimukset, ovat osa lähtötietoaineistoa.

Tilaaajalle luovutettava lähtötietoaineisto syntyy:

- lähtötietoaineista, joita on saatu esimerkiksi tilaajan teettämistä pohjatutkimuksista tai vaikkapa vanhoja piirustuksia arkistoista.
  - o paperiset ja muut fyysiset dokumentit ja tiedot yleensä muutetaan digitaaliseen muotoon, jotta ne pysyvät tallessa myös nykypäivän aineistoissa.
- lähtöaineistoluettelosta, johon luetteloidaan kaikki lähtötieto mitä hankkeelle on saatu tilaajalta tai muilta hankkeen osapuolilta.
- Lähtöaineistoseselostuksesta (osa tietomalliseostusta), jossa sanallisesti kuvataan lähtötietoaineiston sisältö. Lisäksi selostuksessa käydään läpi hankkeelle tehdyt inframallit, yhdistelmämallit, esittelymallit ja kaikki muu mallipohjainen aineisto.
  - o taitorakenteista tehdään omat tietomalliseselostukset

”Lähtötietoaineistosta luovutetaan tilaajalle raaka-aine- ja lähtötieto-kansiot sekä laaditut dokumentit, lähtöaineistoluettelo ja -selostus.” (YIV lausuntoversio 11/2018, 56). Näiden lisäksi mallipohjaiselle aineistolle sekä taitorakenteiden ifc-malleille tehdään laadunvarmistus, joka kirjataan laadunvarmistusluetteloon (Planting 2019).

#### 2.4.2 Suunnitelma-aineisto

Mallipohjaisen suunnittelun vaiheita on monia, joista muodostuu aineistoa, kuten:

1. (lähtötietoaineisto/-malli)
2. esisuunnitelma- ja tarveselvitys
3. hanke- ja yleisselvitys
4. tie-, katu-, puisto- ja ratasuunnitelma
5. rakennussuunnitelma
6. rakentaminen ja toteutusmallit
7. ylläpito ja käytönaikainen hyödyntäminen

Nämä sisältävät paljon erilaisia dokumentteja, kuten erilaisia malleja (mm. esittelymallit ja toteutusmallit), tiedostoja, lähtötietoja, vaikutusten mallinnuksia, riskien analysointia. Suunnitelma-aineisto tarkastetaan ja varmistetaan laadullisesti eli luovutetaan itselle ja tehdään tarvittavat dokumentit. Sen jälkeen esitarkastukseen ja viimeisenä tilaajalle. Tilaaajalle luovutettavien aineistojen, dokumentaation ja mallien vähimmäisvaatimus on esi-

tetty liitteessä 2. Muu luovutettavan suunnitelmamallin osa, jota ei vähimmäisvaatimuksista ilmene, esitetään käyttötarkoitukseen soveltuvassa, yleisesti käytössä olevassa (avoimessa) tiedonsiirtoformaattissa kuten: Inframodel, IFC, DWG, DXF, Geonic (.gt). (YIV lausuntoversio 11/2018, 93.)

## 2.5 Rakentamis-/toteutusvaihe

Luovutettavat aineistot toteutusvaiheessa:

- laatu- (valokuvat, kokeet, näytteet ja testit)
- tarke- ja
- toteuma-aineistoa rakennetuista kohteista.

Edellä mainitut aineistot luovat työmaainsinöörit, mittauspäällikkö ja mittaustyöryhmä mittausaineistoista, jonka mittamies, koneenkuljettaja ja työmaainsinööri ovat tuottaneet.

Raportoitavaa dokumentaatiota on myös muutakin kuin teknistä, kuten:

- aloituskokous
- työmaakokoukset ja yhteensovituspalaverit
- itselle luovutus
- käyttöönottotarkastus ja –kokous (ylläpitopalaveri)
- viikkopalaverit
- sulkupalaverit
- katselmukset ja kaikki muut tilaajan ja urakoitsijan välillä sovitut asiat.

Työmaalta luovutettavia dokumentteja mittausten ja kokeiden lisäksi ovat:

- turvallisuussuunnitelmat
- yhteystiedot (kaikki projektin osapuolet)
- aliurakoitsijaluettelo / tilaajavastuudokumentit
- kulkulupaluettelo / henkilötietoluettelo työntekijöistä pätevyyksineen
- MVR-mittaukset
- ilmoitukset ja turvallisuuspoikkeamat
- aluesuunnitelmat / työmaa-alueen käytön suunnitelma
- liikennejärjestelyt
- työkoneiden vastaanottotarkastukset ja muut käyttöönottotarkastukset
- perehdytykset

Edellä mainitut työmaalta luovutettavat dokumentit ovat työmaainsinöörien ja mestareiden päivittäisiä tehtäviä. Tarkoituksena on tuottaa kyseisiä aineistoja sitä mukaa, kun työmaalla edetään ja osat valmistuvat, eikä vasta juuri ennen luovutusta, jolloin aineistojen luotettavuuskin heikkenee. Toteutusvaiheessa ilmenee usein muutoksia suunnitelmiin, jolloin niitä päivitetään ja päivitettyt versiot ovat tällöin luovutettavia dokumentteja. Suunnitelmia päivittäessä tulee olla tarkka, sillä päivityksen yhteydessä tulee helposti sekaannuksia ja virheitä, esimerkiksi jos vanha suunnitelma jää poistamatta ja uuden, päivitetyn suunnitelman käyttöönotto ei toteudu itse rakennuskohteen rakentajalla asti.

### **2.5.1 Mittaustyöt ja työkoneautomaatio**

Toteutusvaiheessa tärkeimmässä osassa ovat tekniset dokumentit ja mallit sekä mittaukset ja laadulliset kokeet. Näitä tuotetaan jatkuvasti työmaan edetessä rakentamisen laadun todentamiseksi. Mittausten laatu todennetaan laadunvarmistusmittauksin, eli tarkepisteiden ja toteumapisteiden avulla. Mitattuja pisteitä vertaillaan suunnitelmiin, joista voidaan todeta, onko rakennettu kohde suunnitelman mukaisesti vaaditussa toleranssissa.

Mallipohjaisessa tuotannossa mittauspäällikkö vastaa projektin mittauskokonaisuudesta, sisältäen kaikkien edellä mainittujen lisäksi työkoneautomaation perustamisen sekä sen tukiasemat ja koordinaattijärjestelmät. Mittauspäällikkö selvittää mittauksiin perustuvien lähtötietojen oikeellisuuden, tekee mallipohjaisen tuotannon mittausuunnitelma-asiakirjan, vastaa laadunvarmistuksesta mittausten osalta sekä suunnitelmien ajantasaisuudesta ja oikeellisuudesta. Mittauspäällikkö vastaa myös määrälaskennan perustaselvityksestä, eli mitä lasketaan ja mitkä ovat maksuperusteet. (Maijala 2018)

Mittamies ja/tai työmaainsinööri mittaa tarkemittaukset, editoi mittapisteistä sovitun mukaiset mallit ja lähettää ne mittauspäällikölle, joka tekee laadunvarmistuksen ja luovuttaa tiedon tilaajalle. Toteumamittaukset hoitaa maansiirtourakoitsija, kaivinkoneen tai jonkin muun työkoneen kuljettaja. Muita mittauksia tai tarkkeita voidaan ohessa suorittaa työnjohdon toimesta. Erikoismittaukset, kuten miehittämättömällä lennokilla ja/tai laserkeilalla tehtävät mittaukset hoitavat niihin pätevästi henkilö, yleensä konsultti. Laserkeilasta kirjoitetaan ulos laserkeilausaineisto pistepilvimuodossa, jossa jokaisella pisteellä on XYZ-koordinaatit. Pistepilviaineistosta tuotetaan yleensä lähtöaineistomalleja tai vastaavasti siitä voidaan tehdä laadunvarmistusta varten malli.



Mittaustöiden apuna mittauspäällikön työryhmässä voi olla henkilö, joka vastaanottaa tarkemittaustietoja mittamieheltä ja tekee tarvittavat korjaukset tarkemittausaineistoon siten, että aineiston mitattavien kohteiden lajikoodaukset vastaavat tilaajan kartoitusmittausohjeita, jonka jälkeen hän luovuttaa mittaustiedot tilaajalle. Samalla tässä prosessissa tapahtuu laadunvarmistusta, tiedonvälitystä, tiedonsiirtoa, formaattimuunnoksia ja arkistointia. Destialla tämä henkilö on usein automaatio-operaattori. Päätehtävänä automaatio-operaattorilla on kuitenkin koneohjausjärjestelmien ja koneiden kalibrointi, toteutusmallien tuottaminen suunnitelma-aineistojen pohjalta, vieminen koneohjausjärjestelmiin ja kyseisten järjestelmien kunnossapitäminen (Virtanen 2018).

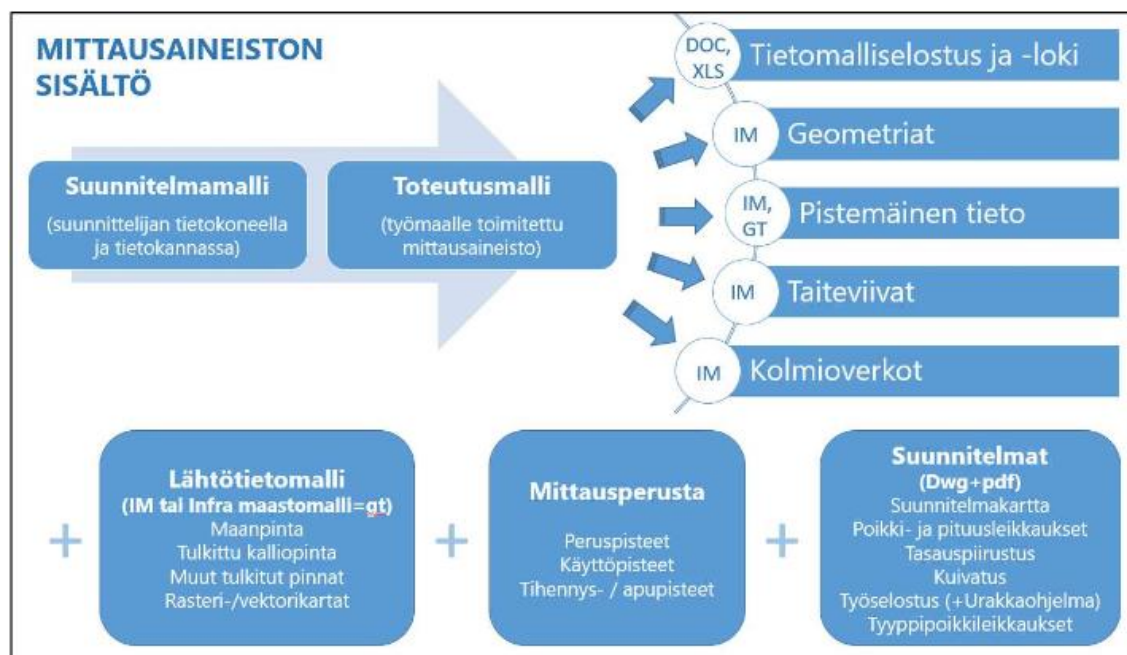
Mittausdataa ja dokumentaatiota syntyy monelta saralta ja eri toimihenkilöiltä. Jotta pystytään hallinnoimaan kaikkea mittaustietoja ja luovutettavaa aineistoa, yleensä tiedot projektipankkiin lataa vain luovutuksesta vastaava yksi henkilö tai ryhmä.

Koneohjausjärjestelmän avulla saadaan rakennettua hyvin tarkasti suunnitelmamallien mukaisesti, jolloin rakentamisen laatu ja tuottavuus kasvavat. Tämän lisäksi koneelta saadaan kirjoitettua ulos kuljettajan tuottamaa toteumatietoa, jota voidaan vertailla toteutusaineistoon ja luovutettaessa tilaajalle todentaa rakentamisen laatu. Myös työnaikainen seuranta on koneohjauksen hyviä ominaisuuksia.

Väyläprojekteissa luovutettavaa tietosisältöä ovat esimerkiksi:

- mitatut toteumatiedot rakenneosittain
  - o työkoneiden toteumamittaukset
  - o manuaaliset tarkemittaukset
- maarakenteiden toteumamallit
  - o toteutusmallit väylittäin ja rakenneosittain maarakenteista
- varusteet ja laitteet
  - o piste- ja viivamallit esim. valaisinpylväistä ja rummuista, melukaiteista ja liikennemerkeistä
- valmiin rakenteen mallit
  - o dronekuvaus/-mittaus tai laserkeilaus
- seurattavat rakenteet
  - o esim. siltojen ja meluvallien painumaseurannat ajoneuvolaserkeilauksella. (Jaakkola 2018.)

Kuusela (2017, 42) on kuvannut tietomallipohjaisen väylähankkeen sisältämän mittausaineiston lyhyesti ja selkeästi kuviossa 8.



KUVIO 8. Tietomallipohjaisen väylähankkeen mittausaineiston sisältö (Kuusela 2017, 42).

### 2.5.2 Laatukokeet ja laadunvarmistus

Laatudokumentaatiota on mittauksen lisäksi esimerkiksi valokuvat, materiaalitodistukset, levykuormituskokeet, maaperätutkimukset, kiviainestutkimukset, sähkömittaukset sekä tekniikan rakenneosien kokeet, kuten paineviemärien ja pumppaamoiden koeponnistukset tai teräsbetonirakenteista tehtävät puristuslujuuskokeet. Laatukokeet hoitaa yleensä hankkeen ulkopuolinen henkilö, joka toimii tilaajan edustajana tai on jopa puolueeton, yleensä konsultti, riippuen hankkeesta ja hankemuodosta.

Toteuma- ja tarkemittaukset tarkastetaan, verrataan suunnitelmiin ja täydennetään työn aikana koodauksen, eli metatietojen ja ominaisuustietojen sekä litteroiden osalta ennen tallentamista luovutusaineistoksi (Jaakkola 2018). Rakentamisen aikaisista laadunvarmistusmittauksista tehdään yleensä PDF vertailukuvia (Maijala 2018). Mahdollisesti tulevaisuudessa tämän kaltainen vertailu automatisoituu. Nyt jo voidaan tehdä toteutusmalliin sekä toteuma- ja tarkemittauksiin perustuvia mallipohjaisia toleranssivertailuja,

mutta se on vielä jopa työläämpää, kuin PDF kuvista vertailu (Kivimäki 2018). Hyväksyntää, vertailua ja todentamista varten on hankkeella eri osapuolia, joille ns. perinteinen menetelmä on helpompi ja nopeampi vielä toistaiseksi.

Kantavuusmittauksista, esimerkiksi levykuormituskokeista tuotetaan sijaintikartta, jossa on piste, jolla on yksilöity ja uniikki numero, joka vastaa toimitettua kantavuusraporttia. Kantavuusraportti toimitetaan yleensä PDF-dokumenttina. (Maijala 2018).

Tilaaajan teettämät pistokoemittaukset ja tarkastukset tulee sisällyttää kyseisen rakennusosan hakemistoon. Näitä tarkastuksia käsitellään kuten tarkemittauksia, mutta ne tulee erottaa omalle tunnukselleen erotettuina rakennusosan urakoitsijan laadunvarmistukseen toteutetuista tarkemittauksista. (YIV lausuntoversio 11/2018, 121.)

### **2.5.3 Poikkeamaraportointi ja muutokset suunnitelmiin**

Laatumittauksien tuloksien vertailu suunnitelmiin tehdään mahdollisimman nopeasti. Käytännössä mittaaja suorittaa jo maastossa vertailua suunnitelmiin ja raportoi suoraan työnjohdolle.

Mikäli rakennettu kohde ei pysy toleransseissa, on siinä poikkeama, joka pitää raportoida välittömästi. Mittaustiimi tekee tarvittavat kartat ja kirjalliset raportit tarvittavine liitteineen mahdollisista poikkeamista. Poikkeama käydään yhdessä läpi tilaaajan kanssa, jonka jälkeen laatu-poikkeamasta tehdään korjaussuunnitelma ja se korjataan. Vaihtoehtoisesti todetaan poikkeaman tapahtuneen, mutta se ei vaikuta lopputuotteen laatuun, joten poikkeama jää lopputuotteeseen sellaisenaan. (Maijala 2018.)

Jos toteutuksen laadunvarmistusmittaukset ovat rakentamisen toleransseissa, niin sanottua toteumamallia ei tuoteta, vaan luovutusvaiheessa suunniteltu rakennemalli, eli toteutusmalli on yhtä kuin toteumamalli (Maijala 2018).

”Suunnittele ja toteuta” -urakkamuodossa ja vastaavanlaisissa toteutusmuodoissa muutokset suunnitelmiin ovat arkipäivää, joten muutoksista tehdään uusi revisiokuva. Muutossuunnitelmat hyväksytetään tilaaajan kanssa yhteistyössä ja luovutusaineistoon jää viimeisin voimassa oleva suunnitelma.

## 2.6 Luovutusvaihe

Kun kyseessä on luovutettava mittausaineisto, useimmiten mittaustyöpäällikkö tai mitaustöistä vastaava henkilö tarkastaa aineiston, tekee tarvittavat muutokset ennen luovutusta ja suorittaa tiedonsiirron. Tarvittaessa pääurakoitsija tarkistaa luovutettavan aineiston ja varmistaa että kaikki luovutukseen tarvittava tieto löytyy aineistosta.

Itselleluovutus tehdään jokaisessa luovutusvaiheessa, ennen tilaajalle luovuttamista. Hankkeen erilaisia luovutusvaiheita ovat yleensä lähtötieto-, suunnitelma- ja toteuma-aineiston itselleluovutus. Itselleluovutuksen tarkoitus on, että aineiston toteuttaja tekee aineistolle viimeisen laadunvarmistuksen ja tarkastuksen ennen viimeistä luovutusta itse tilaajalle. Itselleluovutus tulee aina dokumentoida ja tämä raporttidokumentti (PDF) toimitetaan tilaajalle luovutuksen yhteydessä.

Viimeisessä luovutusvaiheessa urakkasuoritus tarkastetaan (käyttöönottotarkastus), todetaan oikein toteutuneeksi ja käydään läpi laaturaportit. Käyttöönottotarkastusten jälkeen tilaaja vastaanottaa aineiston. Usein käyttöönottotarkastuksen yhteydessä pidetään hankkeen eri osapuolien (tilaaja, urakoitsija, suunnittelija, konsultti ja dokumentointiyksikkö) kanssa käyttöönottokokous, jossa selvitetään puutteelliset asiat, käydään edellä mainitut asiat läpi ja vasta näiden jälkeen hyväksytään luovutus tai tarvittaessa suoritetaan korjaukset. Kaikki palaverit ja sopimukset tulee dokumentoida ja luovuttaa näistä kaikista pöytäkirjat ja dokumentit.

Luovutuksen jälkeen alkaa takuu-aika. Takuu-aikaan sisältyy takuuajan vakuus, takuutar- kastus ja vakuuksien palautus. Takuuajasta tehtävät toimenpiteet raportoidaan ja raportit kuuluvat luovutettaviin aineistoihin.

### **3 LUOVUTUSAINEISTO FINAVIAN PROJEKTEISSA**

#### **3.1 Yleistä**

”Hankkeen aineiston elinkaaren näkökulmasta on tunnistettavissa vaiheet, jotka ovat suunnittelu, rakentaminen, todentaminen ja ylläpito” (Viljakainen 2019).

Finavian toimintamallina on ollut vaatia luovutusaineisto vasta käyttöönottovaiheessa eli, kun koko urakan tai urakkaosan kohteet ovat mitattu ja siirtyvät ylläpitoon. Tällöin ylläpito on ollut jatkuvasti jäljessä muuttuvissa tilanteissa, eikä reaaliaikaista tilannekuvaa aineistosta ole saatavilla. Kun tietoa ei ole saatavilla tai se on epäluotettavaa, tiedon hyödyntäjän työ on tehotonta ja tiedon arvo laskee. (Viljakainen 2019.)

#### **3.2 Vaatimukset luovutusaineistolle kahdessa eri hankkeessa**

EFTP peruskorjaus hankkeen (Tampere - Pirkkalan lentoaseman lentoliikennealueen peruskorjaus 2018) digitaalisen luovutuksen menettelyä varten on urakoitsijalle esitetty vaatimuksia tarjouspyyntöasiakirjan liitteenä olevassa urakkaohjelmassa. Tämän hankkeen vaatimuksia selvitetään tarkemmin kohdissa 3.2.1 - 3.2.4. Kyseinen hanke toteutettiin kokonaisurakkamuotona.

Finavian ja Destian yhteistyössä toteutettava Asematason allianssi on osa VLK-hanketta (Helsinki - Vantaan lentoaseman vaihtoliikennekapasiteetin kehittämisprojekti). Kyseiseen allianssiurakkaan kuuluu asematason laajennus-, korjaus- ja kehitystoimenpiteet. Asemataso on yksi lentoliikennealueista, jossa lentokoneet ovat pysäköitynä ja jossa ne muun muassa lastataan sekä tankataan. Kohtien 3.2.1 - 3.2.4 lopussa on esitetty vertailuna kokonaisurakalle, kuinka Asematason allianssissa toimitaan.

Allianssissa työn luovutus ja tiedon hallinta ovat erilaisia kuin kokonaisurakkana toteutettavassa TP peruskorjaus -hankkeessa, koska allianssimallissa toimitaan yhteisvastuullisesti. Eri osapuolet muodostavat kokonaan oman organisaationsa, jota kutsutaan yleensä allianssiksi ja/tai hankenimellä.

Allianssissa suunnittelu, toteutus ja kehittäminen tehdään yhdessä eri osapuolien kanssa. Myös luovutustapa sovitaan ja toteutetaan yhdessä. Luovutus on allianssissa lähinnä itselleluovutusta. Alkuvaiheessa projektia sovitaan tarpeellinen itselleluovutuksen sisältö ja kohteet. Kuten perinteisissä urakkamuodoissa tilaaja tekee projektille vaatimukset, jotka esitetään palvelun tuottajalle. Tässä kohtaa niin sanottu Big Room työskentelytapa ja yhdessä suunnittelu auttaa huomioimaan kaikkien tarpeet, joita vasten toteutukselta tietoa luovutetaan. Allianssiprojekteissa myös kehityksen kiihdyttäminen on todennäköisempää, kuin esimerkiksi kokonaisurakamallissa, jossa kehitys on mukana. Esimerkiksi kun tunnistetaan ongelma, voidaan se ratkaista heti tekemällä tarpeelliset muutokset yhdessä sovitusti. (Salminen 2019.)

Helsinki – Vantaan lentokentän allianssilla on johtoryhmä, joka toimii hankkeen ylimpänä johtona ja tekee hallinnolliset ja koko hankkeeseen vaikuttavat päätökset. Johtoryhmän alla on allianssin projektiryhmä, joka vastaa karkeasti hankkeen teknisestä puolesta ja sen suunnittelusta sekä toteutuksesta. Projektiryhmään kuuluu suunnittelun, laadun, tekniikan, maarakennusten ja muiden osa-alueiden edustajat, kuten esimerkiksi maarakennustöiden työmaapäällikkö. (Salminen 2019.)

Projektille on nimetty työmaa-asiantuntija, joka seuraa työmaan kulkua, turvallisuustekijöitä ja rakentamisen laatua. Allianssihankintamallissa ei puhuta valvojasta. Työmaa-asiantuntija on tilaajan, eli Finavian edustaja. Työmaapäällikkö edustaa urakoitsijaa, eli tässä tapauksessa Destiaa. (Salminen 2019.)

### **3.2.1 Suunnitelmat ja niiden toimittaminen urakoitsijalle**

Kokonaisurakassa, Tampere – Pirkkalan peruskorjaushankkeessa rakennuttaja/tilaaja luovuttaa suunnitelmista yhden sarjan urakkasopimuksen liitteenä, ja kaikki asiakirjat pdf- ja dwg-tiedonsiirtoformaatteina projektipankin kautta. Urakoitsijalle luovutetaan projektipankin kautta toteumapiirustusten tekemistä varten tarvittavat sähköiset dokumentit. (Sinisaari 2018.)

Urakoitsija laatii lopulliset tarkepiirustukset. Muut urakoitsijan laadittavaksi osoitetut suunnitelmat, kuten viikkoaikataulu-, työmaa- ja työvaihekohtaiset suunnitelmat on esitettävä tilaajalle ennen ko. työvaiheen aloitusta. Tilaaja ei hyväksy muita urakoitsijan laatimia suunnitelmia. (Sinisaari 2018.)

Allianssissa suunnittelu on myös osa organisaatiota ja vuorovaikutus on jatkuvaa kaikkien osapuolien kesken. Suunnitelmia ei siis erikseen toimiteta, vaan ne toimitetaan allianssin osapuolien käyttöön, kun ne valmistuvat.

### 3.2.2 Laadunvarmistus ja toimintakokeet

EFTP:n peruskorjaushankkeessa tilaaja pidättää oikeuden tilaajan suorittamaan urakan laadunvalvontaan, kuten kantavan ja jakavan kerroksen murskeen rakeisuuksien tarkastuksiin ja rakennekerrosten kantavuuksien testaamiseen. Tämä ei kuitenkaan vähennä tai poista urakoitsijan laadunvalvontavastuuta. Rakennuttaja suorittaa laadunvalvontaa YSE 60 - 62 §:n mukaisesti. (Sinisaari 2018.)

Urakoitsija tallentaa laatudokumentaatiota projektipankkiin koko urakan ajalta, työvaiheita ennen, työvaiheiden aikana ja työvaiheiden valmistuttua. Laatudokumentaation toimitus on sidottu maksueriin. (Sinisaari 2018.)

Urakoitsija laatii tarjouspyynnön mukaisesti toimintansa ohjaamiseksi ja laadun varmistamiseksi urakkakohtaisen projektisuunnitelman sekä esittää sen tilaajan hyväksyttäväksi. Suunnitelmia on päivitettävä työmaan etenemisen mukaan. (Sinisaari 2018.)

Projektisuunnitelmassa esitetään vähintään:

- organisaatiokuvaus ja tärkeimmät henkilöroolit sekä heidän tehtävänsä.
- rakentamisen ohjauksen menettelyt
- työmaasuunnitelma vaiheittain ja väliaikaiset liikennejärjestelyt yms.
- lisä- ja muutostöiden käsittely ja kustannusraportointi
- työturvallisuuden hallintamenettelyt
- riskitarkastelu sekä riskienhallinnan menettelyt

- yrityskohtainen laadunhallinnan järjestelmä mm. tarkastusmenettelyt, ennakko- ja mallikatselmukset, dokumentointi ja sen toteutumisen seuranta yms. sekä näihin liittyvät asiakirjamallit
- urakkakohtainen laatusuunnitelma sisältäen laadunvarmistuksen
- ympäristösuunnitelma. (Sinisaari 2018.)

Mikäli laadunvarmistustoimenpiteet ovat edellytyksenä seuraavan työvaiheen aloitukselle, on tarkastuspöytäkirjat toimitettava tilaajalle hyväksyntää varten ennen kyseisen työvaiheen aloitusta. (Sinisaari 2018.)

Mittatarkkuusvaatimusten, sijaintivaatimusten ja asennustoleranssien täyttyminen osoitetaan tarkemittauksin gt-tiedonsiirtoformaattissa. Ennen kaivantojen peittämistä uudet ja aikaisemmin asennetut maanalaiset tekniikan osat kartoitetaan Finavian kartoitusohjeen mukaisesti. Kaikki mittausaineisto luovutetaan tilaajalle ko. työvaiheen valmistuttua. (Sinisaari 2018.)

Dokumentit katsotaan toimitetuksi tilaajalle, kun ne on tallennettu projektipankkiin. Urakoitsija laatii työvaihekohtaiset suunnitelmat ainakin seuraavista työvaiheista:

- ilma-alusten betonisten seisontalautojen rakentaminen (sis. muottityöt, raudoitus-työt, betonointityösuunnitelmat ja betonipinnan suojaustoimenpiteet)
- maaperäsuojauksen (bentoniittimatot) toteutus
- hulevesiviemärilinjojen ja kaivojen rakennus
- reunavalojen kaapelisuojausputkituksen, reunavaloperustusten ja -kaivojen asennus
- turva-aidan pystytys ja siirrot
- rakennekerrosten rakentaminen (mm. asematason ja rullausteiden reuna-alueiden rakentaminen)
- louhintatyöt
- kaapelisuojausputkireittien rakentaminen. (Sinisaari 2018.)

Urakoitsijan tulee valvoa laatua ja työn suorittamista oma-aloitteisesti, perustuen yleisiin sopimusehtoihin, urakka-asiakirjoihin, normeihin, määräyksiin ja alan ohjeisiin sekä suunnitelmiin ja erityisiin lupaehtoihin. Urakoitsijan on myös valvottava hankintojensa ja rakennusvaiheiden kelpollisuutta, työsuoritusta ja laatusuunnitelman mukaisuutta, jotta sopimuksen mukainen laatu kaikilta osin saavutetaan ja työsuorituksen laatu on myös



jälkikäteen todennettavissa sovittuun laadunvarmennuksen yhteydessä syntyneestä laatuaineistosta. (Sinisaari 2018.)

Työvaiheen tai -suorituksen valmistuessa urakoitsija varmistaa YSE 71 § 3 mom. mukaisesti ennen vastaanotto-/käyttöönottotarkastusta, että rakennustyö on valmis ja täyttää sopimuksen mukaiset vaatimukset. Em. varmistus osoitetaan suoritetuksi kirjallisesti dokumentein ja laadunvarmistusraportein, jotka luovutetaan tilaajalle. (Sinisaari 2018.)

Toimintakokeista urakoitsija suorittaa glykolivesien pumppaamon vaatimat toimintakokeet ennen urakan vastaanottoa. Urakoitsijan on suoritettava myös sähkö-, tele-, kuitu- ja koneteknisille järjestelmille/laitteistoille ja asennetuille kaapeleille sähköturvallisuuslain, -määräysten ja -standardien mukaiset käyttöönottotarkastukset, -testaukset ja -mittaukset, joista tulee toimittaa tarkastuspöytäkirjat tilaajan edustajalle ko. työvaiheen jälkeen. Tilaa ei vaadi urakassa tehtävistä sähköasennuksista kolmannen osapuolen tarkastusta. (Sinisaari 2018.)

Allianssissa projektiryhmään nimetty laaturpäällikkö vastaa laadullisista tekijöistä projektin itselleluovutuksessa, eli vastaa lopullisesta laadunvarmistuksesta ja rakennetun laadun hyväksymisestä yhdessä projektiryhmän osapuolien kesken. Laaturpäällikkö vastaanottaa esimerkiksi työnjohdon ja mittauspäällikön lähettämät, yhdessä tarkastetut mittausaineistot ja laatuaineistot rakennetusta kohteesta tai rakenneosasta. Vastaanottamisen jälkeen laaturpäällikkö käy projektiryhmässä aineistot läpi ja projektiryhmä hyväksyy aineistot eri osapuolien kanssa yhdessä, jos toteutus on onnistunut niin kuin on suunniteltu ja sovittu. Lopuksi laaturpäällikkö tallettaa hyväksytyt aineistot projektipankkiin. (Salminen 2019.)

### **3.2.3 Poikkeamamenettely**

Jokaisesta merkittävästä laatu-poikkeamasta urakoitsija laatii välittömästi laatu-poikkeamaraportin, jossa tulee kuvata tapahtunut laadunalaistus ja mahdollisesti jo toteutetut korjaukset tai suunnitellut korjaustoimenpiteet sekä korjaustoimenpiteiden aikataulu. Korjaustoimenpiteet ja niiden aikataulu tulee urakoitsijan etukäteen hyväksyttäväksi tilaajalla. Urakoitsijan tulee luovuttaa kaikki poikkeamaraportit tilaajan edustajalle ja tallentaa projektipankkiin viimeistään viikon kuluessa poikkeamatapahtumasta. (Sinisaari 2018.)

Mikäli tilaaja toteaa perustellusti poikkeamailmoituksen puutteelliseksi (esimerkiksi poikkeaman syytä ei ole ilmoitettu tai esitetty korjaustapa ei ole hyväksyttävä), urakoitsija on velvollinen korjaamaan poikkeamailmoituksen kahden päivän kuluessa tilaajan ilmoituksesta. (Sinisaari 2018.)

Urakoitsijan tulee edellyttää laatusuunnitelmansa poikkeamamenettelyn mukaista toimintaa kaikissa omissa sopimuksissaan (Sinisaari 2018).

Jos allianssissa ei pystytä rakentamaan suunnitelmien mukaisesti, pidetään kohteelle katselmus ja tehdään katselmusmuistio, jonka jälkeen tehdään tarvittavat uudet suunnitelmat, joiden mukaan korjataan/rakennetaan. Poikkeamamenettely on vastaava kuin perinteisessäkin menetelmässä. Työnjohto ilmoittaa välittömästi huomattuaan poikkeaman ja tekee poikkeamaraportin. Poikkeaman korjaamiseksi suunnitellaan ja sovitaan korjaustapa yhdessä. (Salminen 2019.)

### **3.2.4 Luovutus- ja vastaanottomenettely**

Urakoitsijan on tehtävä urakan tai urakkaosan itselleluovutus ja annettava siitä kirjallinen raportti tilaajalle ennen vastaanottotarkastusta (Sinisaari 2018).

Ennen kuin urakkasuoritukset voidaan hyväksytysti luovuttaa tilaajalle, järjestetään luovutettavan alueen käyttöönottotarkastus ja -kokous, jossa todetaan tarkastuslomakkeella, onko alue täysin luovutettavissa tilaajalle. Urakka voidaan hyväksytysti luovuttaa tilaajalle vasta, kun kaikki tarkastuslomakkeen kohdat on hyväksytysti saatettu valmiiksi. Luovutusprosessia noudatetaan aina, jos urakkasuorituksen osia luovutetaan tilaajalle, myös kesken urakka-ajan. (Sinisaari 2018.)

Koko urakan vastaanottotarkastus voidaan järjestää, kun kaikki urakkaan liittyvät työt ovat valmiit ja itselleluovutus on tehty. Urakoitsijan on koottava ja luovutettava vastaanottotarkastukseen mennessä laadunvarmistuksensa edellyttämät asiakirjat tilaajalle, ellei niitä ole vaadittu ja toimitettu jo tilaajalle urakkasuoritusten yhteydessä tai muuten työn

aikana. Vastaanottotarkastuksen yhteydessä pidetään taloudellinen loppuselvitys ja turvallisuuden päätöskokous. Urakoitsija pyytää vastaanottotarkastusta tilaajalta. (Sinisaari 2018.)

Kohteessa suoritetaan seuraavat erilliset urakkasuoritusten tarkastukset ennen varsinaista rakennuskohteen vastaanottotarkastusta (urakoitsija kutsuu tarkastukset koolle):

- kantavan kerroksen pinnan (asfalttipohjan) tarkastus ennen urakka-alueen luovutusta päällystysurakoitsijalle. Katselmuksessa on oltava mukana maarakennusurakoitsijan, päällystysurakoitsijan ja tilaajan edustajat, jotka yhdessä toteavat työsuorituksen hyväksytyksi. Katselmus dokumentoidaan kirjallisesti.
- Lentokoneiden betonisten seisontalautojen erillinen urakkasuorituksen tarkastus.
- Bentoniittimaton asennuksen ja salaojaputkiston tarkastus ennen salaojamatton levitystä. (Sinisaari 2018.)

Urakoitsijan on toimitettava kuhunkin työvaiheeseen liittyvä laatudokumentaatio työvaiheen päätyttyä työselostuksen mukaisesti. Esimerkiksi maaperäsuojauksen (bentoniittimaton) asennuksen jälkeen urakoitsijan on toimitettava tarkemittausaineisto, työvaihesuunnitelma ja materiaalitodistukset käytetyistä rakennusmateriaaleista sekä lopputarkastuspöytäkirja. (Sinisaari 2018.)

Urakoitsijan on laadittava urakan luovutusta varten kaikki laaturaportit työselostuksessa ja tarjouspyyntöasiakirjoissa vaaditun mukaisesti ja luovutettava ne tilaajalle niiltä osin, kun dokumentaatiota ei ole jo työn aikana toimitettu. Luovutusaineiston tulee sisältää ainakin seuraavat:

- Sähkö-, tele- ja kuitukaapelit
  - o käyttöönottotarkastuspöytäkirjat
  - o huolto- ja käyttöohjeet
  - o toteumapiirustukset
- Betonin laatutiedot
  - o ennakkokokeet
  - o puristuslujuudet
  - o resepti
  - o leviämiskokeet
- Tarkemittausaineisto (maalainen infra)
- Materiaalitodistukset

- Rakennekerrosten kantavuusmittauspöytäkirjat
- Murskeiden rakeisuuskäyrät
- Laatupoikkeamat ja niiden korjaustoimenpiteet
- Tarkastus/katselmuspöytäkirjat
- Työvaihekohtaiset työsuunnitelmat
- Suunnitelma-asiat
  - o Muutos- ja korjaussuunnitelmat
  - o Toteumapiirustukset
- Muut laatumittausraportit ja laatumittauspöytäkirjat, joita työn aikana tuotetaan. (Sinisaari 2018.)

Allianssilla ei ole varsinaisesti projektin aikaisia työmaakokouksia, vaan allianssin johdoryhmä työskentelee esimerkiksi urakkarajojen parissa ja heidän työskentelynsä vastaa perinteisen urakkamuodon työmaa-/yhteensovituskokousta. (Salminen 2019.)

Allianssissa luovutettavat katselmuspöytäkirjat ja sopimukset, jotka yhdessä tehdään, korvaavat perinteiset kokous- ja palaveripöytäkirjat sopimuksineen (Salminen 2019).

Allianssissa luovutusprosessi on itselleluovuttamista. Aineistoa ”luovutetaan” jatkuvasti ja lopullinen koko urakan luovutus on vain lyhyt yhteenveto, jossa kaikki aineisto kootaan yhteen, pidetään tarvittavat katselmukset ja todetaan luovutuksen sisältävän kaikki tiedot mitä on yhdessä sovittu luovutettavaksi. (Salminen 2019.)

Asematason allianssiin kuuluu monta urakkaosaa, joilla kullakin on tietty, suunniteltu valmistuspäivämäärä, esimerkiksi lentokonepaikkojen toiminnallinen käyttöönottopäivämäärä. Käyttöönotot ovat allianssin tapauksessa urakkaosien luovutuksia, toisin sanoen väliluovutuksia. Kun käyttöönottopäivämäärä/-vaihe tulee vastaan, kyseiseltä urakkaosalta tehdään itselleluovutus, jonka jälkeen pidetään käyttöönottokatselmus ja hyväksytään työ. (Salminen 2019.)

### 3.3 Tarpeet

Laadulliset tarpeet ovat määrävänä luovutuksessa ja niitä tilaaja ensisijaisesti vaatii laadun todentamiseksi, mutta luovutusaineistolle on kysyntää myös kunnossapidon tarpeisiin varsinkin korjaustoimenpiteessä, jossa joudutaan esimerkiksi kaivamaan kaapelisuo-  
japutki esiin. Tätä varten olisi käyttöä malleille, jotka voitaisiin siirtää työkoneen kone-  
ohjausyksikköön. Lentokentillä toinen yleinen tarve kunnossapidon aikaiseen käyttöön  
olisi päivittyvä karttapohja, jossa on tärkeimpänä XYZ-sijaintitiedolla maanalainen tek-  
niikka, kuten sähkökaapelit ja niiden suojaputket, hulevesiviemärit, vesijohdot, salaojat,  
glykolivesien keräysjärjestelmä ja suojarakenteet. Näistä olisi suuri hyöty hätätilanteissa,  
esimerkiksi lentokoneen öljyvuodon sattuessa. (Aaltonen 2019.)

Toteutusvaiheessa laadun varmistamiseksi tärkeitä tarpeita on saada ajantasainen ja digi-  
taalin tilannekuva hankkeen tilanteesta, eli mitä on jo rakennettu sekä mitattu. Tämä  
edellyttää siirtymistä tarvittavilta osin käyttöönottovaiheen luovutuksista digitaalisiin  
osaluovutuksiin sekä tiedonhallinnan prosessin selkeyttämistä ja nopeuttamista. Myös  
infrahankkeiden sopimuksiin on saatava tarkemmat velvoitteet tiedon tuottamisen vaati-  
muksille. (Viljakainen 2019.)

Kunnossapidon tulisi nähdä tilannekuva ja pystyä kohdentamaan muun muassa vikatiket-  
tejä ja huoltotöitä inframallin mukaisesti määriteltyihin kohteisiin sekä pystyä hyödyntä-  
mään dataa esimerkiksi koneohjausjärjestelmissä (Viljakainen 2019).

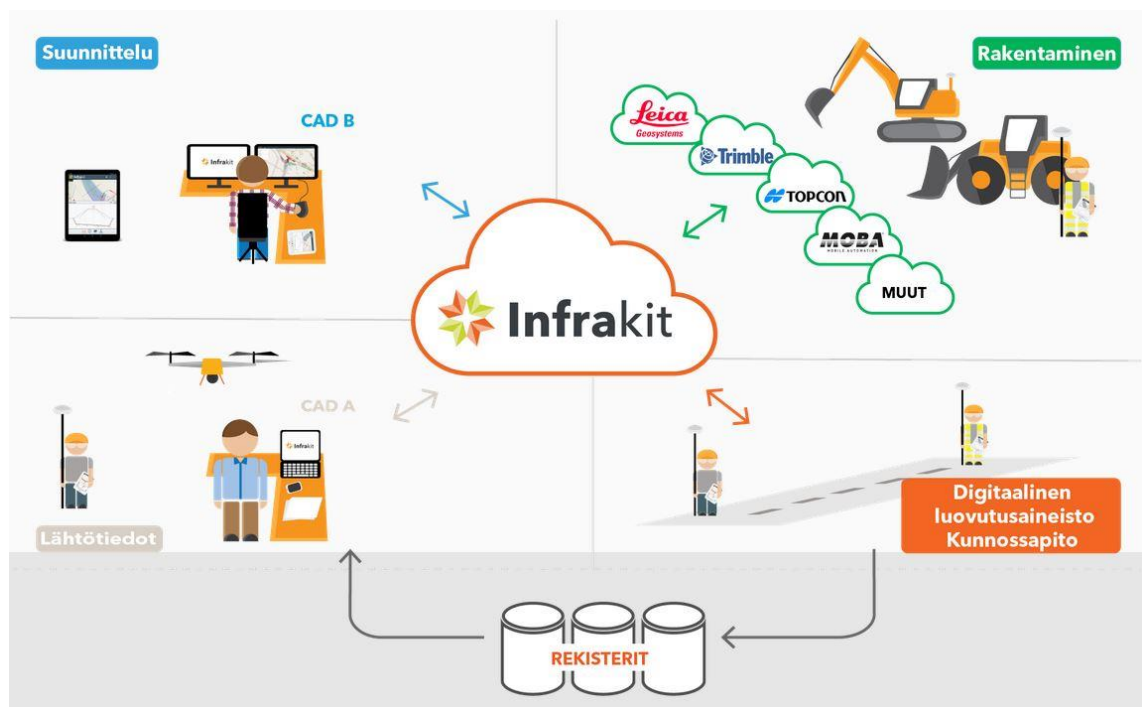
Työni on pitää lentoaseman nykyinen infra toimintakuntoisena uusien ra-  
kennustöiden keskellä ja etenkin ehkäistä kaivuuvauriot sähkö- ja telekaa-  
peleissa. Luovutettu aineisto on oltava puutteetonta, jotta tulevaisuudessa  
urakoitsijoille tuotettu lähtötieto pitää paikkansa. (Vesämäki 2018.)

Projektin jälkeistä aikaa varten tilaajan tulee saada selkeä ja harmonisoitu luovutusai-  
neisto, jotta tiedon elinkaaren hallinta onnistuu mahdollisimman helposti. Tilaajalla taas  
tulee olla selkeästi määritelty pääsijoituspaikka aineistolle ja toimiva tiedonhallinnan pro-  
sessi, jotta luovutuksesta voi täysin hyötyä. (Viljakainen 2019.)

Paikkatietopäällikkö Eeva-Maria Viljakainen näkee myös, että Finavialla on tarve tulevaisuudessa linkittää paikkatiedon avulla dokumentit kohteisiin, joihin ne perustuvat. Toteutuksen aikana tätä menetelmää on jo urakoitsijan puolesta käytetty Infrakit-pilvipalvelun avulla.

Linkittämällä esimerkiksi laatukokeita tai rakentamisen aikana tuotettuja kuvia päivittyvään karttapohjaan, saadaan hyötyä ongelmatilanteissa, jossa halutaan nopeasti selvittää rakenteen ominaisuuksia ja syitä: miksi ja mistä ongelmat ovat syntyneet. Tämän kaltaisia ongelmia voisivat olla esimerkiksi päällysteen äkillinen ja/tai vakava vaurioituminen lentoliikennealueella.

Kuvasta 2 nähdään, miten Infrakit on työmaan tiedonhallinnan pilvipalvelu, jossa kaikki tieto projektin elinkaaren aikana pystytään jakamaan reaaliaikaisesti kaikkien projektiin osallistuvien henkilöiden välillä (Infrakit 2019).



KUVA 2. Havainnollistettu Infrakit-pilvipalvelun tiedonhallinta (Infrakit 2019).

Myös sähkötoiden lainsäädäntö asettaa vaatimuksia sähköasennuksiin, ja sitä kautta sähkölaitteiden ja -järjestelmien kunnossapidolle tietynlaisia tarpeita. Kaapeleita joudutaan vieläkin tutkaamaan paljon, eikä tähän asti tuotetuista aineistoista ole juuri muuta hyötyä, kuin XY-koordinaatteina ja yleensä suurpiirteisesti eikä tarkasti. Uusimmilta rakennus-

kohteilta on olemassa myös korkeustietoja, mutta tällöinkin aineistoja joudutaan muuttamaan ja uloskirjoittamaan niin, että ne soveltuvat koneohjausjärjestelmiin. (Räisänen 2018.)

Tulevaisuudessa koneohjausjärjestelmässä tulisi olla nähtävissä suoraan luovutusaineistosta tuotetut aineistot, kuten kaikki kaapelit ja maanalainen tekniikka tietomalleina, riittävällä tarkkuudella (Räisänen 2018).

### **3.4 Toteutus ja laadunvarmistus**

Finavialla laadunvarmistusta tehdään perinteisin menetelmin. Urakoitsija vertailee toteutunutta rakennetta ja mittausaineistoa suunniteltuun ja toteaa vaaditut toleranssit täyttyneeksi ja viestii tämän tilaajalle. Jos suunnitellut toleranssit eivät toteudu, urakoitsija tekee poikkeamaraportin ja vertailudokumentit, joista poikkeama selviää. Tämän jälkeen tilaaja hylkää tai hyväksyy poikkeaman, aivan kuten osiossa 2.5.3 on esitetty.

Rakentamisen aikaisista laadunvarmistusmittauksista, kuten levykuormituskokeista, tehdään PDF vertailukuvia. PDF vertailukuvan voisi tarvittaessa sijoittaa Infrakit-pilvipalvelun kartalle, mutta VLK-hankkeella mittausdatasta tuotetaan kuvatulosteet, jotka kasaataan paperiversioina ja käydään läpi viikoittaisissa laatupalavereissa. (Maijala 2018).

Laadunvarmistus on yksi tulevan tietomanageroinnin pilotin osa, jossa paneudutaan rakennusprojekteilla tehtävien laadunvarmistustoimenpiteiden parantamiseen, tulevaisuuden laatuvertailuihin ja siihen kuinka tulevaisuudessa laatu dokumentoidaan ja luovutetaan tilaajalle. Finavian tietomanageroinnin pilottihanke alkoi helmikuun alussa 2019 ja muutamaan vuoden 2019 hankeosiin on tarkoitus tehdä pilotoinnit. Lisää ko. aiheesta kohdassa 3.6. (Viljakainen 2019.)

### **3.5 Aineiston vastaanotto, arkistointi ja käyttö tilaajalla**

Tärkeimpänä projektin tai työn luovuttamisessa on edelleen laadun ja oikeellisuuden varmistaminen ja hyväksyminen. Tilaaja varmistuu siitä, että urakoitsija on laskuttanut oikein ja urakka on onnistunut sovitusti, laadukkaasti, turvallisesti ja ajallaan.

Urakoitsija luovuttaa aineiston projektipankki Sokoprohon, josta aineisto siirretään, tallennetaan ja arkistoidaan Finavian teknisten dokumenttien hallintajärjestelmä ProjectWise-tietopankkiin. Tietopankista käytetään sekä digitaalista että dokumentaarista aineistoa toisten rakennus- ja infrahankkeiden referenssi- ja lähtötietona sekä tilannekuvan muodostamisessa. (Viljakainen 2019.)

Luovutuksen jälkeen, kun aineisto arkistoidaan, tavoitteena on jatkaa tiedon keräämistä kunnossapidon ja mahdollisten korjaushankkeiden ajalta. Tavoitteena on myös ottaa käyttöön luovutettuja tietoja myöhempien hankkeiden lähtötiedoiksi. Finavialla on dokumentointiryhmä, joka arkistoi luovutetun aineiston tietopankkiin, josta niitä voi myöhemmin tarvittaessa hakea.

Mitatut pohjakartta-aineistot muutetaan FME-ohjelmiston avulla Finavian keskitettyyn paikkatietovarastoon (PostGIS-tietokanta) ja julkaistaan rajapintojen avulla selainpohjaisille kartoille tarkasteltaviksi tai eri sovellusten hyödynnettäviksi. Aineistoista tehdään myös erilaisia teemakarttoja hyötykäyttöön. (Viljakainen 2019.)

Finavian teknisten dokumenttien arkisto on Bentleyyn ProjectWisessa, jossa on yli 200 000 dokumenttia ja tiedostoa rakennustuotannon/kiinteistöjen, infrarakentamisen, pohjakartoituksen ja ympäristöpuolen hankkeilta (Viljakainen 2019).

Tiedostoja on tämän lisäksi useissa eri järjestelmissä ja tietovarastoissa, mikä aiheuttaa tiedon siiloutumista. Osa dokumenteista saattaa sijaita vain rajatulla verkkolevyllä. Ylläpidon kannalta siilomaiset rakenteet tiedon kulussa estävät keskitetyn tiedon hallinnan. Haasteita on myös ilmennyt Sokopro-projektipankista tietoa siirrettäessä ProjectWise-pääarkistoon. (Viljakainen 2019.)

Lisäksi Finavialla on paljon vanhaa paperiarkistoa erilaisista projekteista, jotka eivät ole mitenkään keskitetysti hallussa tai digitaalisesti hyödynnettävissä. Mikäli uusi projekti tarvitsee lähtötiedoksi paperiarkistoa, se tulisi projektin toimesta muuttaa digitaaliseen muotoon, mutta näin ei ole Finavialla ainakaan tähän mennessä toimittu. (Viljakainen 2019.)



### 3.5.1 Kunnossapidon aikainen käyttö

Kunnossapitoon on tarkoitus saada tarvittavat tiedot, mallit ja kartat, joista selviää esimerkiksi kunnallistekniikan tarkka sijoittuminen XYZ-koordinaatteina. Vaurioiden selvittäminen on helpompaa, kun on historiatietoa siitä, miten rakennekerrokset on rakennettu eri aikoina. Mallipohjaista luovutusaineistoa käytetään koneohjausjärjestelmissä tarvittaessa esimerkiksi kunnossapidon aikaisiin korjaustöihin tai muihin urakoihin. Myös maastomallia voisi hyödyntää esimerkiksi nurmialueiden niittämisen määrälaskentaan ja kunnossapitourakan hinnoitteluun.

Kunnossapidon aikainen tarke- ja toteuma-aineisto luovutetaan hyvin vaihtelevilla menetelmillä, kuten sähköpostitse, suorasiirtona tai projektipankkiin lataamalla. Tietosisältökin vaihtelee, osassa on esimerkiksi uusien kohteiden lisäksi merkitty poistettavat kohteet ja toisissa ei. Kunnossapidon projektin tulisi vastata siitä, että tietojen ylläpitäjä saa aineiston, mutta usein näin ei toimita. Tämä johtuu jo alun perin heikosta vaatimusten ja ohjeistusten tasosta, joita ylläpitäjä osoittaa projektille. (Viljakainen 2019.)

”Ylläpito kyllä päivittää tiedot CAD-kuviin, kun tieto muutoksista saadaan kunnossapidon projektilta. Ylläpito, kuten myös kunnossapito, on tällä hetkellä hyvin henkilösidonnaista, jonka vuoksi kaikkiin ylläpitotehtäviin ei ole läpinäkyvää kokonaiskuva” paikatietopäällikkö E-M Viljakainen selvittää.

Järjestelmien siirtyminen esimerkiksi pilvipalveluiksi mahdollistaisivat sen, että olemassa olevien järjestelmien ominaisuudet tukisivat tiedon hallintaa paremmin myös kunnossapitovaiheessa. Verkko ja mobiilisovelluksia on jonkin verran käytössä, joilla voidaan kerätä tai raportoida tietoja suoraan kentältä ylläpitoon. (Viljakainen 2019.)

### 3.5.2 Finaviolla käytössä olevat ohjelmistot tiedonhallintaan

Ohjelmistot:

- Projektipankki Sokopro, projektiaikaisen tiedon hallintaan:
  - suunnittelu, rakentaminen, todentaminen, käyttöönotto
- Bentley ProjectWise, teknisten dokumenttien hallinta (arkisto)
- M-Files, asiakirjahallinta (mm. ympäristölausunnot)

- Microstation ja AutoCAD sekä niiden päällä toimivat liitännäissovellukset, digitaalisten aineistojen ylläpito (CAD-piirustukset)
- ArcGIS ja QGIS, paikkatietoaineistojen hallinta ja ylläpito
- Geoserver, paikkatietopalvelin (rajapinnat)
- KeyPro, operatiiviset sovellukset
  - verkosto- ja johtotietojen hallinta. (Viljakainen 2019.)

### 3.5.3 Aineiston elinkaari

Luovutettuja aineistoja käytetään ylläpidon lisäksi seuraavien projektien lähtötietoina sekä operatiivisen toiminnan tukena (Viljakainen 2019). Aineiston tiedonhallinta on siis äärimmäisen tärkeää, jotta seuraavien projektien lähtötietoina on mahdollisimman hyvin nykyhetkeä kuvaava, ajantasainen, selkeä ja päivittyvä aineistopaketti, jota on helppo käyttää.

## 3.6 Kehitystyö

Finaviolla on huomattu ongelmia tiedon hallinnassa toteutusaikana, arkistoinnin suhteen sekä kunnossapidon aikaisessa tiedonvälityksessä. Pienemmillä lentokentillä hankkeiden tiedonhallinta, tarpeet ja toimintamallit ovat erilaisia ja jopa hyvinkin toimivia, koska projekteissa on yleensä kaikki tilaajan osa-alueiden edustajat alusta loppuun mukana, johon tuen siitä, että on vähemmän työntekijöitä ja jokaisella työntekijällä on laajempi vastuu- ja työtehtäväalue. Isommilla kentillä pystytään eri tavoin analysoimaan ongelmia ja kehittämään projektitoimintaa, mutta tällöin taas tekijöitä on monta ja monenlaista, jolloin tiedon kulussa saattaa ilmetä tiedon siiloutumista.

Työn aikaista valvontaa tulisi lisätä huomattavasti ja resursoida henkilöitä vain tähän työhön. Jo tehtyjä virheitä on myöhemmissä vaiheissa huomattavasti työläämpää ja kalliimpaa korjata, joten jatkuva valvonta ja työn tuloksen hyväksyminen on tässä ehdotonta. (Vesamäki 2018.)

Jo aikaisemmin mainitun, Finavian Infra- ja talorakentamisen tietomanageroinnin pilot-tihankkeen tavoitteena on laatia ohjeistus ja toimintaperiaatteet, joilla Finavian rakennusten ja infran tietomalliomaisuus saadaan mahdollisimman laajaan hyötykäyttöön ja miten

huolehditaan tietomalliomaisuuden ajantasaisuudesta sekä käyttökunnosta tulevaisuudessa. (Viljakainen 2019.)

Lisäksi Finavian paikkatiedon hallinnan strategian mukaisesti tullaan vuonna 2019 kehittämään ja vahvistamaan seuraavia kokonaisuuksia:

- Paikkatietoaineistojen tallennus keskitettyyn tietovarastoon määriteltävän tietomallin pohjalta. (Nykyään tietovarasto sisältää koko mitatun pohjakartta-aineiston.)
- Aineistojen julkaisu rajapintaan, sovelluskäyttäjille sekä tiedon hyödyntäjille web-karttaportaaliin katseltavaksi.
- Tiedon tuottamisen prosessin tehostaminen sekä tarvittavien työvälineiden ja vastuiden määrittäminen projekteissa. (Viljakainen 2019.)

YIV:n mukaiset tiedonjäsentelyohjeet eli kansiorakenne, aineistoluettelo ja -selostus, sekä tiedon nimeämisohjeet tullaan vaatimaan lentokenttähankeissa. Kyseisen tavoitteen ponnahduslautana toimii Finavian aloittama tietomanageroinnin pilottihanke (Viljakainen 2019).

Finavia on kehittämässä myös mobiililaitteisiin soveltuvaan tietomallipohjaista vikatiketo-intijärjestelmää, jossa tiketti voidaan kohdistaa esimerkiksi kiitotien reunavaloon, maanalaiseen tekniikkaan tai rakennuksen sisätiloihin tarkasti, esimerkiksi johonkin rakennosaan, kuten putkeen (Viljakainen 2019).

ProjectWise päivitetään CONNECT EDITION -versioon keväällä 2019 (Viljakainen 2019).

Kaapelisuojujaputkiaineisto on Finavian järjestelmäkartassa, ProjectWisessä, mutta itse kaapelidata viedään KeyPron toimittamaan KeyCom -järjestelmään, joka on selainpohjainen ohjelmisto sähköverkon ylläpitoon, suunnitteluun ja tietohallintaan. Osa aineistosta viedään jo suunnitteluvaiheessa kyseiseen järjestelmään, jotta tietoliikennepuoli pääsee suunnittelemaan tulevia tietoliikenneyhteyksiä kaapelisuojujaputkistoihin. (Putkonen 2018.)

Järjestelmäkartta on Finavian dokumentointiyksikön tekemä kartta-aineisto, johon kunnallistekniikkaa päivitetään aina kun muutoksia tapahtuu. Helsinki – Vantaan lentokentältä kaikki kunnallistekniikka on eroteltu eri karttapohjille, esimerkiksi kaukolämpö, vesijohdot ja hulevesiviemärit. Pienemmillä kentillä on yksi järjestelmäkartta, jossa on kaikki maanalainen tekniikka. (Putkonen 2018.)

Kittilän ja Ivalon lentokentän korjaus-/laajennusprojekteissa asennetut kaapelit dokumentoitiin suoraan KeyCom -järjestelmään (Putkonen 2018).

### **3.7 Mallipohjaisen työmaan mittaus- ja laadunvarmistusmenetelmät**

Nykyisin suurin osa hankkeista toteutetaan ainakin osittain mallipohjaisena. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että työkoneissa käytettävät suunnittelijan tekemät suunnitelmat ovat 3D-malleja, jotka sisältävät tietoa. Toteutuksessa käytettävät malliaineistot ovat oleellinen osa hanketta.

#### **3.7.1 Mittauslaitteet**

Lentokenttähankeissa mittaustiimillä ja mittausaliurakoitsijalla on käytössä takymetri-laitteistot sekä GNSS-paikannusjärjestelmä. Takymetrillä tehdään tarkempia paikalleenmittauksia ja mitataan tarkepisteitä. GNSS-paikantimella voidaan ottaa toteumapisteitä talteen.

Takymetri on kulman- ja etäisyydenmittauskoje, jolla mitataan pysty- ja vaakakulmia sekä etäisyyksiä takymetrin sijaintipisteen ja havaintokohteen välillä (Nieminen 2011).

Tilaajan puolelta kaapelinäyttöjä tekevillä on käytössään kaapelitutkat, joilla pystytään paikantamaan kartoittamaton kaapeli.

GNSS-paikantimia käytetään esimerkiksi 3D-koneohjauksessa. Työnjohdossa on jo monella hankkeella käytössään GNSS-paikannukseen perustuva mittausauva, jonka päässä

on vastaavanlainen vastaanotin kuin koneohjausjärjestelmän vastaanotin. Lisäksi sauvassa on mukana maastotietokone, jolla voidaan tallettaa toteumapisteitä, paikantaa kohde tai oma sijainti. Kuvassa 3 esitetty nämä kaksi laitetta (Novatron 2019).



KUVA 3. Novatronin GNSS-vastaanotin ja maastotietokone (Novatron 2019).

Novatronilla on markkinoilla Xsite® PAD työkalu, joka on tietomallipohjainen työmaatabletti mittaajille ja työnjohtolle. Tabletissa on LandNovaan pohjautuva ohjelmisto, joka on vastaava kuin Novatronin Xsite® PRO 3D-koneohjausjärjestelmissä oleva ohjelmisto. (Novatron 2019.)

GNSS-mittasauvan avulla työnjohto pystyy esimerkiksi mittaamaan kaivuutöiden edessä koneen perässä toteumapisteitä ja tekemään ilman mittamiestä asioita, jotka edistävät töitä ja vähentävät koneurakoitsijan seisontaa.

Esimerkiksi putkien asennuksen jälkeen voi työnjohto käydä sauvan avulla tarkistamassa laadun ja todentaa rakennetun olevan suunnitelmien mukainen. Tällöin voidaan täyttää kaivuu ja jatkaa töitä. Tai esimerkiksi tilanne, jossa kaivinkoneen kaivaessa kanaalia tulee leikattavaa kalliota vastaan, täytyy kanaali louhia pohjan tasoon. Tällöin työnjohto voi käydä sauvan kanssa merkkäämässä porarille reikien syvyydet, jolloin louhintatyöt päästään aloittamaan heti ilman hukka-aikaa. Tämän toteuttaminen riippuu tietenkin urakkasopimuksesta ja tilaajan vaatimuksista. (Taina 2019.)

Työmaainsinöörien ja työnjohdon tulisi osallistua tulevaisuudessa enemmän laadunvarmistukseen ja mittaustoimenpiteisiin. Toteumamittauksiin käytettävä GNSS-paikannukseen perustuva mittasauva on oiva työkalu jo aikaisemmin mainituissa tilanteissa.

### 3.7.2 Koneohjaus ja toteumat

Koneohjausjärjestelmät ovat muuttaneet infrarakentamisen tuotantoa ja toteuttamista merkittävästi. 3D-koneohjaus perustuu RTK-GNSS-satelliittipaikannukseen tai takymetriseurantaan.

RTK-GNSS-satelliittipaikannukseen perustuvassa koneohjauksessa mittaustiimi perustaa tukiaseman, johon aliurakoitsijoiden koneohjausjärjestelmät ovat yhteydessä. Tukiasema perustetaan tunnetulle pisteelle, jonka avulla havaitaan tunnettujen ja satelliittien antamien koordinaattien välistä eroa (korjaussignaali). Signaalin kulkumatka pienenee ja näin pystytään minimoimaan virheet. Työkoneen toiminnallinen säde on jopa kilometrejä tukiasemalta ja korjaussignaalin avulla koneohjausjärjestelmä pääsee parhaimmillaan parin sentin toleranssiin. Työkoneet voivat koneohjauksen avulla sekä tehdä töitä mallin mukaan että tallentaa toteumapisteitä toteutuneesta rakenteesta. Näitä toteumatietoja käytetään toteumamallien luomiseen ja osana luovutusaineistoa.

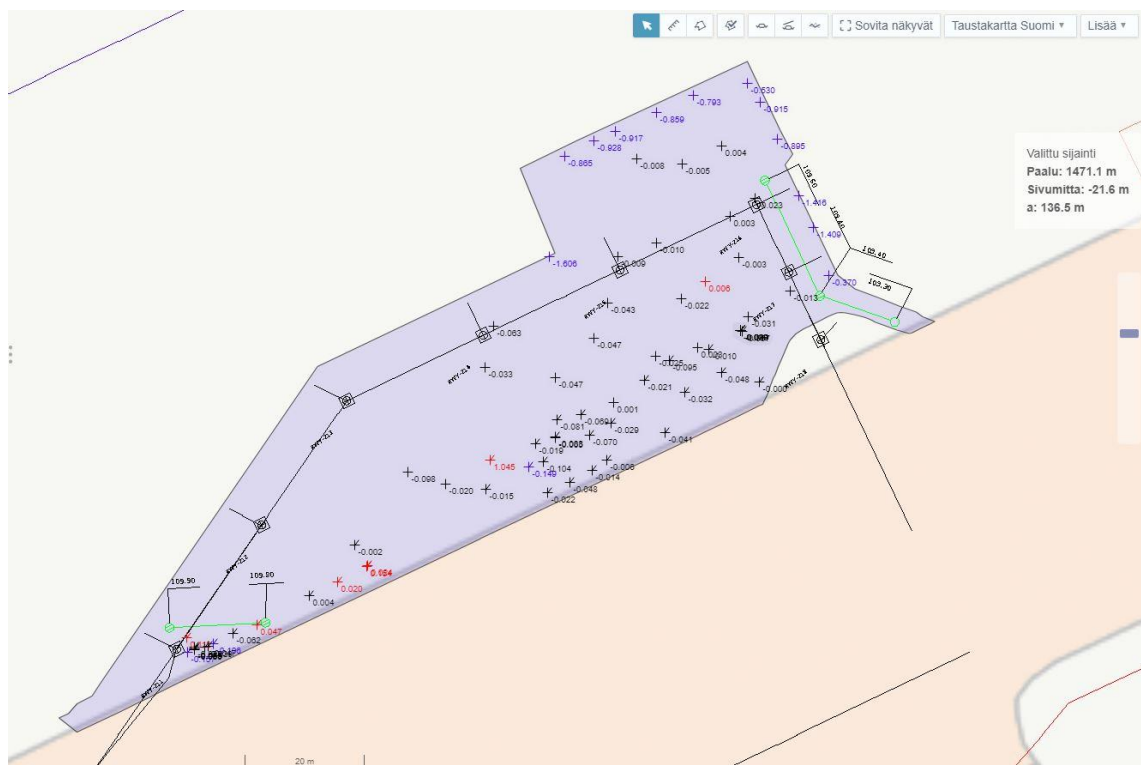
Takymetriseurantaan perustuva koneohjaus on korkeuden määrittämisessä tarkempi, ja se toteutetaan vastaavanlaisesti kuin takymetrimittaukset mittamiehen toimesta. Koneessa, eli havaintokohteessa on prismavastaanottimet, jotka ovat kalibroitu konekohtaisesti ja itse takymetri seisoo työskentelyalueella, esteettömällä näköyhteydellä koneeseen. Kyseiset takymetrit ovat kauko-ohjattavia ja automatisoituja niin, että takymetri seuraa automaattisesti prismaa. Näitä kutsutaan robottitakymetreiksi.

Molempia takymetrejä on käytössä Finavian hankkeissa aliurakoitsijoiden toimesta. Esimerkiksi tiehöylässä on robottitakymetrilaitteet ja lähes kaikissa kaivinkoneissa 3D-koneohjausjärjestelmät. Vain läjitystöitä tekevällä koneella ei ole käytössään koneohjausjärjestelmää.

Tampere – Pirkkalan lentokentällä on ollut myös urakoitsijalla testikäytössä Trimblen valssijyrän koneohjausjärjestelmä, jonka avulla pystytään tutkimaan rakenteen tiiveyttä ja lujutta sekä koneen ylityskertoja GNSS-satelliittijärjestelmän avulla. Ongelmana on tällä hetkellä avoimien formaattien puuttuminen ulos kirjoittaessa, jolloin käyttö on rajoittunutta. Jyrä tuottaa laaturaportin Exceliin ja se voidaan viedä Trimblen Businesscenter-ohjelmistoon jatkokäsittelyä varten. (Jaakkola 2018.)

Toteumapisteillä voidaan tehdä laatuvertailua suunnitelmiin ja tarvittaessa tehdä toteumamalli luovutukseen. Koneilla mitatut toteumapisteet eivät ole lähtökohtaisesti yhtä päteviä, kuin mittauskonsultin ottamat tarkemittaukset. Työn tekemisestä riippumaton mittauskonsultti toteaa rakennekerrosten yläpinnan laadun, eli hän osoittaa rakenteen suunnitelmanmukaisuuden ja mahdolliset poikkeamat. Urakoitsija ja tilaaja voivat kuitenkin erikseen sopia työvaihekohtaisessa työ- ja laatusuunnitelmassa, että esimerkiksi kaivinkoneen tai höylän koneohjauslaitteistoa voidaan käyttää tarkemittaustarkoituksessa. Näin toimiessa vaaditaan esitettäväksi koneohjauslaitteistojen tarkastustulokset mittamiehen/mittauskonsultin toimesta. Koneohjauslaitteistojen tarkkuutta seurataan työkoneiden järjestelmien viikkotarkastuksilla. (Virtanen 2018.)

Kuvassa 4 (Destia 2018) siniset pisteet ovat miinusmerkkisiä ja tällöin suunnitellun koron alapuolella toleranssi huomioituna. Punaiset pisteet taas ovat plusmerkkisiä ja ovat suunnitellun koron ylittäviä, toleranssi huomioituna. Mustat mittapisteet ovat toleranssissa.



KUVA 4. Esimerkki rakenneosan ”alinyhdistelmäpinta” toteumapisteistä EFTP-laajennushankkeelta, Infrakitistä (Destia 2018, Infrakit kuvakaappaus).

### 3.7.3 Mittaustyöt ja tarkkeet

Mittausaliurakoitsijan päätyökaluna on takymetri, jolla mittamies mittaa suunnitelmien mukaisesti tekniset osat paikalleen ja tallentaa tarkepisteet. Mittamiehen tehtävänä on myös editoida ja toimittaa mittatiedot esimerkiksi yleisessä gt-formaatissa mittauspäällikölle, joka tekee laadunvarmistusta ja luovuttaa mitattua aineistoa tilaajalle.

Finavian hankkeilla on vaadittu otettavaksi tarkkeet saumavälein putkista. Tarketiedot tekniikan osista ovat tarkkoja ja tarkepisteitä on hyvin tiuhaan. Rakennekerroksien laatuvaatimukset osoitetaan toleranssein, eli annetaan ylä- ja alaraja rakenteen korkeuspoikkeamille sekä tarpeen vaatiessa myös sijainnille (Virtanen 2018).

### 3.7.4 Laadunvarmistus

EFTP-laajennushankkeella (KU) laadunvarmistus toteutettiin osittain konsultin ja osittain pääurakoitsijan toimesta. Konsultit tekivät levykuormituskokeet ja toimittivat niistä tarvittavat tuloslomakkeet. Aliurakoitsija suoritti paineviemärin koeponnistukset ja bentoniittimattojen asennuksen laadun totesi pääurakoitsija ja tilaaja yhdessä. Muut laadunvarmistustyöt hoitivat pääurakoitsijan työnjohto, kuvaamalla ja yleisesti seuraamalla rakentamista, sekä mittaustiimi jatkuvalla mittausaineiston laadunvarmistuksella ennen luovutusta. Poikkeamaraportit tehtiin ja luovutettiin heti tilaajan kanssa sovitusti.

Infrakit pilvipalvelua työnjohto ja mittaustiimi käyttivät koneiden seurantaan, kuvien esikatseluun, sekä yleisesti paikantamiseen ja suunnitelmien esikatseluun. Infrakit pilvipalvelusta voisi olla enemmänkin hyötyä työmaan johtamisessa, mittaustöissä ja laadunvarmistuksessa. Myös teknisen luovutusaineiston sijoituspaikkana palvelu toimii hyvin, ja tulevaisuudessa se voi toimia kokonaisuudessaan projektin tietopankkina, kun tiettyjä tiedostoja ja kansioita saadaan lukittua niin, että esimerkiksi tietyt hallinnolliset kansiot eivät näy kaikille. Kansiokohtaiset käyttöoikeudet ovat julkaistu alkuvuodesta 2019.

Finavia teettää pintamallin laserkeilaamalla lentokenttäalueen ennen hanketta ja hankkeen jälkeen. Yleensä alueet on ajettu laserkeila-autolla, eli mobiilikeilausmenetelmällä. Finavia käyttää pintamallintamisessa hyödyksi myös maanmittauslaitoksen laseraineistoja.



## 4 POHDINTA

### 4.1 Tilaajan näkökulmasta

#### Palveluntuottajat kehittävät markkinoille uusia menetelmiä

Palveluntuottajat ja urakoitsijat kehittävät palveluitaan ja menetelmiään jatkuvasti. Nykyään järjestetään monelta taholta erilaisia tapahtumia, kuten messuja, joissa nykyajan ja tulevaisuuden menetelmiä tuodaan avoimesti esille. Kuitenkin suurien rakennuttajaorganisaatioiden kohdalla suuret muutokset saattavat tapahtua todella hitaasti ja tähän kohtaan tulisikin kiinnittää huomiota jatkossa ja pyrkiä kiihdyttämään kehitystä rakennuttajan tasolla. Liitteessä 3 on ajankohtaisia linkkejä liittyen luovutusaineiston kehittämiseen ja tuottamiseen.

#### Urakkamuodon valinta

VLK-hankeella käytetty allianssimalli toimii esimerkkinä tuleville hankkeille. Allianssimuoto kykenee kiihdyttämään kehitystä. Sekä tilaaja että urakoitsija saavat kyseisistä hankkeista arvokasta kokemusta ja tietoa siitä, miten toimia jatkossa erikoiskohteiden parissa. Pienemmissä lentokenttähankeissa, joissa ei ole järkevää tai edes mahdollista perustaa urakkaa allianssimuotona, on syytä harkita vakavasti kKU- tai STk-urakkamuotoja, joissa on kehitysosa mukana. Kehitysosan avulla pystytään kaikissa hankkeissa ottamaan uusimpia menetelmiä käyttöön pilotoiden ja testaten. Tämän lisäksi on mahdollista keskittyä kehittämään ongelmakohtia. Suurin osa lentokenttärakentamisen teknisistä suunnitelmista tulee Finavialta itseltään ja juuri tämän takia ST- ja STk-urakkamuotoja ei ole käytössä.

#### Erikokoisten hankkeiden haasteet

Isompien organisaatioiden ja hankkeiden haasteita ovat huono tiedonkulku ja epätäydellinen projektinjohto. Esimerkiksi suunnitteluvaiheessa kunnossapidon edustajaa ei ole kuultu tarpeeksi tai kunnossapidon tarpeiden osoittaminen on jäänyt kokonaan tai osittain pois.

Projektinjohto saattaa vaihdella radikaalisti eri projektien välillä, koska projektinjohtotavat ovat henkilökohtaisia.

Pienempien organisaatioiden ja hankkeiden ongelmia on uuden tiedon, taidon ja tuotteiden hyödyntäminen. Kehittäminen on myös näillä pienillä kentillä haastavaa taloudellisista syistä.

Pienemmällä lentokentillä perinteisissä urakkamuodoissa kuitenkin useimmiten tiedonkulku eri osapuolien välillä on autenttista ja toimivaa. Yleensä myös yhteistyö onnistuu eri toimijoiden välillä huomattavasti helpommin kuin isoissa projekteissa, joissa käytetään perinteistä toimintamallia.

### *Yleiset ohjeet ja standardit*

Infra-alan ohjeistuksien kehittäminen myös luovutusaineiston osalta on tärkeää, jotta tilaaja voi sekä suuremmissa että pienemmissäkin hankkeissa tehdä tarjouspyyntöaineiston urakkaohjelman ja -sopimusluonnoksen perustuen vankkoihin, yleisesti käytettäviin standardeihin, ohjeisiin ja vaatimuksiin niin, että niistä löytyvät vaateet koko hankkeen elinkaaren mukaisille tarpeille. Kun tehdään alalle yleisiä ohjeita, ja osittain myös vaatimuksia, on tärkeää huomata myös se, että niiden pitää olla helposti sovellettavissa hankekohteisesti, jotta vältytään virheiltä ja ylimääräisiltä töiltä vaatiessa jotain, mitä ei todellisudessa kyseisellä hankkeella tarvita.

### *Tarpeet ja vaatimukset*

Urakkamuodosta riippumatta tilaajan ja projektin johdon tulisi selvittää aina koko hankkeen tarpeet luovutukselle niin tarkkaan kuin mahdollista, jotta vältytään moninkertaisilta töiltä. Kunnossapidon yksi tunnistettava tarve on esimerkiksi pysyminen ajan tasalla kohteista, jotka muuttuvat projektin aikana. Tämä on tärkeää, koska kunnossapito joutuu toimimaan projektin aikana työmaalla tai työmaan läheisyydessä ja lisäksi vastaanottamaan kohteen käyttöönoton yhteydessä. Ratkaisuna tähän olisi reaaliaikainen rakennesaluvutus tai vastaava, riittävän tiheä tiedon välittäminen.

Vaatimusten laatimisessa tilaajan on oltava tarkkana, koska viimekädessä hankkeen toteuttaminen on täysin riippuvainen urakoitsijalle asetetuista vaatimuksista.

### Tilaaajan kehitysaskeleet ja tulevaisuuden näkymät

Finavian toiminnassa havaittiin tapoja, jotka ovat hieman vanhanaikaisia tämänpäiväiseen mallipohjaiseen tuotantoon ja niistä saataviin hyötyihin, kuten reaaliaikaisen luovutuksen hyödyt ylläpidolle. Pelkät väliluovutukset eivät riitä, vaan olisi hyvä saada osaluovutuksia ennen käyttöönottopäivää, jotta eri osapuolet pysyvät ajan tasalla projektin etenemisestä, jopa käymättä työmaalla. (Viljakainen 2019.)

Tällöin myös tilaaja tunnistaa mahdollisesti uusia tarpeita ja pystyy puuttumaan toteutuksessa tapahtuvaan luovutukseen tarvittaessa.

Finavialla on myös tiedon arkistoinnissa tunnistettavissa ongelmia. Vanhoja paperiarkistoja ei ole siirretty digitaaliseen muotoon ja niiden käyttö nykyisissä projekteissa on jäänyt vähälle. Tiedon kulku projektipankkien ja pääarkiston välillä on myös sekavaa. Pääarkistoa ei ole vielä saatu toimivaksi lentokenttien koko elinkaaren tiedonhallinnan kannalta. (Viljakainen 2019.)

Tiedonkulun prosessia tulisi kehittää niin, että se on helposti ymmärrettävä ja kaikki noudattavat sitä. Yksiselitteiset tiedon sijoituspaikat ja ohjeet tiedon säilyttämiselle ovat myös tärkeitä. (Vesämäki 2018.)

Tietomanagerointihanke tulee edistämään tiedonkulkuprosessin kehitystä. Tietomanagerointihanke aloitettiin helmikuun alussa ja maaliskuussa valittiin pilotoitavat kohteet, joita kartoitettiin yhteensä lähes sata. Tietomanageroinnin päätavoitteena on laatia ohjeistus ja toimintaperiaatteet tiedonhallintaan. (Viljakainen 2019.)

Infrakit-pilvipalvelun liittäminen rakentamisen aikaiseen laadunvarmistusmenettelyyn ja hankkeen yhteiskäyttöön, kuten projektin tietopankiksi, avaisi uudenlaisia mahdollisuuksia myös lentokenttähankkeissa.

Rakentamisen aikaisissa laadunvarmistusdokumentoinnissa voisi hyödyntää ainakin rakenneosatarkkeiden ja -toteumien suhteen infrakit-pilvipalvelua, jolla välttyttäisiin ylimääräisiltä paperitulosteilta. Infrakit-palvelussa on työkalu, jolla tilaaja voi jopa hyväksyä toteumamittaukset liveinä ja näin ollen asia olisi käsitelty. (Maijala 2018.)

”Edellä mainittu mahdollisuus on nostettu Finavian kehityspuolella esille ja se voisi huomattavasti tehostaa tiedonhallintaa ja -ylläpitoa” toteaa paikkatietopäällikkö E-M Viljakainen. Tietomanageroinnin pilotissa on tarkoitus selvittää Infrakitin toimivuus ja tulevaisuus Finavian projekteissa. ”Todennäköisesti Infrakit-pilvipalvelusta olisi hyötyä, mikäli sen tuoma lisäarvo ei ole liiaksi päällekkäin muiden ohjelmien, kuten KeyPro-palvelun kanssa” pohtii Finavian projekti-insinööri Niko Vesamäki.

Lentokentällä kunnossapidon käytössä tunnistettuja digitaalisen ja mallipohjaisen tiedon hyötyjä ovat:

- huoltotoimenpiteiden hallinta ja seuranta
- reaaliaikainen seuranta/tilannekuva
  - esimerkiksi aura-auton reitti (lennonjohdolle tieto)
  - toteumamallit ja luovutettu digitaalinen tieto rakennusprojektilta hyödyttävät esimerkiksi hätätilanteissa tai turvallisten reittien tunnistamisessa
    - voidaan luoda ajantasainen kartta, jolla näkyy todellisten tekniikkaosien ja rakenteiden sijainnit ja ominaisuustiedot
- koneohjausjärjestelmä, koneohjausmallit, tietomallit
- kunnossapitoprojektien tietojen hallinta ja luotettavien lähtötietojen saatavuus (Viljakainen 2019).

#### *Avoimet tiedonsiirtoformaattit*

Viljakainen kannattaa avointen tiedonsiirtoformaattien käyttöä, ”kunhan tietomalli on harmonisoitu ja laadunvarmistus kunnossa, sillä tämä lisää varmasti tietojen yhteiskäytöisyyttä” (Viljakainen 2019). Kaikki haastatellut Finavian edustajat ovat samaa mieltä. Nyt Finavialla on käytössä FME-ohjelmisto, jota on käytetty konvertointiin ja standardisointiin, jotta on pystytty jakamaan samaa tietoa helposti eri tarpeisiin (Viljakainen 2019).

Rajoituksia voi tulla esimerkiksi suunnitteluohjelmistojen ja suunnittelutapojen pohjautuessa tiettyihin ohjelmistoihin ja formaatteihin, mutta jos asia pystytään määrittelemään jo ennen projektin käynnistymistä, avointen formaattien ei pitäisi tuottaa ongelmia (Viljakainen 2019).

## 4.2 Urakoitsijan näkökulmasta

### Puutteelliset vaatimukset

Digitaalisen luovutusaineiston arkistointi- ja jatkokäyttövaiheesta ei ole juurikaan tietoa palveluntuottajalla, eli urakoitsijalla. Urakoitsijalle ei sinällään kuulukaan mitä luovutuksen jälkeen aineistolle tapahtuu, mutta tästä tiedosta olisi hyötyä palveluiden tuottamisessa ja kehittämisessä. Vaatimukset taas ovat hyvinkin tärkeitä ja esitettävä tarkkaan urakoitsijalle, jotta lopputuote on vaaditun ja sovitun mukainen.

Urakoitsija ei tee yhtään ylimääräistä työtä luovutusaineiston suhteen, jos sitä ei vaadita. Kehitykselle on myös tilaisuus tilaajan esittämissä vaatimuksissa.

### Epäselvät luovutusmenetelmät

Kunnossapidon aikaisen käytön tarpeet eivät ole tiedossa palvelun- ja aineistontuottajalla, eikä juurikaan kunnossapitäjällä itsellään. Jo suunnitteluvaiheessa kunnossapitäjän tarpeet ovat tärkeässä osassa, jotta osataan vaatia urakoitsijalta tärkeitä tietoja rakentamisen ajalta.

Kun ei ole kyse yhteistoimintaurakkamuodosta, tulisi urakoitsijalle olla selkeät työselostukset, ohjeet ja vaatimukset sekä sopimukset jo tarjouspyyntövaiheessa. Viimeistään ennen urakkasopimuksen solmimista epäselvät asiat tulisi esittää tilaajalle ja tilaajan vastaavasti selkeyttää ko. asiat. Kun näin toimitaan, saa tilaaja juuri sen mitä vaatii ja rakentamiskuvassa ei tule sekaannuksia, vaikka jouduttaisiin tekemään muutoksia.

### Tiedon jäsentely

Tiedon jäsentely projektin toteutusvaiheessa on hyvin tärkeää ja kannattavaa, vaikkei tilaaja sitä vaatisikaan. Tiedonhallinnan tukemiseksi on suositeltavaa jäsentää kaikki saatu ja luotu tieto niin, että urakoitsijalla on luovutusvaiheessa koko aineisto selkeästi tallessa ja valmiina luovutettavaksi. Luovutusvaiheessa ei pitäisi olla minkäänlaista epäselvyyttä luovutuksesta ja koko luovutettava aineisto tulisi olla jo rakentamisen aikana tuotettuna, eikä viime hetkellä kiireessä tuotettua.

### Tarkkeiden automaattinen vertailu suunniteltuun

Viittaus kohdasta 2.5.2 ”Toteuma- ja tarkemittaukset tarkastetaan, vertaillaan suunnitelmiin ja täydennetään työn aikana koodauksen, eli metatietojen ja ominaisuustietojen sekä litteroiden osalta ennen tallentamista luovutusaineistoksi” lisäksi kehityspäällikkö Jaakkola toteaa ”Näiden toteumamittausten lisätietojen automaattinen tuottaminen jo mittaus-ten yhteydessä olisi tärkeää.” Lisätietojen automaattisella tuottamisella tarkoitetaan esimerkiksi samalla litteralla olevien pisteiden kytkeytymistä toisiinsa viivalla niin, ettei manuaalista jälkieditointia (esimerkiksi luiskan reunaviivaa luiskan reunan tarkepisteistä) tarvitse tehdä.

Tämä automaattinen lisätietojen tuottaminen on jo käytössä ja tulevaisuudessa olisi lisäksi tarkoitus pystyä tekemään suoraan tarkepisteistä automaattista laatuvertailua niin, että toteutusmalli sisältää vertauspisteet, joihin tarkeaineistoa pystytään vertailemaan automaattisesti jokaisessa suunnassa ns. delta XYZ-mittoina. (Jaakkola 2018.)

### Avoimet tiedonsiirtoformaattit

Monella taholla pidetään tärkeinä avoimia tiedonsiirtoformaatteja sekä luovutettavan aineistosisällön ja kansiorakenteen vakioimista, standardisointia ja harmonisointia. ”Yhtenäiset tiedostoformaattit ovat koko alan etu – Yhtenäinen formaatti, mutta vapaus valita käytettävät ohjelmistot ovat tavoitteena. Tällä hetkellä ongelmat ovat nimenomaan formaateissa ja laitteistojen tukemat formaattit ovat useasti laitevalmistajakohtaisia” toteaa mittauspäällikkö Tero Maijala (2018).

Mallipohjaisissa hankkeissa avoimista tiedonsiirtoformaateista hyödytään paljon koneohjausjärjestelmiin linkittäessä. Tieto säilyy alkuperäisenä ja ehjänä ja pystytään käyttämään monessa eri laitteessa ja järjestelmässä.

### Mittasauvan käyttö työnjohdolle

GNSS-mittasauvaa käytettäessä saadaan vähennettyä ylimääräistä työtä sekä odotusajoja. Urakoitsijan tulisi käyttää sauvaa joka työmaalla ja vähintään sellaisessa, jossa on työnjohdossa mittasauvan käytön osaamista ja mittauksen osalta kiire tai tekijäresurssipula.

### 4.3 Työn vertailuna: luovutusaineiston kehitysaskleet Väylävirastolla

Monella rakennuttajalla on sama ongelma digitaalisen luovutuksen kehittämisessä ja yhtenäistämässä. Projektin luovutus riippuu hyvin pitkälti siitä, kuinka kukakin projekti-päällikkö asettaa projektin luovutukselle vaatimukset ja tarpeet. Tässä kohtaa olisi suotavaa, että yrityksellä olisi yhdenmukaiset projektinjohtotavat, kuitenkin niin, että ne ovat sovellettavissa projektin koosta ja erikoisuudesta riippuen (Savolainen 2019).

#### 4.3.1 Tierekisteri ja Velho-allianssi

Väylävirasto veloitetaan ylläpitämään tierekisteriä maanteistä, maantieasetuksen (1246/2009) edellyttämänä. Vanha tierekisteri on alan kehityksestä jäljessä. Tiedonhallinta ja -siirto järjestelmään on ollut hyvin hidasta ja matkan varrella on tehty ylimääräistä työtä, kun eri tahoilta on käyty paikan päällä mittaamassa ja selvittämässä väylän tietoja (Savolainen 2019). Nyt on käynnissä Velho-projekti, joka käynnistyi lokakuussa 2017. Velhon tiestötietojärjestelmä TieVelho tulee korvaamaan vanhan tierekisterin täysin (Savolainen 2019).

Allianssin osapuolia ovat Väylävirasto, Ramboll Finland Oy, Sitowise Oy ja Solita Oy. Velho-allianssi projekti kuuluu Väylän Digitalisaatiohankkeen kolmanteen osahankkeeseen, ”tieverkon ennakoiva kunnonhallinta ja tiestötietojen ylläpitojärjestelmän kehittäminen”.

Velho-hankkeen lähtökohtana ovat olleet kaksi pääkokonaisuutta, tiestötietojärjestelmä (nykyinen tierekisteri) ja suunnitelma- ja toteumatietovarasto. Nämä pääkokonaisuudet haluttiin yhdistää yhdeksi toteutettavaksi kokonaisuudeksi, koska niillä nähtiin paljon synergiaetuja sekä toiminnalliselta, että teknisen toteutuksen kannalta. Kokonaisuutena ne tulevat muodostamaan rungon Liikenneviraston väyläverkkojen tiedonhallinnassa. (Väylä 2019.)

Väylien elinkaaren eri vaiheet digitalisoituvat - esimerkkeinä tietomallipohjainen väyläsuunnittelu, rakentamisen koneohjaus ja toteumatietojen keräys. Samoin väyliin liittyviä kuntotietoja pystytään tuottamaan yhä monipuolisemmin ja reaaliaikaisemmin. Tiedon hyödyntämisen mahdollisuudet omaisuudenhallinnan tehostamisessa ovat merkittävät. Jotta kaikki tämä eri osa-alueilla tapahtuva kehitys saataisiin kohdentumaan aidosti omaisuudenhallintaa tukevaksi, tarvitaan kokonaisuus, joka hallitsee ja ymmärtää koko tiestötietojen elinkaaren. (Väylä 2019.)

Velho-allianssin keskeisiä tavoitteita:

- Suunnitelma- ja toteumatiedot keskitetyksi haltuun
- Tiedon sujuva kulku suunnittelusta ja rakentamisesta ylläpitoon
- Hoidon ja ylläpidon yhteydessä syntyvä tieto tehokkaasti talteen
- Uusi monipuolisempi tietosisältö
- Tukee ja hyödyntää uusia tiedontuotantomenetelmiä
- Tiedon sujuvampi hyödyntäminen elinkaaren eri vaiheissa ja päätöksentekoprosessissa
- Käyttöliittymät helppokäyttöisiksi, karttapohjaisuuden hyödyntäminen
- Tietojen analysoinnin ja visualisoinnin kehittäminen
- Laadun hallinnan kehittäminen
- Automaattiautoilun vaatiman tietosisällön kehittäminen (Kalliolaakso 2018).

ProjektiVelhon (Suunnitelma- ja toteumatietojen hallintajärjestelmä) tavoitteet:

- Kaikkien väylämuotojen projektien tiedot sekä suunnitelma- ja toteuma-aineistot yhdessä paikassa (tiedot kaikkien käytettävissä)
- Inframallien tarkastelu, hallinta ja hyödyntäminen
- Suunnitelma- ja toteumatiedot välitetään muihin tietovarastoihin/-järjestelmiin (Kalliolaakso 2018).

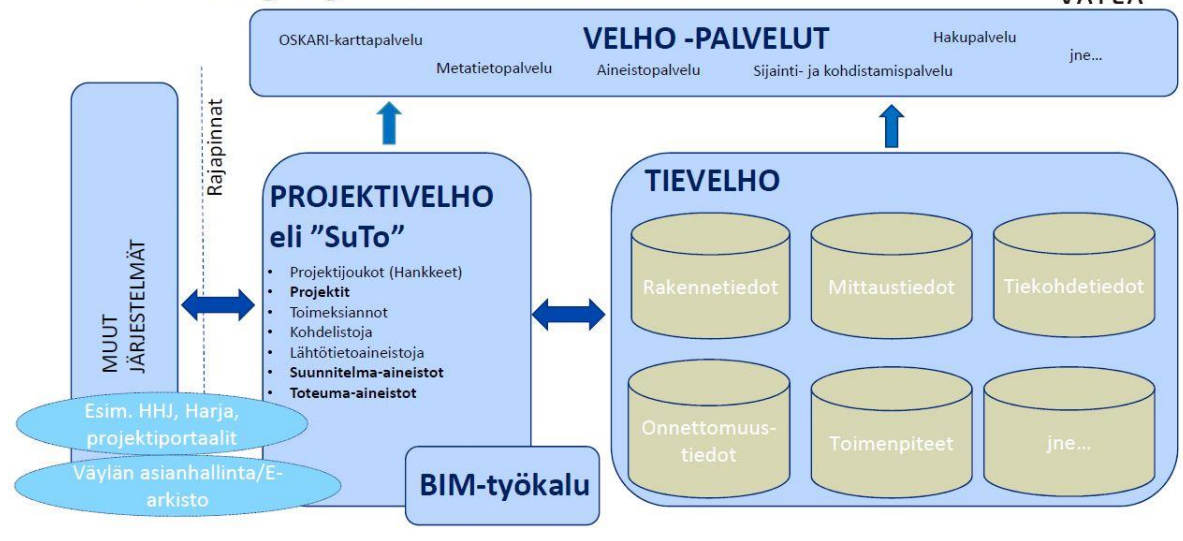
TieVelhon (Tiestötietojärjestelmä) tavoitteet:

- Sisältää useita tietovarastoja, joissa hallitaan kansallisella tasolla teihin liittyviä ominaisuustietoja
- Tarjoaa helppokäyttöisen karttapohjaisen käyttöliittymän, jossa on monipuoliset tiestötietojen ylläpito-, katselu-, haku- ja lataustoiminnallisuudet
- Tukee Väyläviraston prosesseja ja integroituu sujuvasti sen tietoja käyttäviin järjestelmiin
- Tarjoaa laadukasta ja monipuolista tietoa tiestötietoja käyttäville asiantuntijoille
- On pitkäikäinen, uudistumiskykyinen ja modulaarinen (Kalliolaakso 2018).

Velhon järjestelmäkokonaisuus on esitetty kuviossa 9 (Kalliolaakso & Aaltonen 2018).



## VELHO järjestelmäkokonaisuus



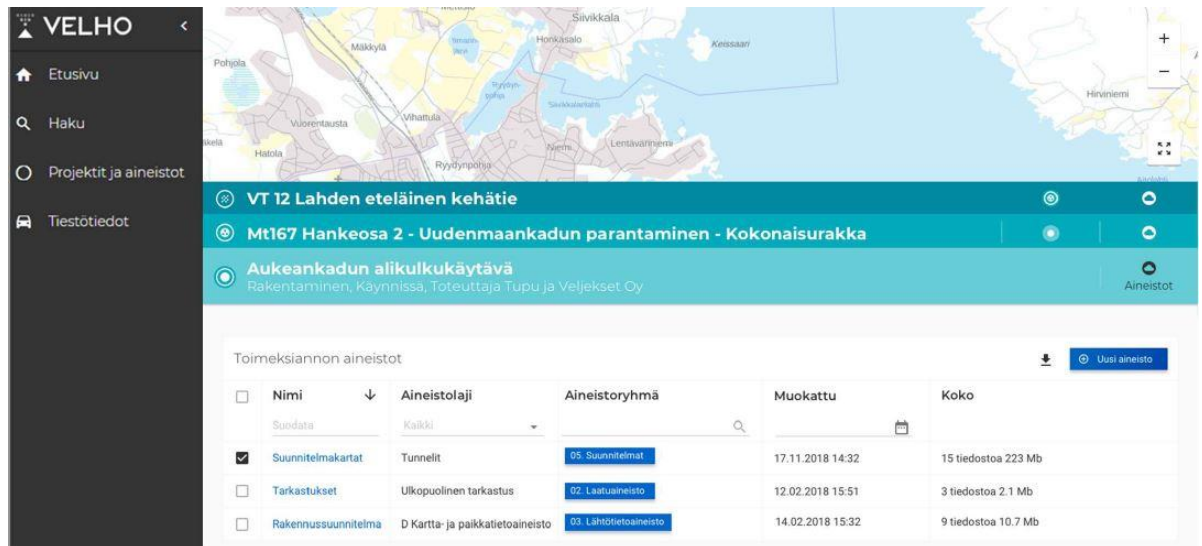
KUVIO 9. Velhon järjestelmäkokonaisuus (Kalliolaakso & Aaltonen 2018).

Tierekisteriin verrattuna Velho sisältää ns. modernia teknologiaa ja paikkatietoon sidottua dataa, sekä järjestelmän, joka hyödyntää nykyaikaista tietoa avoimin rajapinnoin. Tierekisterin päällekkäiset mittaukset tulevat poistuman kokonaan, kun pystytään hyödyntämään toteumamalleja. (Savolainen 2019.)

Paikkatietoon kytkemisessä käytetään koordinaattipohjaista tietoa, kuitenkin mahdollistaen tieosoitteiden käsittely niin, että tieosoiteverkko toimii taustalla. Projektit saavat sijainnin kartalla, jonka kautta aineistoihin pääsee käsiksi. (Kalliolaakso & Laitinen 2019.)

Tiedonkulku Velhossa tulee olemaan mahdollisimman lyhyt. Tarkoitus on oikaista vanhan tierekisterin prosessin vaiheita sekä tehdä tiedonkulusta selkeää ja yksinkertaista. Tavoitteena on myös automatisoida tiedon kulkua järjestelmän prosessituen avulla niin, että tiedot kulkeutuvat oikeille paikoilleen suoraan luovutuksesta metatietojen avulla. Näin urakalta luovutettavat aineistot ovat mahdollisimman nopeasti järjestelmässä käytettävissä. (Kalliolaakso & Laitinen 2019.)

Tiestötiedon kohteen ja Projektivelhon dokumenttien välille luodaan linkitys, jonka avulla löytää ominaisuustiedot ja metatiedot. Kaikkea tietoa ei ole järkevää sijoittaa kartalle tai tiestötietojärjestelmään, koska tietoa on niin paljon. Kalliolaakson (2019) esittämässä kuvassa 5 on malli Projektivelhon käyttöliittymästä. (Kalliolaakso & Laitinen 2019.)



KUVA 5. Mallikuva Projektivelhon käyttöliittymästä (Kalliolaakso 2019).

Velhon kehitysvaihe sijoittuu aikavälille 10/2017 – 02/2018, toteutusvaihe 03/2018 – 2020, jonka jälkeen järjestelmä siirtyy ylläpitovaiheeseen. Ylläpitovaiheen järjestelyistä sovitaan erikseen eikä siitä ole vielä tarkempaa tietoa. (Kalliolaakso 2019.)

Velho on omaisuudenhallintaa, jota myös Suomen laki edellyttää Väylävirastolta:

- Väylävirasto vastaa maantieverkon omistajan tehtävistä (980/2018; 11§)
  - Väyläviraston on pidettävä rekisteriä maanteistä (980/2018; 108§)
  - Väylävirasto vastaa ja hallinnoi väyliä koskevia tietovarantoja (936/2018; 2§)
- (Kalliolaakso 2019).

Velho-järjestelmä otetaan käyttöön jo maaliskuussa 2019 niin, että käyttäjinä ovat aluksi Väylän ja ELY-keskusten toiminnan suunnittelun tai hankeohjelmoinnin parissa työskenteleviä yleis- ja tiesuunnittelun projektipäälliköitä sekä hankesuunnittelun asiantuntijoita (Kalliolaakso 2019).

Järjestelmäkehityksen ja prosessien uudistumisen lisäksi tiedonhallintaohje laaditaan vuoden 2019 aikana. Lisäksi myös Inframallien katselun mahdollistava BIM-työkalu liitetään Velhoon. Tiedonhallinnan ohjetta ja järjestelmää laadittaessa Velho-allianssi on yhteistyössä YIV-ohjeiden kanssa niin, että ohjeista tulisi yhdenmukaiset ja ristiriidattomat. (Kalliolaakso 2019).

Velhon vaatimukset urakoitsijalle tulevat perustumaan pitkälti yleisiin alan ohjeisiin ja tiestötietojärjestelmän tarpeisiin hankekohtaisesti. Mallipohjaista ja mahdollisimman avointa dataa tullaan vaatimaan ja käyttämään. Vaikkei järjestelmä välttämättä ota kaikkea projektilta luovutettavaa dataa käyttöön niin, että ne toimisivat rekisterissä, ne ovat kuitenkin saatavilla ja ladattavissa tarvittaessa suunnitelma- ja toteumatietovarastosta. Myös natiivi-/raaka-aineisto tullaan säilyttämään aineistoissa mukana. (Savolainen 2019.)

### 4.3.2 Taitorakennerekisteri

Asiantuntijakäyttöön tarkoitettu Taitorakennerekisteri korvasi vanhan Siltarekisterin alkuvuonna 2017. Siltarekisteri oli siltojen perustietovarasto, joka sisälsi siltojen hallinnollisten ja rakenteellisten tietojen lisäksi myös tietoja siltojen vaurioista ja kunnosta, tarkastusten yhteydessä otetuista näytteistä ja niiden analyysituloksista sekä tietoja siltojen ehdotetuista ja toteutuneista korjauksista. Myös tarkastusten yhteydessä otetut kuvat silloista on tallennettu rekisteriin. Siltarekisteri sisältää myös kuntien siltoja. (Väylä 2017. Siltarekisteri.)

Uusi Taitorakennerekisteri on taitorakenteiden, kuten siltojen, tunneleiden, laitureiden ynnä muiden perustietovarasto. Sisältö on vastaava kuin Siltarekisterissä, mutta hallinnolliset ja rakenteelliset tiedot sekä vaurio- ja kuntotiedot ovat kerättyinä rekisteriin muistakin taitorakenteista kuin silloista. Väyläviraston omistamien kohteiden lisäksi rekisteristä löytyy myös kuntien omistamien rakenteiden tietoja, kuten aiemmassa Siltarekisterissäkin. (Väylä 2017. Taitorakennerekisteri otetaan käyttöön.)

Tämän uuden järjestelmän myötä Siltarekisteri poistui kokonaan käytöstä. Taitorakennetietoa julkaistaan myös avoimena datana. Tämäkin uudistusprojekti kuuluu Väylän Digitalisaatiohankkeen kolmanteen osahankkeeseen, ”tieverkon ennakoiva kunnonhallinta ja tiestötietojen ylläpitojärjestelmän kehittäminen.” (Väylä 2017. Taitorakennerekisteri otetaan käyttöön.)

Taitorakennerekisterin lisäksi Väylävirastolla on tehty taitorakenteiden tiedon käsittelyohje Taitorakennerekisterin käyttöä varten. ”Ohjetta käytetään hankkeissa, joissa Väylä-

virasto toimii tilaajana ja/tai hankkeissa, joissa rakenteet jäävät Väyläviraston omistukseen tai risteävät Väyläviraston omistamia väyliä.” (Väylä 2018. Taitorakenteiden tiedon käsittely.)

”Ohjeessa valtuutetaan tiedon vienti Taitorakennerekisteriin ja annetaan toimintaperiaatteet taitorakenteiden suunnitelmätietojen ja rakennus- sekä korjaustöiden toteumatietojen viennistä Taitorakennerekisteriin.” Ohjeella parannetaan tiedon ja dokumenttien tallennusprosesseja. (Väylä 2018. Taitorakenteiden tiedon käsittely.)

Perinteiset taitorakennhallintaprosessit ovat olleet haasteellisia ja rakentamisen aikana tuotettuja tietoja ei ole ollut yllä- ja kunnossapidon käytössä. Myös nykyaikaisten tietojen hallinta ja käyttö eivät olisi onnistuneet perinteisillä menetelmillä. Uuden rekisterin myötä nämä asiat korjaantuvat. (Väylä 2018. Taitorakenteiden tiedon käsittely.)

Taitorakennerekisteriin voidaan tallentaa sillat, tunnelit, kiinteät merenkulun turvalaitteet, rautatierummut, sulut ja laiturit. Taitorakennerekisteri kehittyy omaisuudenhallinta järjestelmänä, jolloin ohjetta tullaan päivittämään tarpeen mukaan. Uusi vaadittu tietosisältö on kuvattu ohjeen liitteissä muutaman siltatyypin avulla. (Väylä 2018. Taitorakenteiden tiedon käsittely.)

Ohjeessa esitetään toimintatavat eri hankintamuodoissa, toimintatavat uudiskohteissa ja kokonaan uusittavissa taitorakenteissa, sekä toimintatavat olemassa olevien taitorakenteiden korjaus- ja muutostöissä. Myös suunnitelmadokumenttien käsittely ja formaatit ovat yksi ohjeen osio, jossa ohjeistetaan dokumenttien tallentamista taitorakennerekisteriin ja toimittamista arkistoon.

#### **4.4 Yhteenveto**

Mielestäni tärkeimpänä tässä selvitystyössä oli tilaajan tiedonhallinnan kehittämisprojektit, tiedonhallintaongelmat ja erilaiset tarpeet. Näiden perusteella urakoitsija saa käsityksen nykyisistä toimintatavoista sekä niihin tulevista muutoksista.

Ongelmakohtien pohdinnasta on hyötyä tässä työssä Finavian tietomanagerointiprojektiin sekä pilotointeihin, jotta osataan keskittyä todellisiin pulmiin, eikä vain jonkin epäolellisen kehittämiseen.

## LÄHTEET

Aaltonen, O. Kunnossapitopäällikkö. 2018. Haastattelu 16.1.2019. Haastattelija Lintula, A. Pirkkala.

BuildingSMART Finland. Yleiset inframallivaatimukset. Julkaistu 5.5.2015. Päivitetty 8.1.2019. Luettu 1.10.2018. <http://buildingsmart.fi/yiv/>

BuildingSMART Finland. Yleiset inframallivaatimukset -ohjeiden päivitys, lausuntopyyntö YIV 2018. Julkaistu 5.11.2018. Päivitetty 7.12.2018. Liite: YIV-päivitystiedosto yhteensovitettu 2 (word). Luettu 8.12.2018. <https://buildingsmart.fi/yleiset-inframallivaatimukset-ohjeiden-paivitys-lausuntopyynto-yiv-2018/>

Destia. 2017. Digitaalinen infra-ala, mitä se on? Kauppalehden artikkeli, kirjoittanut Destia Oy – Made by Finland. Luettu 23.11.2018. <https://studio.kauppalehti.fi/made-by-finland/digitaalinen-infra-ala-mita-se-on>

Destia. 2018. Tampere-Pirkkala lentokentän (EFTP) laajennushankkeen laatu- ja luovutusaineisto. Destian sisäinen tietopankki. Katsottu 20.1.2019.

Destia. 2019. Destian sisäinen tietopankki. Luettu 5.2.2019.

Infrakit. 2019. Lue lisää. Luettu 14.3.2019. <https://infrakit.com/fi/lue-lisaa/>

Jaakkola, M. Kehityspäällikkö. 2018. Haastattelu 21.11.2018. Haastattelija Lintula, A. Tampere.

Kalliolaakso, J & Aaltonen, I. 2018. Tienpitopäivä 15.11.2018. Velho-allianssi esitys. Savolainen, T. [https://vayla.fi/documents/20473/531563/Velho\\_Tienpito-paiva2018/b658c62d-1cb4-4834-8c7c-d311c3cb2aea](https://vayla.fi/documents/20473/531563/Velho_Tienpito-paiva2018/b658c62d-1cb4-4834-8c7c-d311c3cb2aea)

Kalliolaakso, J & Laitinen, K. 2019. Velho-allianssin tilannekatsaus. Haastattelu 1.2.2019. Haastattelija Lintula, A. Tampere.

Kivimäki, T. Toimitusjohtaja. 2018. Haastattelu 28.11.2018. Haastattelija Lintula, A. Tampere.

Kivimäki, T. 2015. YIV 2015 -ohjeet vievät Suomen infra-alaa eteenpäin. Infra-alan uutiset. Infrakit blogi. Luettu 19.11.2018. <https://infrakit.com/fi/yiv-2015-ohjeet/>

Kuusela, P. 2017. Infrarakentamisen mittaukset. Ohjeistukset ja mittausaineiston sisältö. Luettu 16.1.2019.

Kuisma, R. 2018. Projektidokumenttien tallennusohje. Destian sisäinen tietopankki. Luettu 4.1.2019.

Maijala, T. mittauspäällikkö. 2018. Haastattelu 20.11.2018. Haastattelija Lintula, A. Tampere.

Mäkelä, H. infraTM koordinaattori. 2018. Haastattelu 22.11.2018. Haastattelija Lintula, A. Tampere.

- Nieminen, J-M. 2011. Koneohjaus maanrakennustyössä. Luettu 29.1.2019.
- Niskanen, J. 2015. Yleiset inframallivaatimukset. BuldingSMART Finland. Tietomallintamisen yhteisöfoorumi. Luettu 4.12.2018.
- Novatron. 2019. Koneohjaus. Luettu 29.1.2019. <https://novatron.fi/mita-on-koneohjaus/>
- Partanen, A. 2016. Tiedonhallinta ja tietomallinnus allianssihankkeessa. Luettu 7.1.2019.
- Partiainen, A. & Suntio, V. 2017. Pilottiprojektin loppuraportti, Digitaalinen luovutusaineisto. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä. Luettu 29.10.2018.
- Pitkänen, L. 2018. Asematason allianssi, käyttöönottoprosessin suunnittelu ja toteutus. Rakennusmestarikoulutus. Metropolia ammattikorkeakoulu. Mestarityö. Luettu 20.12.2018.
- Planting, O. Suunnittelija. 2019. Haastattelu 9.1.2019. Haastattelija Lintula, A. Tampere
- Putkonen, H. Projektipäällikkö. 2018. Haastattelu 19.12.2018. Haastattelija Lintula, A. Pirkkala.
- Räisänen, P. Sähkötyöpäällikkö. 2018. Haastattelu 17.12.2018. Haastattelija Lintula, A. Pirkkala.
- Salminen, C. Laatupäällikkö. 2019. Haastattelu 1.3.2019. Haastattelija Lintula, A. Tampere.
- Savolainen, T. Kehittämispäällikkö infraBIM. 2019. Väylä-allianssin tilannekatsaus. Haastattelu 25.1.2019. Haastattelija Lintula, A. Tampere.
- Sinisaari, P. 2018. Urakkaohjelma, EFTP peruskorjaus. Finavia tarjouspyyntöaineisto.
- Suntio, V. 2018. Diginfra 2.018. Inframallintamisen ABC. Katsottu 10.11.2018. <https://drive.google.com/file/d/1t9YFuHE7AW72pG4btRTsNfPH5i6W0vCh/view>
- Suntio, V. Konsultti, projekti- ja kehityspäällikkö. 2018. Haastattelu 16.11.2018. Haastattelija Lintula, A. Turku.
- Taina, H. Mittauspäällikkö. 2019. Haastattelu 14.1.2019. Haastattelija Lintula, A. Lahti.
- Vesämäki, N. Projekti-insinööri. 2018. Haastattelu 21.12.2018. Haastattelija Lintula, A. Tampere.
- Viljakainen, E-M. Paikkatietopäällikkö. 2018. Haastattelu 17.1.2019. Haastattelija Lintula, A. Tampere.
- Virtanen, M. Automaatio-operaattori. 2018. Haastattelu 24.10.2018. Haastattelija Lintula, A. Pirkkala.

Väylä (Liikennevirasto). 2016. Mikä on tietomalli? Päivitetty 26.4.2016. Luettu 12.10.2018. <https://vayla.fi/palveluntuottajat/inframallit/mika-on-tietomalli-#.XDRMW81S9PZ>

Väylä (Liikennevirasto). 2017. Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje. Työkaluja inframallien hallintaan. Luettu 12.12.2018. [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo\\_2017-12\\_tie\\_ratahankkeiden\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2017-12_tie_ratahankkeiden_web.pdf)

Väylä (Liikennevirasto). 2017. Tietomallinnuksen ohjeistus. Päivitetty 15.11.2017. Työkaluja inframallien hallintaan. Luettu 12.12.2018. <https://vayla.fi/palveluntuottajat/inframallit/tietomalli-ohjeistus#.XDQ9F81S9Pb>

Väylä (Liikennevirasto). 2017. Siltarekisteri. Päivitetty 24.2.2017. Luettu 5.2.2019. <https://vayla.fi/palveluntuottajat/sillat/siltarekisteri#.XFk8Mc1S-Uk>

Väylä (Liikennevirasto). 2017. Taitorakennerekisteri otetaan käyttöön. Päivitetty 22.2.2017. Luettu 5.2.2019. <https://vayla.fi/-/taitorakennerekisteri-otetaan-kayttoon-22-2-2017#.XFk7us1S-Uk>

Väylä (Liikennevirasto). 2018. Taitorakenteiden tiedon käsittely. Tiedon syöttäminen taitorakennerekisteriin ja dokumenttien toimittaminen arkistoon. Luettu 25.1.2019. [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo\\_2017-12\\_tie\\_ratahankkeiden\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2017-12_tie_ratahankkeiden_web.pdf)

Väylä (Liikennevirasto). 2018. Velho-allianssi. Päivitetty 8.5.2018. Luettu 21.1.2019. <https://vayla.fi/hankkeet/digitalisaatiohanke/tieverkon-kunnonhallinta/velho-allianssi#.XEXGVeKxWUk>

**LIITTEET**

Liite 1. TAULUKKO. Esimerkki digitaalisen luovutusaineiston sisällöstä .....	65
Liite 2. Suunnitelma-aineiston luovutuksen vähimmäisvaatimukset.....	67
Liite 3. Ajankohtaiset linkit lähteiden lisäksi.....	68



Liite 1. Esimerkki digitaalisen luovutusaineiston sisällöstä (YIV lausuntoversio  
11/2018, 115-116)

Kansio	Sisältö
Aineistoluettelo ja aineistose- lostus (suoraan päätasolle)	Aineistoluettelo: kaikkien luovutettavien tiedostojen luettelo kansiorakenteen mukaisesti jäsenneltynä (ns. aineiston sisällysluettelo). Aineistoselostus: Aineistoselostuksessa esitellään luovutettava aineisto (ns. aineiston käyttöohje)
01 Hallinta	Hallinnollinen kansio: Hankekohtaiset asiakirjat, esim: Tiedonhallintasuunnitelma Urakka-ohjelma Tuotevaatimukset Sopimusasiakirjat Kokousaineistot Vastaanottotarkastukset Liikenteelleotto- ja väyläpäätökset
02 Laatuaineisto	Mallipohjaisen rakentamisen laadun todentamiseen liittyvä aineisto. Mikäli hankkeeseen sisältyy suunnittelua, myös siihen liittyvä laadunvarmistus sijoitetaan 02 Laatuaineiston alle.  210 Urakan laatusuunnitelma 211 Rakenneosat (Väylät, sillat, tunnelit, jne.) 212 MPT prosessin laadunvarmistus 213 Takuuajan laaturaportointi 214 Luovutusaineiston itselleluovutus  Lisäksi muut hankkeessa mahdollisesti sovittavat aineistot ja dokumentit.
03 Lähtötietoaineisto	Rakentamisvaiheeseen toimitettu lähtötietoaineisto.  Lähtötietoaineiston kansiorakenne: A Maastomalli B Maaperämalli C Rakenteet ja järjestelmät D Kartta ja paikkatieto E Viiteaineisto

04 Toteumamalli	<p>Tiedon jäsentelyssä käytetään 4-numeroista tunnusta, jossa hyödynnetään rakennusosanimikkeistön mukaista numerointia:</p> <p><u>0000 Geometriat</u>  A_Mittalinjat  B_Maaliviivat  C_Reunatuet  D_Kaidelinjat</p> <p>Rakenteet ja järjestelmät (pinta- ja verkostomallit sekä aluerajaukset)  1430_Kuivatusrakenteet  2010_Ylin_yhdistelmäpinta  2012_Alin_yhdistelmäpinta  2110_Suodatinrakenteet  2120_Jakavat_kerrokset  2130_Kantavat_kerrokset  3100_Vesihuollon_jarjestelmat  jne.</p> <p>Taitorakenteet erillisen ohjeistuksen mukaisesti  4200_Sillat  jne.</p> <p><u>9000- sarja toteutuksessa käytettävät aineistot esim.</u>  9001_Tarkastuspisteet  9002_Taustakartat  9003_Varoituskartat  9004_Maastomalli_Toteutus  9005_Kalliopinta_Toteutus  9006_Lahtotiedot_Toteutus  9501_Natiivimallit  9502_Katselupaketit (esim. esittelymalli, yhdistelmämalli)</p>
05 Toteumadokumentit	<p>Hankkeen toteuman mukaisesti päivitettyt rakennussuunnitelmapiirustukset ja dokumentit.</p> <p>Aineistot jäsenellään kunkin tilaajan ohjeistuksen mukaisesti.</p>
06 Oheisaineisto	<p>Muuta aineistoa täydentävät tiedostot, kuten:</p> <p>610 Turvallisuus  620 Ympäristö  630 Haltuunottoalueet (Toteutunut MML tai vastaava)  640 Hoitoalueiden rajat  650 Viherhoitokortit</p>

Liite 2. Suunnitelma-aineiston luovutuksen vähimmäisvaatimukset (YIV lausuntoversio 11/2018, 92)

**Luovutusaineiston vähimmäisvaatimus**

- Dokumentaatio
  - Lähtöaineistoluettelo (XLSX ja PDF)
  - Tietomalli- / lähtötietomalliselostus (PDF ja DOCX)
  - Aineistoluettelo (XLSX ja PDF)
  - Itselleluovutusdokumentit (PDF)
- Lähtötietomalli
  - Mittausperusta
    - Mittapisteet (Geonic/.GT)
    - Pisteselityskortit (PDF)
  - Mittaukset / maastomallit (Geonic)
  - Pohjatutkimukset (Infra-formaatti)
  - Suunnittelussa käytetyt pohjakartat ja ilmakuvat
  - Pintamallit:
    - Maanpinta (Inframodel)
    - Maaperä ja -lajit
    - Kallionpinta (Inframodel)
  - Suunnittelua varten kerätyt muut tiedot
    - Nykyiset tie- ja ratageometriat (Inframodel)
    - Johto- ja kaapelitiedot (Inframodel)
    - Kuivatusrakenteet ja muut kuivatukseen liittyvät tiedot (Inframodel tai DWG)
    - Rakenteet (IFC tai DWG)
    - Varusteet ja laitteet (Inframodel tai DWG)
    - Rajatiedot, pohjavesialueet, suojelualueet, kaavoitus, maaperäkartat ym. kartta- ja paikkatietoaineistot (Inframodel, DWG, SHP tai MapInfo)
    - Muut hankkeeseen liittyvät aineistot
- Suunnitelmamalli
  - Geometriat (Inframodel)
    - Mittalinjat
    - Vaaka- ja pystygeometriat
    - Radan kilometripaalutus, kallistustiedot ja vaihteet
  - Väylärakenteet
    - Ylin yhdistelmäpinta (Inframodel)
    - Väylärakenteen alapinta (Inframodel)
    - Maa- ja kalliioleikkaukset sekä penkereet (Inframodel)
    - Pohjavedensuojaukset (Inframodel)
    - Tukikerrokset ratarakenteissa sekä vaihteet (Inframodel)
    - Muut tarpeelliset pohjarakenteet ja rakennekerrospinnat (Inframodel)
  - Rakenteet ja järjestelmät
    - Kuivatusrakenteet ja laskuojat (Inframodel)
    - Johtojen ja laitteiden verkostomallit (Inframodel)
    - Taitorakenteiden ARK/RAK mallit (IFC tai 3D-DWG)
    - Rajojen ja muiden alueiden muutokset (Inframodel)
    - Rakenteiden ja järjestelmien siirrot (Inframodel)
    - Muut suunnitellut rakenteet ja järjestelmät (Inframodel)
- Taustakartat
  - YS, TS / RaS, RS kartta (DWG)
  - Lähtötietomallin kanta-/pohjakartta (DWG)
  - Tie-, rata-, katu-, puistoalueen rajat (DWG)

## Liite 3. Ajankohtaiset linkit lähteiden lisäksi

1. Tietoarkisto. 2017. Miksi aineistohallintaa ja jatkokäyttöä? <https://www.fsd.uta.fi/aineistohallinta/fi/miksi-aineistohallintaa-ja-jatkokayttoa.html>
2. Kauppalehti, Destia. 2017. Digitaalinen infra-ala, mitä se on? <https://studio.kauppalehti.fi/made-by-finland/digitaalinen-infra-ala-mita-se-on>
3. Destia. 2015. Luostarinkylä, Rauma. Julkaistu 17.9.2015. <https://via.destia.fi/toissa-destiassa/luostarinkyla-rauma.html>
4. Destia. 2016. 2 147 483 648 tavua mittausdataa. Julkaistu 5.10.2016. <https://via.destia.fi/toissa-destiassa/2-147-483-648-tavua-mittausdataa.html>
5. Lyytikäinen, E. 2017 Miten tuottaa laadukasta digitaalista luovutusaineistoa? Blogi kirjoitus. <https://civilpoint.fi/2017/10/blogi-miten-tuottaa-laadukasta-digitaalista-luovutusaineistoa/>
6. Suntio, V. 2018. Diginfra 2.018. Inframallintamisen ABC. <https://drive.google.com/file/d/1t9YFuHE7AW72pG4btRTs-NfPH5i6W0vCh/view>
7. Salmi, J. 2015. Oulun kaupunkia rakennetaan inframallien avulla. <https://buildingsmart.fi/oulu-kaupunkia-rakennetaan-inframallien-avulla/>
8. BuildingSMART Finland. Yleiset inframallivaatimukset. <http://buildingsmart.fi/yiv/>
9. BuildingSMART Finland. Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012. <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>
10. BuildingSMART Finland. Tutkimus ja kehitys. <https://buildingsmart.fi/tk/>
11. Niemelä, A. 2018. Opinnäytetyö. Rautatiehankkeen loppudokumentoinnin kehittämis- ja selvitystyö. <https://www.theseus.fi/handle/10024/144235>
12. Kivimäki, T. Infrakit blogi. <https://infrakit.com/fi/blogi/>
13. Väyläviraston julkaisut (ohjeet). <https://vayla.fi/julkaisut/#.XFIXkM1S-Uk>
14. Väylä. 2017. Käynnissä olevan tiestötietojärjestelmän uudistus. <https://vayla.fi/hankkeet/digitalisaatiohanke/tieverkon-kunnonhallinta#.XGq-hBUxuJzl>
15. Väylä (Liikennevirasto). 2018. Velho-allianssi -ajankohtaista. <https://vayla.fi/hankkeet/digitalisaatiohanke/tieverkon-kunnonhallinta/velho-allianssi-ajankohtaista#.XFIZYs1S-Uk>
16. Novatron. 2019. Koneohjaus. <https://novatron.fi/>
17. Topgeo. Mitä on koneohjaus. <http://www.topgeo.fi/tuotteet/koneohjausjarjestelmat-ja-konevastaanottimet/mita-koneohjaus-on>
18. InfraBIM-sanasto. 2014. [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2013/10/InfraBIM\\_Sanasto\\_0-7.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2013/10/InfraBIM_Sanasto_0-7.pdf)
19. ProDigiOUs. Laserkeilauksen ja pistepilvien hyödyt. <http://prodigious.tamk.fi/laserkeilauksen-ja-tietomallinnus-korjaushankkeissa/laserkeilauksen-ja-pistepilvien-hyodyt/>
20. Mitta. Drone lentopalvelut. <https://www.mitta.fi/palvelut/mittauspalvelut/uav-lentopalvelut/>
21. Destia. Ajankohtaista. <https://www.destia.fi/uutishuone.html>
22. Finavian VLK-hanke. <https://www.finavia.fi/fi/tietoa-finaviasta/lentoasemat-kehittyvat/investointiohjelma>