

Koneohjausaineistojen laatimisen kehittäminen

Timo Pitkänen

Opinnäytetyö

Maaliskuu 2019

Tekniikan ja liikenteen ala

Teknologiaosaamisen johtamisen tutkinto-ohjelma, Insinööri (YAMK)

Tekijä(t) Pitkänen, Timo	Julkaisun laji Opinnäytetyö, ylempi AMK	Päivämäärä Maaliskuu 2019
	Sivumäärä 63/24	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: Kyllä
Työn nimi Koneohjausaineistojen laatimisen kehittäminen		
Tutkinto-ohjelma Teknologiaosaamisen johtaminen		
Työn ohjaaja(t) Peuranen, Harri; Lähdesmäki, Pekka		
Toimeksiantaja(t) Ramboll Finland Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Koneohjausaineistojen käyttäminen infratyömailla on yleistynyt voimakkaasti 2010-luvulla vähentäen mm. hankkeissa syntyviä kustannuksia ja parantaen työturvallisuutta. Suunnittelijoiden tuottamat suunnitteluaineistot ovat harvoin työmaakoneiden koneohjausjärjestelmissä toimivia tietomalleja. Tämä aiheuttaa tietomallien tiedonsiirtoon liittyviä ylimääräisiä prosesseja hankkeen rakentamista tekevän urakoitsijan toimesta. Tietomalleihin liittyvien käsitteiden vääränlainen käyttö infrahankkeiden eri osapuolten välillä lisää hankkeiden kustannuksia ja epäselvyyksiä.</p> <p>Tavoitteena oli kehittää ja tehostaa koneohjausaineistojen laatimista katu- ja vesihuolto-hankkeissa. Tähän päästiin etsimällä koneohjausaineistojen nykyisistä tuottamistavoista hukkaa aiheuttavat työvaiheet sekä yhtenäistämällä tietomalleihin liittyvää termistöä ja toimintamalleja Ramboll Finland Oy:n eri yksiköissä. Tutkimustyö toteutettiin kehittämis- ja toimintatutkimuksena. Tutkimuksen kirjallisuusselvitystä täydennettiin organisaation nykytilan kartoitus selvityksellä, jonka avulla etsittiin koneohjausaineistojen tuottamiseen liittyviä nykyisiä ohjeistuksia yrityksen omista tietokannoista. Lisäksi tutkimusta täydennettiin organisaation työntekijöiden teemahaastatteluilla, joiden avulla koneohjausaineistojen tuottamiseen liittyviä ongelmia ja riskejä kartoitettiin.</p> <p>Tutkimustyön lopputuloksena laadittiin koneohjausaineistojen tuottamisen vuokaavio sekä eri tuotevalmistajien koneohjausjärjestelmien ja suunnittelutyössä tehtävien tietomallien väliseen tiedonsiirtoon liittyvien toimenpiteiden tarkastustaulukko. Kehitysratkaisujen avulla Ramboll Finland Oy:n työntekijöiden koneohjausaineistoihin liittyvää osaamista voidaan kehittää, toimintamalleja yhtenäistää eri yksiköiden välillä ja vuorovaikutusta parantaa muiden sidosryhmien kanssa.</p>		
<p>Avainsanat (asiasanat) Hukka, inframalli, koneohjaus, koneohjausaineisto, lean, tietomallit, Yleiset inframallivaati- mukset</p>		
<p>Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)</p>		

Author(s) Pitkänen, Timo	Type of publication Master's thesis	Date March 2019 Language of publication: Finnish
	Number of pages 63/24	Permission for web publication: Yes
	Title of publication Development of Creating Machine Control Data Models	
Degree programme Master of Engineering, Degree Programme in Technological Competence Management		
Supervisor(s) Peuranen, Harri; Lähdesmäki, Pekka		
Assigned by Ramboll Finland Oy		
Abstract <p>The use of machine control data models in infrastructure constructions has become more common in the 2010s reducing costs and improving safety at the same time. Design materials and information models produced by designers are rarely utilized in machine control systems without difficulties. This causes extra data transfer processes related to data models for the project contractors. Misunderstanding the concepts related to information models between different parties in infra projects increases both costs and ambiguities.</p> <p>The aim was to develop and improve the production of machine control data models for street and water supply projects. The result was achieved by searching for unnecessary steps in the current production methods of machine control data models and by unifying both terminology and operating models related to information models in different units in Ramboll Finland Oy. The study was a combination of development work and operational research. The literature review of the study was complemented with a survey of the current state of the organization. This survey was used to search for any existing guidelines for the production of machine control data models from the company's own databases. In addition, the study was supplemented with theme interviews with the employees of the organization to identify problems and risks associated with the production of machine control data models.</p> <p>The outcome of the study was a flow chart for producing machine control data models and a checklist of actions related to data transfer between machine control systems of different product manufacturers and information models produced by the designer. These progressive solutions help Ramboll Finland Oy employees develop their skills in machine control data models, operating models can be standardized between different units, and interaction with other stakeholders can be improved.</p>		
Keywords/tags (subjects) Waste, infraBIMs, machine control, machine control data model, lean, BIMs, Common InfraBIM requirements		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Johdanto.....	6
1.1	Tutkimuksen tausta.....	6
1.2	Työn tavoitteet ja rajaus	7
2	Työn toteutus kehittämistyönä	8
2.1	Kehittämistutkimus.....	8
2.2	Toimintatutkimus.....	9
2.3	Laadullinen tutkimus.....	11
2.4	Tutkimuskysymys.....	11
2.5	Tutkimustiedon kerääminen	12
2.5.1	Havainnointi.....	12
2.5.2	Haastattelut	13
2.5.3	Kyselyt.....	14
2.6	Aineiston analysointi.....	15
3	Suunnittelutyö.....	16
4	Lean-ajattelu.....	17
4.1	Leanin peruspilarit	18
4.2	Resurssi- ja virtaustehokkuus.....	20
4.3	Lisäarvoa tuottava työ ja hukka.....	22
5	Osaamisen kehittäminen ja muutosjohtaminen.....	25
5.1	Osaamisen kehittäminen ja oppiminen	25
5.2	Muutosjohtaminen	26
5.2.1	Muutoksen haasteet ja eri vaiheet	27
5.2.2	Muutoksessa onnistuminen.....	28
5.3	Esimiehen rooli osaamisen kehittäjänä ja muutoksessa	29

		2
6	Tietomallit infrarakentamisessa	30
6.1	Tietomallit	30
6.2	Yleiset inframallivaatimukset-ohjeistus	32
6.2.1	Yleiset inframallivaatimukset 2019	32
6.2.2	InfraBIM-nimikkeistö	33
6.3	Ohjelmistot	34
6.4	Tiedonsiirtoformaattit	35
7	Koneohjausjärjestelmät.....	36
7.1	Koneohjauksen toimintaperiaatteet.....	36
7.1.1	Satelliittipaikannus	37
7.1.2	Mittaustavat.....	38
7.1.3	3D-koneohjausjärjestelmä.....	39
7.2	Laitetoimittajat ja ohjelmistot	41
8	Tutkimuksen toteutus.....	43
8.1	Nykytilannekartoitus.....	43
8.2	Teemahaastattelujen toteutus.....	44
8.3	Koneohjausaineiston tuottamisen ohjeistus.....	46
9	Tulosten tarkastelu	47
9.1	Havainnot koneohjausaineistojen tuottamisen nykytilasta	47
9.1.1	Käytetyt ohjeistukset.....	47
9.1.2	Teemahaastattelujen vastausten yhteenveto.....	48
9.2	Koneohjausaineistojen tuottamisen vuokaavio ja tarkastustaulukko.....	53
9.3	Tulosten käytettävyyden arviointi ja käyttöönotto	54
10	Pohdinta ja johtopäätökset	55
10.1	Yhteenveto ja johtopäätökset	55
10.2	Tutkimuksen luotettavuuden arviointi	57

10.3	Jatkotoimenpiteet.....	59
	Lähteet	60
	Liitteet	64
	Liite 1. Nykytilannekartoituksen haastattelukysymykset ja -vastaukset.....	64
	Liite 2. Koneohjausaineistojen tuottamisen vuokaavio ja eri koneohjausjärjestelmien tarkastustaulukko.	86
Kuviot		
	Kuvio 1. Kehittämistutkimuksessa yhdistyvät kehittäminen ja tutkimus. (Kananen 2015, 33, muokattu).....	9
	Kuvio 2. Toimintatutkimuksen syklinen eteneminen.	10
	Kuvio 3. Resurssitehokkuus ja virtaustehokkuus. (Modig ym. 2016, 21, muokattu) ..	21
	Kuvio 4. Muutoksen vaiheet. (Kupias ym. 2014, 189, muokattu)	27
	Kuvio 5. Rakennepintojen ja taiteviivojen nimeäminen. (InfraBIM-nimikkeistö 2018)	34
	Kuvio 6. Inframodel 4 uudistukset. (Inframodel4 käyttöön 1.2.2018 2017).....	35
	Kuvio 7. Kaivinkoneen koneohjausjärjestelmän osat. (Yleisesite koneohjausjärjestelmät 2017 n.d.)	40
	Kuvio 8. Koneohjausjärjestelmän ohjaamoon sijoitettava päätelaite. (Xsite Pro 3D n.d.)	40
	Kuvio 9. Haastateltavien työtehtävät Ramboll Finland Oy:ssä.	45
Taulukot		
	Taulukko 1. Yleisimpien laitevalmistajien koneohjausjärjestelmiin liittyvien toimenpiteiden tarkastustaulukko.....	87

Käsitteet ja lyhenteet

BIM = Building Information Model. Tarkoittaa rakennuksesta toteutettua digitaalista tietomallia. (Mitä on BIM? n.d.)

Hukka = Arvoa tuottamaton työ. (Tuominen 2010, 12.)

IFC-tiedonsiirtoformaatti = Industry Foundation Classes (ISO 16739) on kansainvälinen sekä avoin tiedonsiirtoformaatti, joka soveltuu erityisesti rakentamisen ja kiinteistönpidon tuotetietojen sekä eri ohjelmistojen väliseen tiedonsiirtoon ja yhteiskäyttöön. (Serén 2014, 20.) Tulevaisuudessa IFC kattaa tiedonsiirtoformaattina myös kaikki infrakohteet. (YIV 2015 Päivitys, YIV lausuntoversio 11/2018. 2018, 4.)

InfraBIM-nimikkeistö = Julkaisu, jossa on esitetty infrarakenteiden ja -mallien elinkaaren numerointi- ja nimeämiskäytännöt. (InfraBIM-nimikkeistö 2018, 4.)

Inframalli = InfraBIM. Koostuu englannin kielen sanoista Infra Built Environment Information Model. Sisältää rakennetun ympäristön tietomallin ja siihen liittyvien rakenteiden ja ympäristön ominaisuustiedot. (Serén 2014, 20.)

Inframodel = XML-pohjainen avoin formaatti, joka perustuu kansainväliseen LandXML-tiedonsiirtoformaattiin. (Serén 2014, 22.)

Koneohjaus = Synonyymi käsitteelle työkoneautomaatio. Infrarakentamisen työkohteiden ohjausjärjestelmissä käytettävät automaatio-sovellukset. (Nieminen 2011, 7.)

Koneohjausaineisto (YIV2015 mukainen käsite: koneohjausmalli) = Työkoneiden koneohjausjärjestelmissä hyödynnettävä aineisto, jonka tuottaa pääsääntöisesti rakennushankkeen urakoitsija toteutusaineistoja hyödyntämällä. Koneohjausaineisto voi sisältää esim. taustakarttoja, erilaisia pintamalleja, geometrialinjoja, pisteitä tai linjamaisia kohteita. (YIV 2015 Päivitys, YIV lausuntoversio 11/2018. 2018, 7.)

LandXML-tiedonsiirtoformaatti = Extensible Markup Language-standardiin (XML) perustuva LandXML-standardi on maanrakennus- ja maanmittausalan tarpeisiin luotu avoin tiedonsiirtoformaatti. (Kivinen 2016, 15-16.)

Lean = Toimintastrategia, joka keskittyy virtaustehokkuuteen. Perustuu Toyota Motor Corporationin valmistuskonseptiin. (Modig, Åhlström 2016, 124-125,127; Leanin historiaa n.d.)

Lähtötietoaineisto (YIV2015 mukainen käsite: lähtötietomalli) = Eri tietolähteistä saadut tai mitatut tuotteiden, toiminnan ja palveluiden suunnittelua varten hankitut digitaaliset lähtöaineistot. (YIV 2015 Päivitys, YIV lausuntoversio 11/2018. 2018, 6.)

Suunnitelmamalli = Infrarakenteen tai -järjestelmän malli, joka sisältää suunnittelijoiden suunnitteluratkaisut. Suunnitteluvaiheesta riippuen suunnitelmamallista käytetään mm. termejä yleis-, tie- ja rakennussuunnitelmamallit. (YIV 2015 Päivitys, YIV lausuntoversio 11/2018. 2018, 5.)

Tiedonsiirtoformaatti = Tietokonesovelluksilla tulkittavia muotoja tiedon tallentamiseksi, siirtämiseksi ja arkistoitavaksi. (Serén 2014, 40.)

Tietomalli = Nykyisen tai suunnitellun rakennelman 3D-esittämistä digitaalisessa muodossa. Tietomallin sisältämät pisteet, viivat ja pinnat sisältävät tietyn ominaisuustiedon. (Mikä on tietomalli? 2016)

Toteumamalli = Inframalli, joka kuvaa infrarakenteen tai -järjestelmän siten kuin se laatuvaatimukset huomioiden on kohdekohtaisesti toteutettu. Jokainen yksittäinen rakennepinta on oman rakennusosan toteumamalli. Kaikki rakennepinnat muodostavat yhdessä rakennetun kohteen toteumamallin. (YIV 2015 Päivitys, YIV lausuntoversio 11/2018. 2018, 7.) Toimii jatkossa alueen uusien hankkeiden lähtötietoaineistona.

Toteutusmalli = Pää toteuttajan tarkastama ja hyväksymä rakennussuunnitelmamalli, jota hyödynnetään kohteen toteutuksessa. Kyseiseen malliin voidaan sisällyttää pää toteuttajan puolesta kohteen kustannustietoa, aikatauluja ja tuotetietoja. (YIV 2015 Päivitys, YIV lausuntoversio 11/2018. 2018, 7.)

YIV = Yleiset inframallivaatimukset. Rakennustietosäätiön erityispäätoimikunta BuildingSMART Finland ja sen infratoimialaryhmä vastaavat kyseisen ohjeiston julkaisemisesta. YIV-ohjetta on tarkoitus sisällyttää infrahankintojen yleisiin teknisiin asiakirjoihin sekä käyttää inframallintamisen perusohjeina. (Niskanen 2015, 3.)

Ylilaatu = Tarpeetonta, enemmän kuin tarpeeksi olevaa tai ennen kuin tarpeen olevaa työtä. Kustannuksia lisäävää työtä, josta ei synny lisäarvoa asiakkaalle. (Tuomi 2010, 7).

XML = eXtensible Markup Language. Standardisoitu tiedonsiirtoformaatti arkistointiin ja tiedonsiirtoon. (Serén 2014, 47.)

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta

Työn toimeksiantajana toimii Ramboll Finland Oy, joka on Suomen johtava suunnittelu- ja konsultointiyritys. Se toimii Suomessa 28 eri paikkakunnalla noin 2 400 asiantuntijan voimin. Ramboll Finlandin palveluihin kuuluvat mm. infrastruktuurin, ympäristön ja rakennusten suunnittelu sekä rakennuttamisen, rakentamisen ja ylläpidon sekä johdon konsultoinnin asiantuntijapalveluita. Yritys on osa tanskalaista Ramboll Groupia. (Yritys 2018) Suunnittelumarkkinat ovat erittäin kilpailtuja ja suurimpana kilpailutekijänä toimii usein suunnittelutyön hinta. Hintaan vaikuttaa voimakkaasti suunnittelutyöhön käytetyt työtunnit.

Rambollin tärkeimpiä resursseja suunnitteluprojekteissa ovat suunnittelijat. Kilpailukykyä saadaan lisättyä parantamalla suunnitteluprosessia sekä nopeuttamalla suunnitteluhankkeiden läpimenoaikoja poistamalla niistä turhat vaiheet eli suunnittelutyötä hidastavat, arvoa tuottamattomat vaiheet. Tällaisia vaiheita kutsutaan hukkatokijöiksi. Tällaisen lean-ajattelumallin avulla saadaan suunnitteluresurssit tehokkaammin arvoa tuottavaan käyttöön eli siihen käyttöön, josta asiakas suunnittelutyössä on valmis maksamaan.

Koneohjausaineistojen käyttäminen infratyömailla on yleistynyt voimakkaasti 2010-luvulla. Rambollin suunnittelijoiden tekemät suunnitteluaineistot ovat vielä harvoin työmaakoneiden koneohjausjärjestelmiin luettavia ja niissä toimivia tietomalleja, vaikka yleisesti puhutaankin koneohjausaineistoista. Termistön vääränlainen käyttö suunnittelutyön tilaajien, suunnitelmia toteuttavien suunnittelijoiden sekä rakentamisesta vastaavien urakoitsijoiden välillä lisää epäselvyyksiä ja kustannuksia infra-hankeissa.

Teemu Tuohilampi on kartoittanut vuonna 2017 opinnäytetyössään ”Selvitys Rambollin inframalliohjeistuksista sekä -hankkeista” sen hetkisen tilanteen Rambollissa esiintyvistä inframalliohjeistuksista. Työssä on kattavasti listattu Rambollissa käytössä olevat ohjeistukset koskien inframallinnusta, mutta suoranaisesti koneohjausaineis-

tojen tekemiseen liittyviä ohjeistuksia ei hänen tutkimuksessaan ole mainittuna. Tuohilammen (2017, 45) mukaan osa inframalliohjeistuksista ei ole yleisesti kaikkien työntekijöiden saatavilla vaan ne sijaitsevat eri yksiköiden omilla verkkolevyillä.

1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Tämän työn päätavoitteena on kehittää ja tehostaa koneohjausaineistojen laatimista. Tavoitteeseen päästään tutkimalla pääosin Ramboll Finland Oy:n infrasuunnittelijoiden nykyisiä työtapoja ja osaamista koneohjausaineistojen tuottamisessa. Lisäksi työssä tutkitaan mm. koneohjausaineistojen parissa työskentelevien projektipäälliköiden ja kehitystyötä tekevien henkilöiden osaamista. Tässä työssä tutkitaan myös nykyisten ohjeistusten määrää sekä laatua liittyen koneohjausaineistojen tuottamiseen. Kerätyn tutkimustiedon perusteella laaditaan ohjeistus koneohjausaineistojen tehokkaasta tuottamisesta katu- ja vesihuoltohankkeissa. Ohjeistus perustuu Yleiset inframallivaatimukset -ohjeistukseen (YIV-ohjeistus). Tässä työssä kehitettävä ohjeistus on tarkoitettu helpottamaan alalla työskentelevien toimijoiden yhteistyötä tietomallintamisen käytössä ja yhtenäistämään aiheeseen liittyvää termistöä. Tehokkuutta koneohjausaineistojen tuottamiseen saadaan etsimällä suunnittelutyöstä arvoa tuottamatonta aikaa eli lean-termein sanottuna hukkaa.

Alatavoitteena on tuottaa muutosjohtamisen periaatteita hyödyntävä käyttöönoton toteutussuunnitelma, jonka avulla tämän työn tulokset jalkautetaan Ramboll Finland Oy:n työntekijöiden käyttöön. Työllä halutaan tehostaa eri tulosityksiköiden työskentelytapoja yhtenäisimmiksi koneohjausaineistojen tuottamisen osalta nykyisten, toisistaan eroavien työtapojen sijaan.

Tämän opinnäytetyön tulosten avulla voidaan koneohjausaineistojen tekemiseen liittyvät hukcatekijät tunnistaa ja ylilaadun tekemistä välttää ohjeistamalla koneohjausaineistojen tekemisen ajankohta sekä laajuus suunnitteluprosessin aikana. Työn sisältöä sisällytetään Ramboll Finlandin laadunhallintaan, jotta ylimääräisen työn tekeminen ehkäistään ja asiakkaan saavuttama arvo saadaan kasvamaan. Työn lopputuloksena koneohjausaineistojen laatimisen nykytila tunnetaan Ramboll Finland Oy:ssä ja koneohjausaineistojen parissa työskenteleville henkilöille on jalkautettu ohjeistus niiden tehokkaasta tuottamisesta.

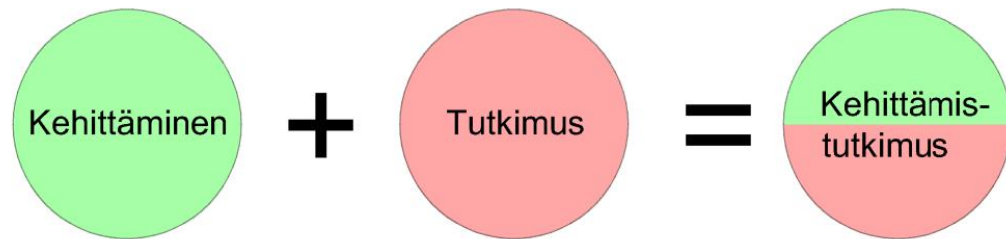
2 Työn toteutus kehittämistyönä

Tämä opinnäytetyö toteutettiin kehittämis-toimintatutkimuksena. Kehittämistutkimus tukeutuu vahvasti olemassa oleviin teorioihin ja vaatii tutkimuksellisen osion. Tässä työssä tutkimusosiossa haettiin vastauksia koneohjausaineistojen tuottamisen nykytilanteen kartoittamiseksi. Tutkimusosiossa käytettiin hyödyksi laadullisen tutkimuksen tutkimustavoista haastatteluja sekä olemassa olevia dokumentteja ja ohjeistuksia. Tutkimusosion tulosten perusteella koneohjausaineistojen tuottamismenetelmiä kehitettiin entistä tehokkaammiksi. Kehittämistutkimus ei vaadi tekijän läsnäoloa, mutta koska työn tekijä on mukana työssä kehittämässä nykyisiä toimintatapoja, opinnäytetyö on osittain myös toimintatutkimus.

2.1 Kehittämistutkimus

Tieteellisiin tutkimuksiin sisältyy aina ilmiöön liittyvä tutkimusongelma, tutkimuskysymykset ja niihin vastaaminen yleisesti hyväksytyjä menetelmiä käyttäen. Tutkimuksen sisältävän teoreettisen viitekehyksen avulla näytetään yhteys tieteellisiin keskusteluihin ja ne aihealueet, joihin tehtävän tutkimuksen avulla saadaan uutta tietoa. Tutkimuksellinen kehittämistyö saa alkunsa yleensä organisaation sisäisistä tai ulkoisista kehittämistarpeista tai joidenkin muutosten tarpeellisuudesta. Kehittämistyöhön kuuluu olennaisesti käytännön ongelmien ratkaisua sekä erilaisten uusien käytäntöjen, tuotteiden ja palvelujen tuottamista sekä toteuttamista. Kuten tässä opinnäytetyössäkin, kehittämistutkimuksen tärkeänä osana työtä on asioiden eteenpäin vieminen. (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2014, 18-19.)

Tämä työ tehdään osittain kehittämistutkimuksena. Nimensä ja kuvion 1 mukaisesti siinä yhdistyvät kehittäminen ja tutkimus. Sen tavoitteena on käytännön ratkaisujen tuottaminen ja muutos. (Kananen 2015, 45.) Ojasalon ym. (2014, 20) mukaan tutkimuksellista kehittämistyötä ohjaavat ensisijaisesti käytännön tavoitteet, joihin haetaan tukea teoriasta. Tutkimuksen tuloksien hyödyllisyys perustuu niiden jalkauttamisesta käytäntöön ja toteutukseen.



Kuvio 1. Kehittämistutkimuksessa yhdistyvät kehittäminen ja tutkimus. (Kananen 2015, 33, muokattu)

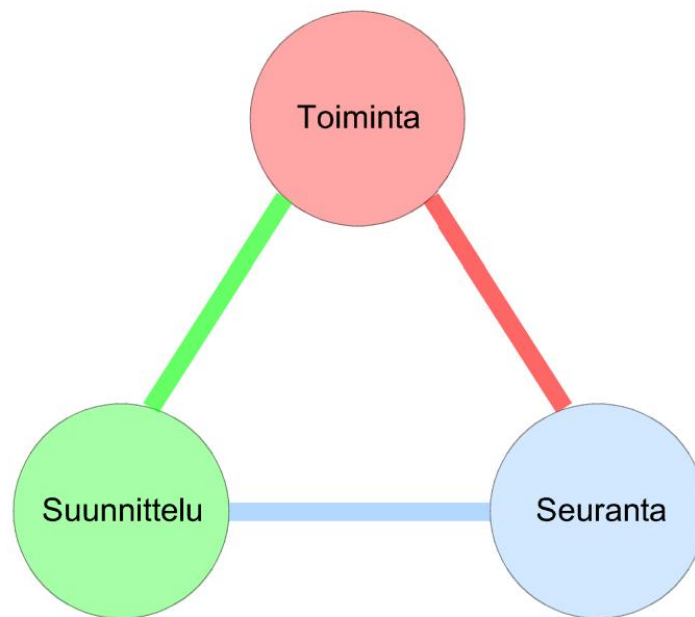
Kuten aiemmin on mainittu, kehittämistutkimus ei vaadi tutkijan läsnäoloa. Tutkimus alkaa aina ongelman määrittämisestä ja sen perusteella laaditaan tehtävät toimenpiteet tutkimusongelman ratkaisemiseksi. Tämän jälkeen toteutus pannaan käytäntöön ja sen etenemistä seurataan. Saatujen tulosten perusteella asetetaan jatkotoimenpiteet tehtävälle tutkimukselle. Kehittämistutkimukselle on luontaista tutkimuksen lähtötilanteen ja lopputilanteen mittaaminen, jonka avulla tavoiteltua muutosta voidaan vertailla. (Kananen 2015, 45, 48.)

Kanasen (2015, 40-42) mukaan kehittämistyö pohjautuu aina ilmiön tietoperustaan ja sisältää tutkimusosion. Prosessi on syklinen, sen vaiheet voidaan jakaa neljään eri osioon. Ensimmäinen vaihe on nykytilan kartoitus, jossa tutkimuksen ongelman määrittäminen tapahtuu. Seuraavaksi valitaan tutkimusmenetelmä tai -menetelmät ongelman ratkaisemiseksi. Menetelmä voi olla laadullinen eli kvalitatiivinen tai määrällinen eli kvantitatiivinen menetelmä. Ongelman määrittämiseksi valitaan käytettävät tutkimuskysymykset ja lopuksi menetelmät määritetyn ongelman poistamiseksi. Ongelman ratkaiseminen kuuluu olennaisesti kehittämistutkimuksen luonteeseen.

2.2 Toimintatutkimus

Kuten kehittämistutkimuskin, toimintatutkimus tavoittelee muutosta, kehitystä ja ennen kaikkea parannusta nykyisiin, käytössä oleviin toimintamalleihin. Se keskittyy ih-

misten käyttäytymiseen ja toimintaan. Tutkija on itse mukana muutoksen tavoittelussa ja sen kohteena ovat tutkittavaan ilmiöön liittyviä henkilöitä. Toimintatutkimuksen vaiheet ovat nykytilan kartoitus, ongelman määrittäminen, parannusehdotus, kokeilu, arviointi ja seuranta. Eteneminen on esitetty kuviossa 2. (Kananen 2015, 42; Kananen 2009, 50.) Tässä opinnäytetyössä tutkittiin laajasti koneohjausaineistojen parissa työskentelevien henkilöiden osaamista aina suunnittelijoista kehitystyötä tekeviin henkilöihin ja suunnittelutarjouksia tekeviin projektipäälliköihin. Opinnäytetyön tekijä oli mukana tutkimuksen jokaisessa vaiheessa.



Kuvio 2. Toimintatutkimuksen syklinen eteneminen.

Toimintatutkimuksessa tutkijan osallistuvuus on pääosassa. Sen avulla yritetään ratkaista käytännön ongelmia ja saamaan aikaan eteenpäin vievää muutosta. Tutkimusmenetelmä on ongelmakeskeistä ja erittäin käytäntöön suuntaavaa, joten se sopii erinomaisesti kehittämistyön lähestymistavaksi. Lähestymistavassa ei mietitä miten asiat ovat, vaan miten niiden tulisi olla. Tämän takia asioita ei voida kuvata vain pinnallisesti vaan tutkimuksen tavoitteena on asioiden muuttaminen. (Ojasalo ym. 2014, 58.)

Toimintatutkimus sisältää aina tutkimusosuuden ja on joukko määrällisiä ja/tai laadullisia tutkimuksia. Tiedonkeruumenetelminä toimivat mm. havainnoinnin eri muodot, haastattelut ja kyselyt. Tutkimusongelman asettaminen on prosessin tärkein vaihe, koska ilman sen asettamista, tutkimukselle asetettuun tavoitteeseen ei voida löytää ratkaisuja. (Kananen 2009, 11, 24-25.)

2.3 Laadullinen tutkimus

Laadullisen tutkimuksen tiedonkeruun perustana toimivat havainnointi ja eri tyyppiset haastattelut. Tutkimuksen tavoitteena on ymmärtää tutkittavaa ilmiötä ja siinä tutkijan sekä tutkittavien välinen kommunikointi on tärkeässä roolissa. Tutkijan roolin ohella tutkimuskysymysten asettaminen on keskeistä. Ilmiön kokonaiskuva hahmottuu usein kunnolla vasta haastateltavien antamien vastausten avulla. Vastaukset ovat sanoja ja lauseita. Laadullisen tutkimuksen luonteeseen kuuluu, että tarvittavaa aineistomäärää ei alkuun tunneta, vaan vasta tulosten analysoinnin jälkeen tiedetään lisäaineiston tarpeellisuus tai tarpeettomuus. Saatava aineisto ohjaa tutkimusta. (Kananen 2015, 34-35; Kananen 2009, 18-19.)

Kanasen (2015, 76) mukaisesti aineistonkeruumenetelmät voidaan jakaa sekundääri-aineistoihin ja primääriaineistoihin. Sekundääriaineistoja ovat esim. olemassa olevat dokumentit, sähköpostit ja erilaiset verkkosivut. Primääriaineistot ovat kyseistä tutkimusta varten kerättyä aineistoa. Tällaisia ovat esim. havainnoinnit, haastattelut ja kyselyt. Tässä opinnäytetyössä hyödynnettiin sekä primääri- että sekundääriaineistoja.

2.4 Tutkimuskysymys

Tutkimusongelman määrittämisen jälkeen mietitään sen ratkaisemista auttavat tutkimuskysymykset. Kysymyksen tarkkuus ja selkeys ovat avainasemassa, koska ne kertovat mitä tutkimuksessa tavoitellaan, miten ja mistä näkökulmasta. Kysymysten tavoitteena on ohjata tiedonhankintaa sekä itse tutkimusta. Tutkimuskysymyksiin saatavien vastausten tulisi ratkaista tutkimusongelma. Tutkimuskysymyksiä täydennetään usein apukysymyksillä. (Kananen 2014, 35-36; Näpärä 2017)

Tässä opinnäytetyössä käytettävät tutkimuskysymykset ja apukysymykset ovat:

- 1) Miten koneohjausaineistoja tuotetaan Ramboll Finland Oy:ssä?
 - a. Miten koneohjausaineistojen sisältö ymmärretään?
 - b. Mitä ohjelmistoja hyödyntäen koneohjausaineistoja tuotetaan?
 - c. Mitä riskejä ja ongelmia koneohjausaineistojen tuottamiseen liittyy?
 - d. Mitä ohjeistuksia tai määräyksiä koneohjausaineistojen tuottamiseen liittyy?
- 2) Miten koneohjausaineistojen tuottamista voidaan tehostaa ja siihen liittyviä toimintatapoja yhtenäistää Ramboll Finland Oy:n sisällä?

Kyseiset tutkimuskysymykset on valittu ohjaamaan tätä tutkimustyötä. Niiden avulla selvitetään koneohjausaineistojen tuottamisen nykytilanne Ramboll Finland Oy:ssä. Lisäksi tässä työssä selvitetään koneohjausaineistojen tekemiseen liittyvät ongelmat ja riskit sekä kehittämistarpeet ja -keinot.

2.5 Tutkimustiedon kerääminen

Ojasalon ym. (2014, 104-105) mielestä tutkimusmenetelmät voidaan jakaa määrällisiin (kvantitatiivisiin) ja laadullisiin (kvalitatiivisiin) menetelmiin. Määrällisiä menetelmiä ovat esim. lomakekyselyt tai täysin strukturoidut haastattelut. Ne sopivat hyvin tilanteisiin, jossa tutkittavia henkilöitä on paljon ja olemassa olevia teorioita halutaan testata tai varmistua niiden oikeellisuudesta. Tyypillisimpiä laadullisia menetelmiä ovat teema-, avoin- ja ryhmähaastattelut. Niitä käytetään, kun halutaan ymmärtää tutkittavaa ilmiötä paremmin ja tutkittavia henkilöitä osallistuu tutkimukseen vähäisempi määrä.

2.5.1 Havainnointi

Havainnointi kuuluu toimintatutkimuksen tärkeimpiin tiedonkeruumenetelmiin ja sen tarkoituksena on lähinnä ymmärtää tutkittavaa ilmiötä eikä suinkaan arvioida sitä. Havainnointi auttaa tutkimuskysymysten muodostamisessa teemahaastatteluja varten. Jotta tämä tiedonkeräysmenetelmä olisi tieteellinen, vaatii se havainnointijakson määrittämistä ja havainnoinnin dokumentointia. (Kananen 2015, 78; Kananen 2009, 67-68.)

Tutkijan seurattessa ilmiöön perustuvaa toimintaa näkyvillä, puhutaan suorasta havainnoinnista. Epäsuoraa havainnointi on sellaisessa tilanteessa, kun tutkittavat eivät tiedä tutkijan olemassaolosta. Strukturoidussa havainnoinnissa tutkijalla on apunaan esim. täytettävä lomake ja hänellä on käsitys siitä mitä asioita havainnoi. Strukturoimattomassa havainnoinnissa tutkija kirjaa ylös kaiken, joka liittyy edes vähäisesti tutkittavaan ilmiöön. (Kananen 2009, 67-68.)

2.5.2 Haastattelut

Laadullisen tutkimuksen yleisimpiä tiedonkeruumenetelmiä ovat eri muotoiset haastattelut. Haastatteluilla halutaan selvittää eri osapuolten näkemykset tutkittavasta ongelmasta ja löytämään tutkittavaan ilmiöön liittyvien ongelmien todelliset syyt. Haastateltavina on henkilöitä, joita ilmiö ja muutos joiltakin osin koskettavat. Henkilöiden omat näkemykset ovat tärkeitä muutostarpeiden ymmärtämisessä ja muutosten jalkauttamisessa. Haastattelujen tärkeimpänä yksittäisenä tekijänä on tutkijan valitsevat haastattelukysymykset, koska niiden perusteella tutkimuksen vastaukset hankitaan. Haastattelut voidaan jakaa neljään luokkaan, jotka ovat strukturoidut ja puolistrukturoidut haastattelut, teemahaastattelut sekä avoimet haastattelut. Haastatteluluokan valinta riippuu ilmiöstä jo tiedettyyn aineistoon, sen määrään sekä laatuun. (Kananen 2015, 81-82; Kananen 2009, 61, 64.)

Tiukasti määritelty strukturoitu haastattelu tarkoittaa lomakkeella toteutettua avointa haastattelua, jossa aihealue on ainoastaan tarkoin määritelty. Lomake sisältää myös vastausvaihtoehdot. (Kananen 2009, 64.) Puolistrukturoitu haastattelu eroaa edellisestä siten, että siinä vastausvaihtoehdot ei anneta ja haastattelukysymysten järjestystä voidaan vaihdella haastattelun kulun mukaisesti. Kysymysten poisjättäminen ja uusien kysymysten esittäminen haastattelun aikana on yleistä. (Ojasalo ym. 2014, 108.) Ennakoinnin pääasiallisena tarkoituksena on sujuvoittaa haastattelun kulkua ja varmistaa ilmiön eri osa-alueiden sisältyminen siihen. Avoin haastattelu vastaa lähinnä avointa keskustelua. (Kananen 2009, 64.)

Haastattelut jaetaan lisäksi muodoiltaan syvähaastatteluihin, yksilöhaastatteluihin ja ryhmähaastatteluihin. Syvähaastatteluilla halutaan saada mahdollisimman tarkkaa tietoa tutkittavasta ilmiöstä. Menetelmä vaatii useita haastattelukierroksia, joista jo-

kaisella kerralla tutkittavaan ilmiöön syvennyttään hieman edellistä vaihetta tarkemmin. Yksilöhaastatteluilla saadaan tarkempaa vastausaineistoa, mutta ryhmähaastattelu säästää kaikkien osapuolten aikaa ja niissä syntyviä kustannuksia. (Kananen 2009, 61, 64-65.)

Tässä opinnäytetyössä käytettiin tiedonkeruumenetelmänä puolistrukturoituja yksilöhaastatteluja eli teemahaastatteluja, joissa tutkittavia haastateltiin etukäteen annetuista teemoista eli aiheista. Menetelmä sopii hyvin tilanteeseen, jossa haastateltaja ei halua liikaa ohjata haastateltavan antamia vastauksia. (Ojasalo ym. 2014, 41.) Haastattelumuodolle on tärkeää se, että tutkijalla on esim. havainnoinnin kautta muodostunut ennakkokäsitys tutkittavasta ilmiöstä, jotta hän voi laatia haastattelijan aiheet. Oleellisena osana haastattelumuotoa on tutkijan ja tutkittavien välinen vuoropuhelu. (Kananen 2015, 82-83.) Tässä opinnäytetyössä laadittiin haastattelusuunnitelma, joka sisälsi käytettävät tutkimuskysymykset. Lisäksi haastattelulle mietittiin ennakkoon runko, jotta haastattelu aika tuli käytettyä mahdollisimman tehokkaasti ilmiön tutkimiseksi. Haastattelut nauhoitettiin ja analysoitiin myöhemmin.

2.5.3 Kyselyt

Kyselyt ovat määrällisiä tutkimuksia. Ne ovat kustannustehokkaita aineistonkeruumenetelmiä, joilla saadaan kerättyä nopeasti tietoa suureltakin määrältä tutkittavia. Kyselyn toteuttaminen vaatii myös tutkijan ymmärrystä tutkittavasta ilmiöstä kysymysten asettamiseksi. Kyselyssä käytetään aina lomaketta, jolla kerätään vastauksia ennalta mietittyihin kysymyksiin. Kysely voidaan toteuttaa mm. internetpohjaisella palvelulla, sähköpostitse, puhelimitse tai henkilökohtaisesti, mutta sähköiset menetelmät ovat aina kustannustehokkaimpia, nopeimpia ja niiden avulla tutkimuksen laatua lisäävä vastausprosentti saadaan nostettua yleensä suuremmaksi. (Kananen 2015, 95-97; Kananen 2009, 77-78.)

Kysely sopii sellaiseen tilanteeseen, jossa tutkittava aihealue tunnetaan, mutta halutaan varmistaa vielä sen oikeellisuus. Kyselyä voidaan käyttää esim. tutkimuksen lähtötietojen keräämiseen tai saavutettujen tulosten arviointiin. Kyselyn tuottamisessa suunnitteluprosessi on tärkeässä roolissa. Tiedon tarpeellisuuden rajaaminen ja kysymysten asettaminen yksiselitteisiksi on ensiarvoisen tärkeää. Kyselyjen tulokset ovat yleisesti ottaen tunnuslukuja ja erilaisia jakaumia. (Ojasalo ym. 2014, 40-41.)

Ojasalon ym. (2014, 130-131) mukaisesti kyselytutkimus aloitetaan nykyiseen tutkimustietoon perehtymällä. Kyselylomakkeeseen sisällytetään ainoastaan sellaiset kysymykset, jotka edesauttavat tutkimuksen tavoitteiden saavuttamista. Kysely toteutetaan vasta kun tutkijalla on riittävän laaja käsitys tutkittavasta ongelmasta sekä työn tavoitteista, jotta ylimääräiseltä ajanhukalta ja työn laadun laskemiselta vältytään. Kyselylomakkeen pituus ja selkeys ovat tärkeässä asemassa sekä vastaajalle, että tulosten analysoijalle. Kysymysten tulee olla yksiselitteisiä ja tarkkoja. Liian pitkä kysely heikentää olennaisesti vastaamisinnostusta. Kyselyyn vastaamiseen käytettävä aika tulisi olla enintään noin 20 minuuttia. Kysely tulisi lähettää ainoastaan tutkittaville henkilöille, jotka osaavat vastata kyselyyn. Tällä ehkäistään vääristävät vastaukset.

Kyselyiden vastausvaihtoehtoina ovat monivalintavastaukset, väittämät ja avoimet vastaukset. Vastausvaihtoehtoina tulisi käyttää mieluummin monivalintavaihtoehtoja kuin väittämiä. Väittämiä ovat esim. "samaa mieltä"- ja "eri mieltä"- vastaukset. Täysin avoimia vastauksia kannattaa sisällyttää kyselyyn ainoastaan, kun niiden käyttöön on erityisen painava syy, koska vastauskohta jää usein tyhjäksi. Kyselyyn tulisi sisällyttää yksinkertaiset ohjeet kyselyyn vastaamisen helpottamiseksi. Kyselyn onnistuminen vaatii lisäksi saatekirjeen lähettämistä, jotta vastaajalla on selvillä kyselyn tarkoitus. (Ojasalo ym. 2014, 131-133.)

2.6 Aineiston analysointi

Aineiston analysoinnin tavoitteena on tarkastella ja käsitellä hankittuja dokumentteja mahdollisimman systemaattisesti. Lisäksi tarkoituksena on luoda sanallinen sekä selkeä kuva tutkittavasta ja kehitettävästä asiasta. Sisällön analyysillä halutaan kuvata aineiston sisältöä sanallisesti ja tunnistaa tekstistä eri merkityksiä liittyen tutkittavaan ilmiöön. Sisällön erittelyllä pyritään kuvaamaan tekstin sisältöä esim. numeroin. Aineiston käsittelyssä kyse on tutkimuksessa kerätyn informaation pilkkomisesta pienempiin osiin, sen käsittelystä ja uudelleen kokoamisesta ymmärrettäviksi kokonaisuuksiksi. (Ojasalo ym. 2014, 136-137.)

Ojasalon ym. (2014, 110-111) mukaan haastattelun tyyppi vaikuttaa olennaisesti aineiston käsittelyyn. Teemahaastattelut ja avoimet haastattelut kannattaa nauhoittaa

ja kirjoittaa puhtaaksi. Haastattelut kannattaa kuunnella useaan kertaan, jotta löydetään yhteyksiä tutkimuksessa käytettyyn teoriaan ja saadaan ilmiön kokonaisuus hahmotettua paremmin. Haastatteluaineistossa esiintyvien säännönmukaisuuksien tarkastelua suhteessa toisiinsa täytyy tehdä, jotta aineiston analyysistä ei tule liian pintapuolinen. Aineiston määrä ei ole yleensä tiedossa haastattelujen aloituksessa, mutta tässäkään asiassa aineiston määrä ei korvaa laatua. Haastatteluaineisto tulisi analysoida mahdollisimman pian haastattelujen jälkeen, koska silloin aineisto on vielä tuoretta ja hyvin haastattelijan mielessä. Analysoinnin pohjalta voidaan myös muokata tutkimuksessa seuraavaksi tulevien haastattelujen runkoa tai haastattelukysymyksiä, jos esille nousee niitä tukevia asioita.

Kyselyaineisto voi olla luonteeltaan laadullista tai määrällistä dataa. Kyselyistä saadaan usein määrällistä tietoa enemmän. Tilastolliset aineistokäsittelymenetelmät voidaan jakaa perustaviin menetelmiin ja monimuuttujamenetelmiin. Perustavat menetelmät ovat näistä kahdesta yleisempiä ja ne sisältävät aineistosta tehtävät keskiluvut, hajontaluvut, riippuvuusluvut ja korrelaation. Monimuuttujamenetelmillä voidaan käsitellä yhtä aikaa useita eri muuttujia. Niiden tarkoituksena on aineiston informaation tiedon tiivistäminen jonkin tietyn mallin avulla. Monimuuttujamenetelmät sisältävät erilaisia toimintoja, kuten useiden eri parametrien testauksia sekä hypoteesien asettamista ja tarkastelua. (Ojasalo ym. 2014, 134-135.)

3 Suunnittelutyö

Rambollin suunnittelutyöt toteutetaan pääsääntöisesti projektitoimintana. Projekti tarkoittaa päämäärään tähtäävää toimintaa, jossa sen laajuus, kustannukset ja aikataulu on mahdollisimman tarkasti projektin alussa määritelty. Aikatauluja kutsutaan projektin elinkaareksi. Projektitoiminnassa on kyse nykyisen tilanteen muutoksesta ja erityisesti parantamisesta. Projektien sisältämät suunnittelutehtävät eivät ole yleisesti ottaen toistettavissa vaan vaativat erityisosaamista, päätöksentekoa ja luovuutta. (Artto, Martinsuo & Kujala 2006, 26-27.)

Suunnitteluprojektissa tuotetaan asiakkaalle leanin termin ”arvo”. Tämä tarkoittaa asiakkaan tarpeiden tyydyttämistä tarkoin suunniteltavien ratkaisujen kautta. Asiakkaalle tuotettava arvo lisää projektia tuottavallekin yritykselle arvoa liikevaihdon

kautta. (Artto ym. 2006, 18-19.) Hyvin onnistuneen projektin kautta asiakas tilaa usein myös uusia suunnittelutöitä. Projekti alkaa suunnittelutyötä tilaavan julkisen tai yksityisen toimijan tarjouspyynnön jättämisestä. Tarjoukseen vastaamisen ja sen hyväksymisen jälkeen suunnittelu- ja konsulttitoimisto aloittaa suunnittelutyön toteuttamisen, joka tarkoittaa asiakkaan ongelman ratkaisemista.

Infrasuunnitteluprojektin ratkaisut esitellään asiakkaalle pääsääntöisesti paperisella 2D-kuvalla, mutta 3D-mallinnuksen käyttäminen esim. esittelymateriaalina on viime vuosina yleistynyt. 3D-mallien etuna on niiden havainnollisuus mm. korkeuserojen ja tilan käytön kanssa. Suunnitteluprosessi alkaa lähtötietojen keräämisellä, joihin kuuluvat mm. nykyisten, olemassa olevien rakenteiden sekä maanpinnan korkeuden selvittäminen. Lähtötietojen ja projektille asetetun päämäärän perusteella asiakkaan ongelmia aletaan ratkaista. Suunnittelutyö käynnistyy.

Suunnittelua tehdään pääsääntöisesti tietomallipohjaisesti erilaisina 3D-malleina, joista asiakkaalle tuotetaan tarvittavat 2D-suunnitelmat ja liitteet. Piirustusten lisäksi laaditaan suunnitelmia sanallisesti avaava työselitys sekä muita asiakkaan tarvitsemia asiakirjoja kuten hankkeen kustannusarvio. Suunnitteluprosessin ja sen eri vaiheiden ymmärtäminen suunnittelutyössä on tärkeää arvoa tuottamattomien työvaiheiden ja ylilaadun välttämiseksi. Lähtötiedoissa olevan tai suunnittelutyössä syntyvien virheiden löytäminen jo alkuvaiheessa ehkäisee uudelleen tekemisen ja odottamisen tarvetta. Samalla ehkäistään ylimääräisiä kustannuksia.

Suunnittelu on monivaiheinen prosessi ja jokainen suunnitteluprojekti on omanlaisensa kokonaisuus. Suunnittelutaitoa on lähes mahdotonta monistaa ja suunnitteluprosessin sisältämää tietoa opettaa. Suunnittelijan taidot kehittyvätkin parhaiten asioiden omaksumisella sekä jatkuvalla harjoittelulla. Hyvä suunnittelija tarvitsee mm. ongelmanratkaisutaitoja, teknistä näkemystä, kustannustietoisuutta, eri ohjelmiston hallintataitoja sekä lainsäädännön tuntemusta.

4 Lean-ajattelu

Lean on toimintastrategia, joka keskittyy virtaustehokkuuteen. Sen juuret tulevat toisen maailmansodan jälkeisestä Japanista, autovalmistaja Toyota Motor Corporatio-

nin valmistuskonseptista. Sen tavoitteena oli yksinkertaistettuna tehdä enemmän vähemmällä. Työvaiheiden hallinnan ja vähentämisen kautta leanin avulla erilaisissa organisaatioissa yritetään jatkuvasti parantaa toimintaa lisäten prosessien virtaustehokkuutta ja olemassa olevan kapasiteetin tehokasta käyttöä. Virtaustehokkuuteen keskittymisellä tarkoitetaan, että yksittäiset toimijat yhdistetään kokonaisiksi järjestelmiksi, joka muodostaa pohjan resurssitehokkuuden parantamiselle. (Modig, Åhlström 2016, 124-125,127; Leanin historiaa n.d.)

Käsite *lean production* esiintyi ensimmäisen kerran vuonna 1988 John Krafcikin kirjoittamassa artikkelissa "lean-tuotantojärjestelmän riemuvoitto". Toyotan omaan tuotantojärjestelmään perustuva lean koostuu neljästä eri periaatteesta. Nämä periaatteet ovat tiimityö, viestintä, resurssien tehokas hyödyntäminen, hukkan poistaminen sekä jatkuva parantaminen. (Modig ym. 2016, 67,78-79.)

Koneohjausaineistojen laatimisen prosessiin liittyy useita kustannuksia ja aikaa kasvattavia tekijöitä. Näihin liittyen tässä opinnäytetyössä haluttiin ehkäistä ylilaaadun tekemistä ja hukkan syntymistä. Koneohjausaineistojen tuottamisen vuokaavio (liite 2) on laadittu miettien koneohjausaineistojen tuottamisen eri työvaiheiden ajankohdan optimointia, arvoa tuottamattomien työvaiheiden karsimista sekä työvaiheiden vakiointia silmällä pitäen.

4.1 Leanin peruspilarit

Modigin ym. (2016, 80) mukaan lean-ajatteluun yhdistetään viisi peruspilaria, jotka ovat

- 1) arvon määrittäminen,
- 2) arvovirran tunnistaminen,
- 3) virtauksen luominen,
- 4) imun luominen sekä
- 5) toiminnan jatkuva parantaminen.

Lean-organisaation täytyy määrittää työssä syntyvä arvo lopullisen asiakkaan näkökulmasta, tunnistaa virtauksen eri vaiheet ja poistaa ne asiat prosessista, jotka eivät tuota asiakkaalle arvoa. Lisäksi organisaation täytyy järjestää arvoa tuottavat vaiheet niin, että tuotteen virtaus tapahtuu mutkattomasti asiakasta kohti. Virtauksen ollessa valmis, asiakas itse vetää arvoa ylöspäin. Tämän jälkeen sama prosessi alkaa taas

alusta, kunnes vastaan tulee tilanne, jossa asiakkaalle tuotetaan täydellistä arvoa ilman ylimääräisiä hukkia.

Lean-johtamismallin ensimmäinen askel on aina arvon määrittäminen. Kyse on arvon eli ongelmanratkaisusta syntyvän hyödyn tuottamisesta asiakkaalle. Ensimmäisenä on tärkeää selvittää, että kuka on lopullinen asiakas ja mitä asiakas oikeasti työltä haluaa. Arvon määrittäminen on usein hankalaa, koska asiakkaan mielipiteet ja toiveet saattavat vaihdella koko suunnitteluprosessin aikana. (Torkkola 2015, 89.)

Arvovirta tarkoittaa kaikkia niitä toimenpiteitä, joita tarvitaan, jotta palvelu voidaan toimittaa onnistuneesti asiakkaalle. Asiakkaan odotukset tulee määritellä luotettavasti siten, että hänen tärkeimmät odotukset tulevat täytetyksi. Arvovirta käynnistyy jo asiakkaan yhteydenotosta. Tietoa jalostamalla eri työvaiheisiin, saadaan asiakkaan tarve tyydytettyä jollakin tietyllä ratkaisulla. (Torkkola 2015, 131; Tuominen 2010, 10.)

Tuomisen (2010, 10) mukaan virtaus on tuotteen, materiaalin tai tiedon kulkemista prosessin sisällä. Jos ja kun virtaus katkeaa, aiheutuu arvoa tuottamatonta aikaa ja toimintoja eli hukkaa. Imun avulla tuotetaan vain se työmäärä, joka kulloinkin vastaa markkinoilla olevaa kysyntää. Imu on kustannustehokasta, kun virtaus on jatkuvaa, toiminta joustavaa ja prosessiajat jäävät lyhyiksi. Virtaus ja imu vaativat toiminnalta vakautta, jotta toiminnan toistaminen on johdonmukaista ja ongelmat tunnistettavissa sekä poistettavissa. Ainoastaan vakaisissa olosuhteissa toiminnan jatkuva kehittäminen ja tulosten ennustaminen ovat mahdollisia.

Virtaustehokkaassa organisaatiossa keskitytään siihen, että mahdollisimman paljon eri tehtäviä saadaan valmistumaan ja asiakkaan kokema läpimenoaika minimoidaan. Työ ei odota tekijäänsä, vaan tekijä voi joutua odottamaan työtä. Tämä tarkoittaa sitä, että samalla henkilöstöllä saadaan enemmän aikaiseksi kuin resurssitehokkaassa organisaatiossa. Jonossa olevat työt kuitenkin luovat yleistä turvallisuuden tunnetta, joka saattaa olla ajoittain väärä lähestymistapa, sillä yritys saattaa jopa menettää asiakkaan työn jatkuvan odottamisen takia. (Torkkola 2015, 57-59.)

Lean-johtamismallissa työntekijöiden tavoitteena on parantaa työtä ja esimiesten tehtävänä on kehittää ihmisiä. Jatkuva parantaminen tarkoittaa, että kaikkia proses-

seja pyritään parantamaan joka ikinen päivä. Toiminta ei liity ainoastaan kustannuksiin ja tekemisen laatuun, vaan se sisältää kaikki asiakkaalle arvoa tuottavat asiat kuten joustavuuden, toimitusten nopeuden, terveys-, turvallisuus- ja ympäristöasiat. (Torkkola 2015, 113; Tuominen 2010, 11.)

4.2 Resurssi- ja virtaustehokkuus

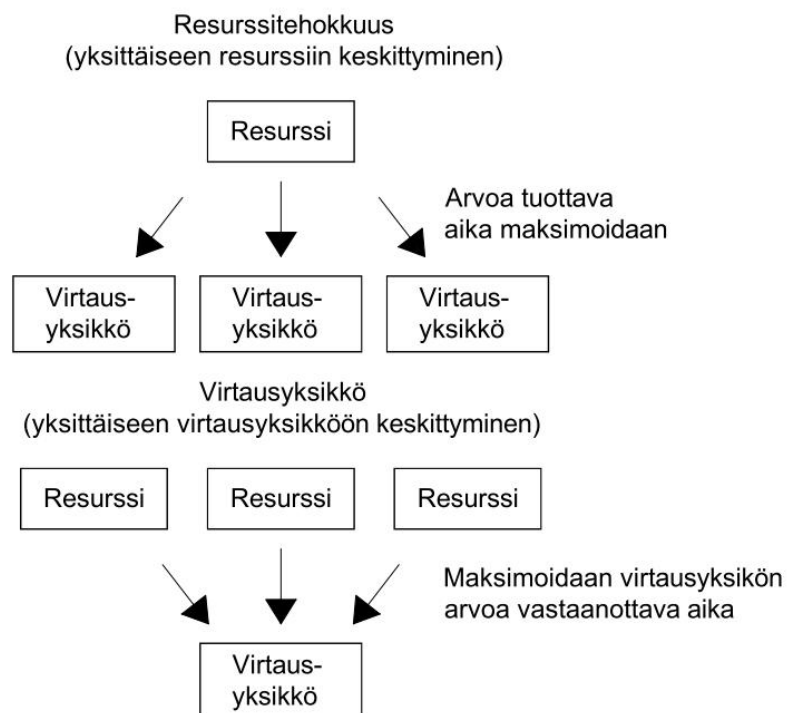
Teollisuuden kehitys perustuu pitkälti resurssien hyödyntämistehokkuuden parantamiseen eli kaikkien arvoa tuottavien resurssien tehokkaaseen käyttöön. Resurssitehokkaassa organisaatiossa tehtävät jaetaan pienempiin osiin ja niiden suorittaminen ohjataan eri työntekijöiden hoidettavaksi. Tehokkuus perustuu siihen, että yksilöt tai kokonaiset organisaatiot tekevät jatkuvasti samanlaisia, toistettavissa olevia tehtäviä. Syntyvästä tehokkuudesta tulee merkittävästi vaikutuksia tuotteiden yksikkökustannuksiin. Resurssitehokkuus mittaa jonkin resurssin, esim. henkilöstön tai koneen hyödyntämistä suhteessa tiettyyn ajanjaksoon. (Modig ym. 2016, 7-10.)

Modig ym. (2016, 48, 51, 55) väittää kirjassaan resurssitehokkuuden sisältävän paljon tehottomuutta aiheuttavia tekijöitä. Pitkät läpimenoajat aiheuttavat sen, että kun ensisijaista tarvetta ei saada täytettyä, muodostuu uusia, toissijaisia tarpeita. Myös useiden virtausyksiköiden käyttö aiheuttaa toissijaisia tarpeita. Näiden kahden tehottomuuden takia syntyy uudelleen aloittamisen tarve. Kerran aloitettuihin tehtäviin on tuskallista palata, koska siihen vaikuttavaa niin sanottu henkinen asetusaike. Kun työntekijä joutuu vaihtamaan useasti työtehtäviään, henkinen asetusaike kasvaa suhteessa käytettyyn, tehokkaaseen kokonaisaikaan.

Resurssitehokkuuteen liiallisesti keskittyminen vaikuttaa virtaustehokkuuteen kielteisesti. Virtaustehokkuuden laskiessa, toissijaiset tarpeet syntyvät ja niiden ratkaiseminen ei ole arvoa tuottavaa työtä vaan hukkaa. Tämä johtuu siitä, että ensisijaisten tarpeiden tyydyttäminen alussa olisi ehkäissyt toissijaisten tarpeiden muodostumisen. Virtaustehokkuuteen keskittymisen seurauksena organisaatiot voivat eliminoida näiden hukkaa aiheuttavien tarpeiden syntymisen. Kaikki päätökset, jotka pienentävät työn valmistumiseen vaikuttavien prosessien läpimenoaika, keskeneräisten virtausyksiköiden ja uudelleen aloitettavien tehtävien määrää, vähentävät myös arvoa tuottamatonta lisätyötä. (Modig ym. 2016, 64-65.)

Resurssitehokkaan organisaation tunnusmerkkeihin kuuluu, että käytössä olevia resursseja kuten suunnittelijoita käytetään aina maksimaalisesti. Tämä aiheuttaa työntekijöiden uupumisen ja ainaisen kiireen sekä odottamisen. Samaan aikaan asiakkaat kuitenkin kokevat palvelun hitaaksi. Tällaisessa organisaatiossa työtehtäviä on aina odottamassa, jotta resurssit eivät odota työtä vaan käyttöaste olisi mahdollisimman suuri. (Torkkola 2015, 57-58.)

Virtaustehokkuus tarkoittaa arvoa tuottavien toimintojen kokonaismäärää verrattuna läpimenoaikaan. Kyse on arvon tuottamisen maksimoimisesta ja arvoa tuottamattomien toimintojen eli hukkien karsimisesta. Virtausyksiköllä tarkoitetaan esim. materiaalia, työntekijää ja informaatiota, jota viedään eteenpäin prosessissa. Virtaustehokkuuden ymmärtämiseksi on tärkeää ymmärtää arvoa tuottavat toiminnot ja se aika, jolloin virtausyksikkö saa arvoa. Arvoa muodostuu silloin, kun virtausyksikölle tapahtuu jotakin ja se etenee prosessissa. Virtaustehokkaassa yrityksessä ei ole tarvetta aloittaa tehtäviä uudestaan. (Modig ym. 2016, 19, 23, 26, 66.) Resurssitehokkuuden ja virtaustehokkuuden eroja on kuvailtu kuviossa 3.



Kuvio 3. Resurssitehokkuus ja virtaustehokkuus. (Modig ym. 2016, 21, muokattu)

Virtaustehokkuutta estävät ns. "Littlen laki", "pullonkaulojen laki" ja vaihtelun vaikutus prosesseihin. Littlen lain mukaan prosessin läpimenoaika kasvaa sen mukaan, montako keskeneräistä virtausyksikköä prosessissa on ja kuinka pitkä käytetty jaksoaika on. Keskeneräinen läpimenoaika on siis suoraan suhteessa keskeneräisen työn määrään. (Modig ym. 2016, 34-36; Torkkola 2015, 59.)

Kaikissa olemassa olevissa prosesseissa on vähintään yksi heikko lenkki eli pullonkaula, joka määrittää koko prosessin valmistumisajan. Prosessin sisältämä vaihtelu kasvattaa läpimenoaikaa, koska koko tuotannon yksittäiset osat ovat aina toisistaan jollakin tavalla riippuvaisia. Kun prosessissa oleva pullonkaula saadaan korjattua, syntyy prosessin johonkin toiseen osaan vastaava pullonkaula. Prosessi onkin siksi jatkuvaa parantamista. Virtaustehokkuutta voidaan parantaa työskentelemällä nopeammin, lisäämällä resursseja, poistamalla vaihtelua prosessista ja jonojen syntymisen karsimisella. (Modig ym. 2016, 34-36, 37-38, 40-41, 45; Torkkola 2015, 59, 99.)

Torkkolan (2015, 23-24) mukaan työn vaihtelu eli epätasaisuus on virtauksen pahin vihollinen, koska se aiheuttaa ylikuormitusta ja hukkaa. Ylikuormitus tarkoittaa ihmisen, järjestelmän tai laitteen liiallista kuormittamista. Suunnittelutyössä ihmisen hyvinvoinnilla on keskeinen merkitys työn virheettömyyteen ja kehittämiseen. Prosessin läpimenoaika kasvaa vaihtelun määrän kasvaessa. Vaihtelu aiheutuu mm. työkuorman määrän ja eri henkilöiden osaamisen eroina. Suunnittelutyön vaihtelua voidaan mitata työn tekemiseen käytetyllä ajalla. Vaihtelun tyyppi voidaan jakaa kahtia täsmälleen saman työn keskiarvon heilumiseen ja tapahtumien keskinäisyyden erilaisuuteen.

4.3 Lisäarvoa tuottava työ ja hukka

Tämän opinnäytetyön tavoitteeseen pääsemiseksi on koneohjausaineistojen tuottamisesta poistettava turhia työvaiheita, tunnistaa prosessissa olevia pullonkauloja ja ehkäistä ylilaadun tekemistä. Tuomisen (2010, 7) mukaan lean-ajattelun ydin onkin jatkuva hukkan poistaminen prosessista. Useimmissa prosesseissa jopa 90 % on hukkaa ja ainoastaan 10 % on lisäarvoa tuottavaa työtä. Kaikki työt, jotka eivät tuota lisäarvoa, mutta tuottavat kustannuksia, ovat siis hukkaa. Ylilaatua syntyy tarpeettoman,

enemmän kuin tarpeeksi olevan tai ennen kuin tarpeen olevan työn seurauksena. Ylimääräistä työtä ovat kaikki tarpeettomat, asiakasta kiinnostamattomat työvaiheet, joista tämä ei ole valmis maksamaan. Näistä työvaiheista ei myöskään synny lisäarvoa suunnittelutyötä tekeväle yritykselle tai asiakkaalle.

Hukan tyypit jaetaan kolmeen osaan:

- mura eli epätasaisuus (vaihtelu)
- muda eli lisäarvoa tuottamaton työ
- muri eli ihmisten tai laitteiden ylikuormitus (Tuominen 2010, 12.)

Hukan tunnistamisessa on tärkeää jaotella välitön ja välillinen työ. Välillisen työn ehkäiseminen vähentää myös hukan syntymistä. Arvoa tuottava työ ei koskaan ole hukkaa. Hukan poistaminen tapahtuu aina muuttamalla nykyisiä toimintatapoja. (Tuominen 2010, 8.)

Hukka voidaan luokitella seitsemään eri alakategoriaan suunnittelutyön ja tämän opinnäytetyön näkökulmasta:

1. Ylituotanto; tehdään liikaa ja liian aikaisin. Vie resursseja ja vähentää asiakastyytyväisyyttä. Aiheuttaa muita hukan muotoja.
2. Keskenäinen työ; tehtävät, jotka on aloitettu, mutta ovat jääneet lopulta tekemättä.
3. Odottaminen; odotetaan lähtötietoja, päätöksiä, hyväksymisiä yms.
4. Ylimääräinen työntekijän tai materiaalin liike; tiedon syöttämistä käsin järjestelmistä toisiin. Tiedon lajittelua tai etsimistä.
5. Siirtäminen; tiedon tai työn siirtämistä henkilöltä toiselle.
6. Virheet ja uudelleen tekeminen; virheistä aiheutuvat ylimääräiset työt. Voi aiheutua esim. väärin ymmärryksistä, osaamisen puutteesta tai työn jatkuvista keskeytyksistä.
7. Epätarkoituksenmukainen käsittely; asiakkaan tarpeen tyydyttäminen ylimääräisillä työvaiheilla kuten raporteilla, tarkistuksilla ja lopputuloksen liiallisella hiomisella. (Torkkola 2015, 25-27.)

Laatuhukkaa suunnittelutyössä syntyy virheistä, tulosten puutteellisesta tarkastamisesta ja työn korjaamisesta. Syynä laatuhukan syntymiseen ovat keho ohjeistus,

huonot työkalut, puutteellinen ammattitaito ja työn puutteellinen tarkastaminen. Ehkäiseminen vaatii perussyyn selvittämisen, poistamisen ja virheen toistumisen välttämisen. (Tuominen 2010, 23.)

Prosessihukkaa suunnittelutyössä syntyy turhista työvaiheista. Syynä sen syntyneeseen ovat vanhat, tehottomat työtavat, prosessin suunnitelmattomuus ja toiminnan heikko kehittäminen. Prosessihukan poistaminen aloitetaan aina kyseenalaistamalla vanhat toimintatavat, analysoidaan toimintaa ja kaikkien työvaiheiden tarpeellisuutta. Prosessivaiheiden ja niihin liittyvien henkilöiden yhteistyötä tulisi lisätä. (Tuominen 2010, 24-25.)

Suunnittelutyön työvaihehukkaa syntyy sellaisista työsuorituksista, jotka ovat tarpeettomia työn lopputulokselle. Hukka johtuu usein perehdytyksen ja ohjeiden puutteesta, heikosta ammattitaidosta sekä työvaiheen tekemisestä huonolla tai vaihtelevalla menetelmällä. Työvaihehukkaa voidaan poistaa työntekijöiden osaamisen jatkuvalla kehittämisellä ja ajantasaisella ohjeistuksella. (Tuominen 2010, 26-27.) Odotushukka syntyy eri suunnitteluprosessien tai työvaiheiden epätasapainosta ja huonosta yhteistyöstä. Ehkäisemisessä on tärkeää tasapainottaa prosessia, suunnittelemalla toimintaa ja kehittämällä työntekijöiden ammattitaitoa. (Tuominen 2010, 31.)

Torkkolan (2015, 200-201) mukaan työssä syntyvät virheet lisäävät 10-30 kertaiseksi sen ajan, jonka kyseinen työ parhaimmassa tapauksessa vaatii. Asiantuntijatyössä tapahtuu useimmiten virhe puutteellisen tiedon, epäselvän tiedon tai virheellisen tiedon takia. Väärä suoritusjärjestys ja osaamisen puute aiheuttavat myös näitä virheitä. Ihmiset eivät aina edes tunnista oman työnsä virheellisyyttä ja joskus virheen määritelmä on epäselvä eri näkökulmasta johtuen.

Lean-ajattelumallin keinoja suunnitteluprosessin tehostamiseksi:

- poista suunnitteluprosessin turhia työvaiheita
- eliminoi tehtävien siirtoa henkilöltä toiselle
- yhdistä työvaiheita ja muuta tehtävien järjestystä
- paranna laatua ja visualisoi paremmin
- vakioi suunnitteluprosessin kokonaisuus
- lopeta arvoa tuottamattomien tehtävien tekeminen
- tasoita työkuormaa kysynnän mukaan (Torkkola 2015, 134.)

5 Osaamisen kehittäminen ja muutosjohtaminen

Tämä opinnäytetyö pitää sisällään Ramboll Finlandin työntekijöiden nykyisen ammatitaidon ja osaamisen kehittämistä. Nykyisten, turvallisiksi koettujen toimintamallien muuttaminen on aina haasteellista. Jokaisessa organisaatiossa on työntekijöitä, jotka suhtautuvat uusiin ohjeistuksiin ja tekemisen muuttamiseen epäilevästi. Opinnäytetyössä on otettu yhdeksi työkaluksi muutosjohtamisen eri näkökulmat, joiden avulla koneohjausaineiston laatimisen ohjeistusta sisällytetään helpommin työntekijöiden jokapäiväiseen työhön.

5.1 Osaamisen kehittäminen ja oppiminen

Tietojen, taitojen ja asenteiden yhdistelmää kutsutaan osaamiseksi. Osaaminen on tarkoituksenmukaista toimintaa, jossa työhön ja ammattiin liittyvät tiedot sekä taidot yhdistetään prosessin tekemistä ja lopputulosta hyödyttävällä tavalla. Hyödyllistä osaamista ovat esim. tietojen ja taitojen luova sekä monipuolinen käyttäminen, työn priorisointi ja organisointi, työssä joustavuus, muutoksiin sopeutuminen, oman toiminnan ja osaamisen arviointi, ryhmätyöskentelytaidot sekä uusien asioiden oppimisen taito. Tärkeintä osaamisessa on tietojen ja taitojen yhdistämisen soveltaminen käytäntöön. Oman osaamisen jatkuva kehittäminen on tärkeää organisaatioiden muuttuvassa maailmassa. Kehittyminen myös lisää työntekijän yleistä hyvinvointia. (Kupias, Peltola & Pirinen 2014, 50-51; Ponteva 2010, 19.)

Kupiaksen ym. (2014, 108-111) mukaan osaaminen vaatii paljon oppimistyötä ja se edellyttää aina jonkinlaista muutosta oppijassa. Tämä muutos tapahtuu taidoissa, tiedoissa ja asenteissa, eikä niitä voida siirtää ihmisten välillä. Jokaisen henkilön itseoppiminen rakentuu omassa mielessä ja toiminnan muutoksessa. Oppimisessa uutta tilannetta peilataan aikaisempiin kokemuksiin ja joskus vanha osaaminen voi olla haittaamassa uuden oppimista. Uuden oppiminen poistaa tai muokkaa entisiä toimintamalleja ja tapoja. Oppiminen edellyttää aina jonkinlaista motivaatiota uusien asioiden omaksumista kohtaan, muuten oppimista ei tapahdu. Asioiden oppimista edistävätkin parhaiten tavoitteellisuus, työntekijän oma motivaatio, kokonaisuusien hahmottaminen, aktiivisuus, vuorovaikutus ja työstä saatu palaute.

Oppimistyyliit voidaan jakaa neljään eri ryhmään. Nämä ryhmät ovat osallistuja, tarkkailija, päättelijä ja toteuttaja. Osallistuja kehittyy konkreettisten kokemusten kautta ja ajatusten vaihtamisella muiden henkilöiden kanssa. Muutostilanteessa osallistuja pohtii muutoksen vaikutusta hänen omaan tekemiseensä. Tarkkailijan oppiminen perustuu kokemusten pohtimiseen. Hänelle on tärkeää peilata muuttuvia asioita useasta eri näkökulmista. Muutostilanteessa tarkkailija tarvitsee aikaa sulatella uusia asioita. Päättelijän oppiminen tapahtuu asioiden yleistämisellä ja kokonaisuuksien hahmottamisella. Muutostilanteessa hän kaipaa johdonmukaista ja aukotonta perustelua muutoksen syille ja seurauksille. Toteuttaja taas haluaa nähdä kuinka asiat todellisuudessa toimivat ja hän oppii parhaiten kokeilemalla asioita käytännössä. Muutostilanteessa toteuttaja on ensimmäisenä osallistumassa toimintaan. (Kupias ym. 2014, 124-129.)

5.2 Muutosjohtaminen

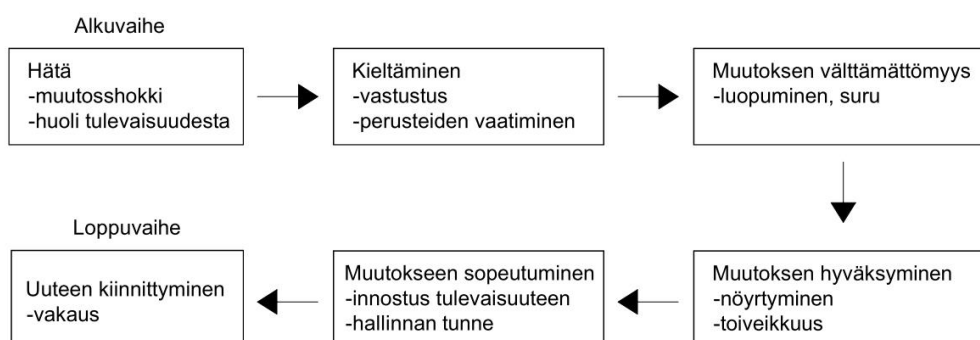
Kaikkien organisaatioiden täytyy tehdä tehokasta muutostyötä pärjätäkseen kilpailuilla markkinoilla. Muutokset voivat olla vähittäisiä muutoksia kohti pitkän ajan tavoitteita, täysin kumouksellisia tai kaikkea näiden väliltä. Muutokset koetaan työntekijöiden välillä yleensä hyvin eri tavoin. Yksilöiden suhtautumista muutokseen voidaan kuvata 20-60-20-kaavalla. Kaava tarkoittaa sitä, että 20 % työntekijöistä suhtautuu muutokseen kriittisesti, 60 % odottavin mielin ja 20 % kannattavasti. (Ponteva 2010, 9-10; Karlöf, Lövingsson 2004, 149.)

Muutos on jatkuvaa ja luonteva osa organisaation arkea, jos siihen pystytään suhtautumaan avoimesti ja myönteisesti. Muutoksen yhtenä tavoitteena on löytää kaikkien tahojen kannalta paras mahdollinen ratkaisu, jossa jokainen osapuoli voittaa. Muutos lähtee yleensä liikkeelle siitä, että organisaatiossa on tunnistettu uusi tarve tai asia nykyisessä toiminnassa ja siihen halutaan reagoida. Monesti tarpeen havaitsee esimies, mutta ei aina. Työntekijät voivat myös vaatia muutosta organisaation toimintatapoihin. Ei ole merkitystä onko muutos suuri vai pieni, se on aina haaste kaikille organisaatioille. (Ponteva 2010, 9-10; Torkkola 2015, 87.)

Ponteva (2010, 20) kirjoittaa kirjassaan, että muutos on jatkuvaa uudistumista ja sopeutumista. Organisaation kilpailuedun saavuttaminen ja vakiinnuttaminen edellyttävät, että organisaatio oppii ja kehittyy nopeammin kuin alan muut kilpailijat. Menestyvät yritykset hallitsevat muutosprosessinsa, ovat sisäistäneet jatkuvan oppimisen merkityksen liiketoiminnassa pärjäämisen kannalta ja arvostavat myös omaa henkilökuntaansa.

5.2.1 Muutoksen haasteet ja eri vaiheet

Muutostilanteet ovat haaste osaamisen kehittämiseksi, kun osaamista ja uusia toimintamalleja täytyy kehittää nopeasti. Yrityksen työntekijät eivät aina ole valmiina muutokseen ja havaittavissa on ns. muutosvastarintaa. Muutoksen vaiheet voidaan karkeasti jakaa kuuteen osaan (kuvio 4). Jos tuleva muutos ei ole haluttu eikä itse hallittavissa, ensimmäinen vaihe muutoksessa on hätäennus. Levottomuus organisaatiossa lisääntyy, eri ryhmien väliset erot lisääntyvät ja huhut alkavat organisaation sisällä kiertää. Tätä vaihetta seuraa kieltäminen, asialle vaaditaan perusteluja. Tähän vaiheeseen liittyy usein vihaa ja ärtymystä. Vanhaa toimintatapaa kaivataan ja uudistajia saatetaan jopa vihata. Kielteisen vaiheen jälkeen muutoksen välttämättömyys ymmärretään ja luopuminen vanhasta voidaan aloittaa. Muutoksen hyväksyminen käynnistyy, kun kaipuu vanhaan on saatu päätökseen ja katse tulevaisuuteen kirkastuu. Viimeinen vaihe muutoksessa on sopeutuminen, joka edellyttää oman työn hallinnan tunnetta. (Kupias ym. 2014, 186-188; Ponteva 2010, 23-24.)



Kuvio 4. Muutoksen vaiheet. (Kupias ym. 2014, 189, muokattu)

Ihmiset reagoivat muutokseen hyvin eri tavoin eikä kaikkia ihmisiä saada muutokseen mukaan yhtä innokkaasti. Vastustus johtuu yleensä siitä, että oman työn hallinta saattaa kadota. Muutoksen alkuvaiheessa on tärkeää saada vähintään puolet ihmisistä suhtautumaan siihen myönteisesti. Loppujoukko seuraa ajan kuluessa perässä tai tekee omia ratkaisujaan esim. työpaikan vaihtamisen suhteen. Muutokseen suhtautumiseen vaikuttaa erityisesti muutoksen mielekkyys työntekijän omasta näkökulmasta. Muutosintoa alaisissaan voi nostattaa esim. ymmärtämällä heidän omia motivaatioitaan, kehittämällä heidän osaamistaan ja suhtautumalla muutokseen itse myönteisesti sekä osoittamalla myös sen. (Kupias ym. 2014, 191-193; Ponteva 2010, 21.)

Ulkoapäin tuleva muutos on usein helpompi hyväksyä, jos se sisältää parannuksia omaan työnkuvaan. Vaikka muutostilanteista ei olisi aiempia kokemuksia, muutokseen suhtautumista voi yrittää opetella. Ensimmäinen muutoskokemus voi aiheuttaa jonkinasteisen shokkireaktion. Muutoksessa elämiseen oppii ainakin osittain, kun saa myönteisiä kokemuksia muutoksesta selviämisestä. (Kupias ym. 2014, 191-193.)

5.2.2 Muutoksessa onnistuminen

Muutoksessa onnistumisessa tärkeintä on saada koko organisaatio osallistumaan muutokseen ja ymmärtämään niiden tarve. Työntekijät motivoituvat tekemään työtä muutosten puolesta, kun he ymmärtävät syyn ja seurauksen. Muutoksessa onnistutaan varmemmin, kun organisaatiossa laaditaan selkeä muutossuunnitelma, joka avaa muutoksen tavoitteita, toimenpiteitä ja odotettuja tuloksia. Muutossuunnitelmaa tukemaan laaditaan viestintäsuunnitelma, jolla muutoksen läpinäkyvyys varmistetaan. (Ponteva 2010, 90-108; Karlöf ym. 2004, 151.)

Työntekijöiden osaamisen hyödyntäminen on tärkeää muutoksessa, joten työntekijät on otettava myös mukaan toimintamallien muutosten suunnitteluun. Onnistuminen vaatii lisäksi organisaation avainhenkilöiden myönteisyyttä, esimerkillisyyttä sekä tukea tehtävässä muutoksessa. Esimiesten on oltava itse innostuneita ja kannustavia, jotta työntekijät huomaavat positiivisen puolen muutoksessa. (Ponteva 2010, 90-108; Karlöf ym. 2004, 151.)

5.3 Esimiehen rooli osaamisen kehittäjänä ja muutoksessa

Kehittävä esimies keskittyy kolmeen eri asiaan. Hän johtaa joukkuetta, valmentaa yksilöitä ja ohjaa yhdessä oppimista. Muutoksessa hänellä on useita erilaisia tehtäviä, mutta tärkeintä on tarttua niihin haasteisiin, joihin pystyy vaikuttamaan. Lisäksi hän täytyy pystyä auttamaan ja tukemaan työntekijöitä vallitsevassa muutoksessa. Esimies ei usein itsekään aina ymmärrä muutoksen sisältöä ja sen vaikutusta omaan työhönsä. Tämän takia hän tarvitsee taakseen sitoutuneen organisaation johdon, joka haluaa muutosta. Hyvä muutosjohtaja ymmärtää myös muutosprosessia rajoittavat tekijät, kuten muutosvastarinnan ja nykyiset olosuhteet organisaatiossa. Hän osaa kannustaa ja tukea työntekijöitä monin tavoin, mutta työntekijän on myös itse innostuttava muutoksesta. (Kupias ym. 2014, 50; Ponteva 2010, 10-12, 68-69.)

Esimiehen täytyy voida tukea työntekijöitä tiedollisella, osallistuvalla, taloudellisella ja psyykkisemotionaalisella tavalla. Tiedollisella tuella tarkoitetaan esim. muutokseen valmentavaa koulutusta ja ajantasaista informaatiota. Näiden tarkoituksena on helpottaa ennakkointia ja ymmärrystä sekä tiedottaa muutokseen liittyvistä vaihtoehdoista. Osallistuvalla tuella tarkoitetaan mm. oman työn suunnittelua ja yhteistä ajatusten vaihtoa muiden työntekijöiden kanssa. Kyseisellä keinolla lisätään hallinnan tunnetta, ehkäistään työkriisiä ja annetaan työntekijöille mahdollisuus osallistua omaan työhönsä vaikuttavaan päätöksentekoon. (Ponteva 2010, 68-69.)

Pontevan (2010, 68-69) mukaan taloudellisella tuella tarkoitetaan muutokseen liittyvän ylimenovaiheen toimeentulon turvaamista. Tällaisia tukiratkaisuja ovat esim. varhaiseläkeratkaisut ja kannustavat työtodistukset. Psyykkisemotionaalista tukea ovat mm. erilaiset yksilö- ja ryhmäkeskustelut. Niiden avulla yritetään luoda turvallisuuden tunnetta ja ylläpitää työntekijöiden jaksamista.

Aineellinen ja aineeton palkitseminen ovat tärkeitä esimiestäitoja, sillä niiden hallitseminen on tärkeä johtamisen väline. Aineelliseen palkitsemiseen kuuluvat raha ja tavarat. Aineetonta palkitsemista on esim. mahdollisuus vaikuttaa asioihin. Palkitsemiseen kuuluu myös työn sisältö, arvostus, palaute ja mahdollisuus kehitykseen. Palkitsemisessa on erittäin tärkeää muistaa oikeudenmukaisuus ja sen vastaavuus organisaation ajatusten ja toiminnan kanssa. (Ponteva 2010, 72-75.)

Jos työntekijä näkee työnsä osana organisaation tulevaisuutta muutoksen jälkeenkin, muutos tapahtuu hyvin luontevasti. Esimiehet voivat omalla toiminnallaan tukea työntekijöitä tässä prosessissa. Myönteisyys muutokseen on hyvin tärkeää. Tärkeimpiä työntekijöitä organisaatioon sitovia asioita ovat merkityksellisyys, turvallisuuden ja käyttökelpoisuuden tunteet, hyvä johtaminen, työmotivaatio ja työn erilaiset ominaisuudet kuten haastavuus sekä vaihtelevuus. (Ponteva 2010, 18.)

Pontevan (2010, 24-25) mukaan muutoksen johtamisen vaiheet ovat valmistelu, suunnittelu, toteutus ja vakiinnuttaminen. Organisaatioissa tapahtuviin muutoksiin ja niiden johtamiseen liittyy aina muutosvastarintaa. Sen käsittely on erittäin tärkeä asia muutoksen onnistumisessa. Muutosvastarinta näkyy muutoksesta irtisanoutumisena, vanhojen toimintamallien muisteluna, pettymyksenä ja työn jatkuvuuden epävarmuutena. Hyvällä muutosviestinnällä muutosvastarintaa voidaan muuttaa tavoitellun muutoksen suuntaiseksi toiminnaksi.

6 Tietomallit infrarakentamisessa

2010-luvulla infra-alan suunnittelussa ja rakentamisessa ollaan siirrytty voimakkaasti eteenpäin tietomallipohjaisen työskentelyn saralla. Tietomalleihin liittyvä käsitteistö on laaja ja niiden käytön hankaluutena on eri osapuolten erilainen sisällön ymmärtäminen samasta tietomallista. Eroavaisuuksista syntyy hämmennystä ja riitatilanteita suunnittelutyötä tilaavan asiakkaan, suunnittelutyötä tekevän yrityksen ja kohdetta rakentavan urakoitsijan välillä. Tässä opinnäytetyössä eri tietomalleihin ja erityisesti koneohjausaineistoihin liittyvää käsitteistöä pyritään yhtenäistämään Ramboll Finland Oy:n työntekijöille, jotta työskentely organisaation sisällä yhtenäistyisi ja tehostuisi.

6.1 Tietomallit

Tietomalliksi kutsutaan nykyisen tai suunnitellun rakennelman 3D-esittämistä digitaalisessa muodossa. Tietomallin sisältämät pisteet, viivat ja pinnat sisältävät ominaisuustiedon. Tietomallinnuksessa hankkeen suunnitelmat ovat sähköisessä järjestelmässä. Tämä auttaa hankkeen eri sidosryhmien välistä yhteistoimintaa ja tiedonsiir-

toa. Mallin avulla on tarkoitus hallita rakennelman koko elinkaarta aina suunnittelusta toteutusvaiheeseen, ylläpitoon ja lopulta sen purkamiseen. Tietomallien käytön etuna on, että ne parantavat informaation siirtoa hankkeen sisällä ja vähentävät tiedonpuutteesta johtuvan hukan syntymistä. Tällä hetkellä tietomallinnus keskittyy suunnittelun ja toteutuksen eri vaiheisiin, kun taas ylläpidon hyödyntämisessä niiden käyttäminen on tällä hetkellä vielä vähäisempää. (Mikä on tietomalli? 2016)

Kaikki tietomallit sisältävät 3D-mallien osakokonaisuuksia. Mallit esitetään 3-ulotteisina ja ne sisältävät kohteen sijaintitietoja pituus- (X), leveys- (Y) ja korkeussuunnassa (Z). Tietomalleja voidaan hyödyntää esim. suunniteltavien putkien ja nykyisten rakenteiden törmäystarkasteluissa. (Hannuksela 2017, 35.) Tietomallit jaotellaan lähtötietoaineistoihin, eri työvaiheiden ja hankekokonaisuuksien sisältämiin suunnitelmamalleihin, koneohjausaineistoihin, toteutusmalleihin ja toteumamalleihin. Lisäksi on lukuisia muihin tarkoituksiin tehtäviä tietomalleja kuten valmiista hankkeesta tehtävä ylläpitomalli. (Hannuksela 2017, 35; Serén 2014, 7.)

Lähtötietoaineisto kuvastaa suunniteltavan kohteen nykytilaa ja koostuu eri tietolähteistä saaduista sekä mitatuista sähköisistä dokumenteista. Yksi esimerkki infrasuunnittelussa käytettävästä lähtötietoaineistosta on maanpinnan korkeusaseman kuvaava maastomalli. Suunnitelmamallit ovat tietosisältökokonaisuuksia, jotka sisältävät suunnittelijoiden tekemät päätökset ja ongelmaratkaisut. Toteutusmalli ja koneohjausaineisto palvelevat erityisesti suunnittelukohteen rakentamista ja sen työmaavaihetta. Toteumamalli sisältää rakentamisen jälkeisen mittausaineiston kohteen toteumasta. Se toimii jatkossa myös lähtötietoaineistona saman alueen seuraaville suunnitteluhankkeille. (Hannuksela 2017, 35; Serén 2014, 7.)

Tämän opinnäytetyön kannalta merkityksellisin tietomalli on nimeltään koneohjausaineisto. Koneohjausaineistot ovat työkoneiden koneohjausjärjestelmissä hyödynnettäviä aineistoja. (YIV 2015 Päivitys, YIV lausuntoversio 11/2018. 2018, 7.) Mallit muodostuvat ominaisuustiedon sisältävistä 3D-taiteviivoista, taitepisteistä ja niistä tuotetuista kolmioverkoista. Taiteviivoilla tarkoitetaan suorien muodostamaa yhtenäistä ketjua, jossa suorien alku- ja loppupiste sisältävät keskenään samat x-, y- ja z-koordinaatit. (Hannuksela 2017, 42.) Taiteviivoja käytetään esim. putki- ja kaapelilinjojen rakentamisessa, kun taas kolmioverkoista koostuvia pintamalleja hyödynnetään mm. katurakenteiden ylä- ja alapintojen tekemisessä. (Kelahaara 2018, 18.)

Koneohjausaineistojen avulla työkoneen kuljettaja voi seurata ja ohjata työskentelyään ohjaamoon sijoitetulta näyttöpäätteeltä, jossa suunnittelijan tekemät ratkaisut sisältävä koneohjausaineisto näkyy reaaliaikaisesti koneen liikkeiden mukaan. Koneohjausaineistojen yleistyttyä työmaalla tällä vuosikymmenellä, siellä ollaan ainakin osittain luovuttu perinteisten 2D-paperisuunnitelmien käytöstä.

6.2 Yleiset inframallivaatimukset-ohjeistus

Infrahankkeiden toteutumista ohjaavan Yleiset inframallivaatimukset-ohjeistuksen (YIV-ohjeistus) julkaisemisesta vastaa Rakennustietosäätiön erityispäätoimikunnan BuildingSMART Finland ja sen infratoimialaryhmä. Ohjeen tekemiseen ovat osallistuneet useat tilaajaorganisaatiot, urakoitsijat sekä suunnittelu- ja konsultointiyritykset, Ramboll Finland Oy mukaan lukien. Suurimpien infratilaajien tavoitteena on siirtyä tietomallintamisen käyttöön ja se on luonut tarpeen tietomallinnusta yhtenäistävälle YIV-ohjeistukselle. YIV-ohjetta on tarkoitus sisällyttää infrahankintojen yleisiin tekniisiin asiakirjoihin sekä käyttää inframallintamisen työkaluna ja perusohjeina. (Niskanen 2015, 3.)

6.2.1 Yleiset inframallivaatimukset 2019

Tämän opinnäytetyön sisältämässä koneohjausaineistojen tuottamisen vuokaaviossa on otettu huomioon päivitystyön alla olevan YIV-ohjeistuksen vaatimukset. YIV-ohjeistuksen päivittäminen oli käynnissä tämän työn tekemisen aikana ja sen julkaiseminen on tarkoitus tehdä kevään 2019 aikana. Suurimmat päivitykset koskevat tekstin jäsentelyä, luettavuutta ja sisällön yhtenäistämistä. Lisäksi rakenneosakohtaisiin mallinnusvaatimukseen on sisällytetty mm. aikaisemmat suunnitteluvaiheet, taulukkomuotoiset vaatimukset sekä erillinen koontitaulukko. (Tapper 2019)

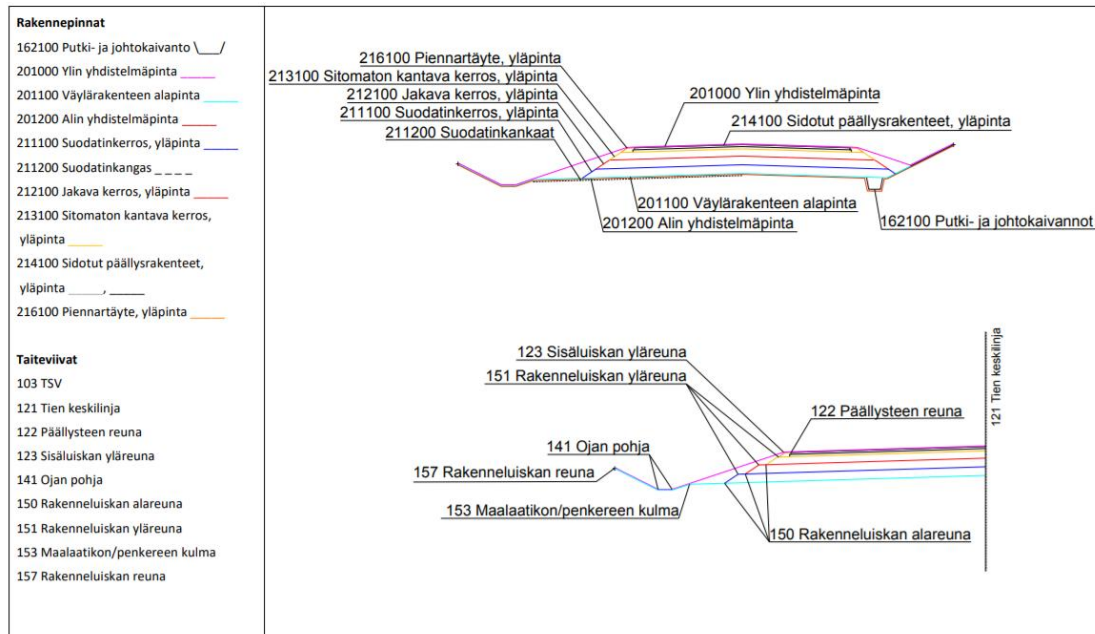
Päivityksen myötä ohjeistuksen on tarkoitus ottaa paremmin huomioon eri tekniikkalajien tarpeet, parantaa tiedonhallintaa, asettaa vaatimukset eri hankevaiheisiin ja tehdä eroa mallipohjaisen suunnittelun sekä mallimuotoisen luovutusaineiston välille. Päivitys koskee myös tämänkin opinnäytetyön kannalta tärkeää tietomalleihin liittyvää käsitteistöä. Uuden ohjeistuksen rakennetta on yksinkertaistettu ja se koostuu seuraavista osioista:

1. Yleinen
 - a. Nykyiset osat 1 ja 2
2. Lähtötiedot
 - a. Nykyinen osa 3
3. Suunnittelu
 - a. Nykyiset osat 4, 5.1, 6, 7 sekä osittain 8, 9, 10 ja 12
4. Rakentaminen
 - a. Nykyiset osat 5.2, 5.3 sekä osittain 8, 9, 10 ja 12
5. Kunnossapito (päivitystyötä ei vielä tehty, mutta sisältyy lopulliseen ohjeistukseen)
 - a. Nykyinen osa 11 (Tapper 2019)

6.2.2 InfraBIM-nimikkeistö

Rakennusalalla esiintyvä lyhenne BIM eli Building Information Model tarkoittaa rakennuksesta luotua digitaalista tietomallia, joka vastaa mahdollisimman hyvin todellisuutta ja rakennettavaa tai rakennettua rakennusta. BIM helpottaa informaation jakoa eri hankeosapuolten kesken ja sujuvoittaa tiedonsiirtoa. (Mitä on BIM? n.d.) Infra-alalla käytetään vastaavasta tietomallista nimitystä inframalli eli InfraBIM, joka koostuu englannin kielen sanoista Infra Built Environment Information Model. Se sisältää rakennetun ympäristön tietomallin ja siihen liittyvien rakenteiden ja ympäristön ominaisuustiedot. (InfraBIM-nimikkeistö 2018; Serén 2014, 20.)

InfraBIM-nimikkeistö on julkaisu, jossa on esitetty infrarakenteiden ja -mallien elinkaaren numerointi- ja nimeämiskäytännöt. Sen tavoitteena on yhtenäistää näitä käytäntöjä koko infrarakenteen ja -mallin elinkaaren ajan. Nimikkeistö perustuu Rakennustieto Oy:n Infra-rakennusosanimikkeistöön ja osittain myös laajentaa sen sisältöä. Koneohjausaineiston yhtenä vaatimuksena on pintojen, hajapisteiden ja taiteviivojen oikeanlainen nimeäminen kuvion 5 esimerkin mukaisesti. (InfraBIM-nimikkeistö 2018; Kelahaara 2018, 20.)



Kuvio 5. Rakennepintojen ja taiteviivojen nimeäminen. (InfraBIM-nimikkeistö 2018)

6.3 Ohjelmistot

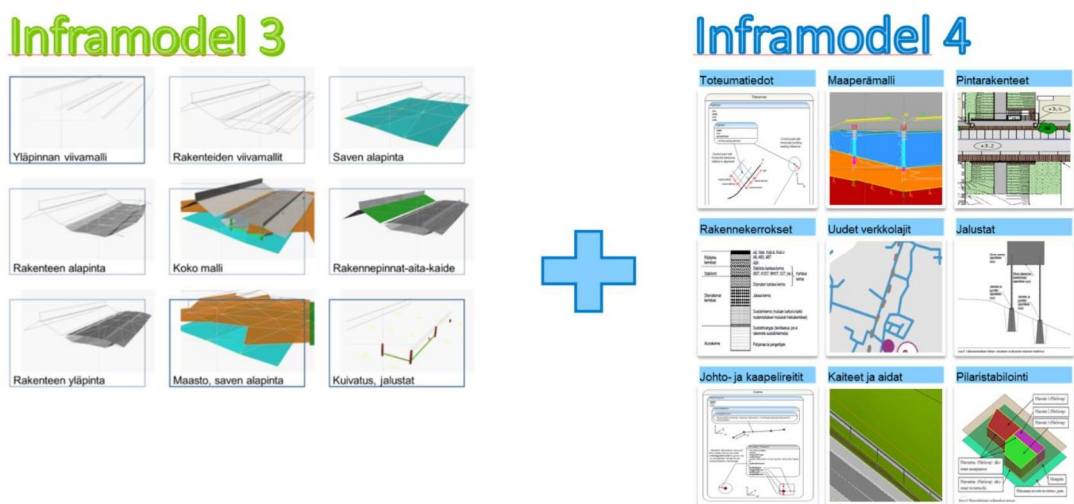
Ramboll Finland Oy:ssä koneohjausaineistojen tuottamiseen käytetään tehtyjen haastattelujen perusteella pääsääntöisesti kolmea eri suunnitteluohjelmaa: Trimble Novapointia, Autodesk Inc:in AutoCAD:in eri versioita ja 3D-Winiä. Trimble Inc on perustettu Yhdysvalloissa ja sen päätuotteita ovat maanmittauskoneet sekä erilaiset GPS-järjestelmät. (About Trimble n.d.) Trimble Novapoint on tietomallipohjainen suunnittelujärjestelmä, joka sopii infrasuunnittelun tarpeisiin. Ohjelma tarjoaa työkalut esim. katujen, rautateiden, tunnelien, siltojen ja vesihuollon suunnitteluun. (Tuote-esite n.d., 5.) Ohjelma toimii saumattomasti yleisesti käytössä olevan AutoCAD-suunnitteluohjelmiston kanssa. 3D-Win on suomalaisen 3D-system Oy:n kehittämä ohjelmisto. Sitä käytetään pääsääntöisesti maastomittausdatan tuottamiseen ja sen käsittelyyn. (3D-win n.d.) 3D-Winin etuna on suuren mittausaineiston määrän käsittely sekä tiedostonsiirtoon liittyvien muunnosten ja käsittelyjen laajuus. 3D-winiä käytetään esim. rakennussuunnitelmamallien siivoamiseen ja tiedonsiirtoformaattien muuntamiseen eri valmistajien koneohjausjärjestelmien tarpeita varten.

6.4 Tiedonsiirtoformaatit

Tiedonsiirtoformaatit ovat tietokonesovelluksilla tulkittavia muotoja tiedon tallentamiseksi, siirtämiseksi ja arkistoitavaksi. (Serén 2014, 40.) Erilaisia tiedonsiirtoformaatteja on lukemattomia, mutta seuraavissa kappaleissa on esitelty tämän opinnäytetyön ja koneohjausaineistojen kannalta tärkeimmät.

Extensible Markup Language-standardiin (XML) perustuva LandXML-standardi on maanrakennus- ja maanmittausalan tarpeisiin luotu avoin tiedonsiirtoformaatti. Sitä käytetään suunnitelmätiedon siirtoon sekä tallentamiseen eri ohjelmien ja alustojen välillä. Lisäksi sitä käytetään esitystavan vakioituna standardina. Kyseisen formaatin tavoitteena on erilaisten tiedonsiirtoformaattien määrän vähentäminen avoimuuden avulla. Tavoitteena on myös yhteisen tietomallin kehittäminen ja tietosisällön muuttumattomuuden varmistus ohjelmistojen välillä. (Kivinen 2016, 15-16.)

Vuonna 2018 käyttöön otettu Inframodel 4 on kansallisen inframallin (IM), Inframodel 3:n jatkokehitetty XML-pohjainen tietomäärittely, joka perustuu kansainväliseen LandXML-formaattiin. Inframodel 3 päivytyttyä Inframodel 4:seen (kuvio 6), uusina asioina tiedonsiirtoformaattiin lisättiin toteumatiedot, maaperämallin maalajikerrosominaisuudet, pintarakenteet ja niiden materiaaliominaisuudet, rakennekerrosten materiaaliominaisuudet, uusina verkkolajeina kaukolämpö ja kaukokylmä, kaasu ja jäte, jalustojen ominaisuudet, johto- ja kaapelireittien tilavaraukset, kaiteiden ja aitojen ominaisuudet sekä pilaristabilointi. (Serén 2014, 22.)



Kuvio 6. Inframodel 4 uudistukset. (Inframodel4 käyttöön 1.2.2018 2017)

Inframodel 4 on suomalaisten kehittämä avoin formaatti perustuen LandXML-standardiin, jota voidaan hyödyntää eri suunnitteluohjelmissa, koneohjaus- ja tarkastussovelluksissa. (Inframodel4 käyttöön 1.2.2018 2017) Inframodel eroaa LandXML:stä siten, että siihen on lisätty useita rakennelaajennuksia, jotka mahdollistavat sellaisen tiedon siirtämisen, joka on mahdotonta LandXML-standardilla. Esim. vesihuoltoverkoston kaivojen ominaisuustietoja ei voida siirtää pelkästään LandXML:n avulla, mutta Inframodel-formaatilla voidaan. (Kivinen 2016, 18.)

IFC-formaatti (Industry Foundation Classes ISO 16739) on kansainvälinen ja avoin tiedonsiirtoformaatti, joka soveltuu erityisesti rakentamisen ja kiinteistönpidon tuotetietojen sekä eri ohjelmistojen väliseen tiedonsiirtoon ja yhteiskäyttöön. Formaatti toimii eri ohjelmistojen välisen tiedonsiirron yhteensopivuuden perustana. (Serén 2014, 20; IFC Introduction n.d.)

DWG-formaatti (Drawing) on Autodesk Inc:in vuonna 1982 kehittämä tiedostomuoto. Sitä käytetään CAD-piirustuksiin erikoistuneissa AutoCAD-ohjelmistoissa. DWG-tiedostomuoto kuuluu käytetyimpien suunnittelutietomuotojen joukkoon. (Mikä on DWG? n.d.)

7 Koneohjausjärjestelmät

7.1 Koneohjauksen toimintaperiaatteet

Maanrakennuksien tarkoituksiin suunniteltuja automaatiosovelluksia kutsutaan koneohjaukseksi. Rakennussuunnitelmamallista jalostetun koneohjausaineiston ja työkoneneen tarkan sijainnin perusteella koneohjausjärjestelmä auttaa opastamaan työkoneneen kuljettajaa työssään. Työkoneisiin asennetaan erilliset paikannuslaitteet, tietokoneet ja anturit. Esim. kaivinkoneen puomin liikkuvat osat varustetaan niiden asentoa mittaavilla elektronisilla antureilla. Elektronisen mittaustiedon avulla koneen osien geometriasta määritetään kauhan sijainti, jonkin toisen koneessa sijaitsevan mittauspisteen suhteen. Koneohjauksen toteuttamiseen tarvitaan myös kaivinkoneen pyörimistä ja kaltevuuksia mittaavia antureita. (Jaakkola 2010, 44-45; Nieminen 2011, 7.)

Kun suunnittelutiedon sisältämä koneohjausaineisto syötetään työkoneen koneohjausjärjestelmään, kuljettaja näkee esim. kauhan asennon sekä korkeuden työkoneen ohjaamoon asennetulta näytöltä. Työkoneen asento ja sijainti kulkevat mallin päällä koneen realistisia liikkeitä seuraten. (Jaakkola 2010, 44-45.) Koneohjausjärjestelmä voi sisältää yksinkertaisimmillaan ainoastaan laserin ja koneen kauhaan tai terään asennettavan konevastaanottimen. Osoittimet näyttävät työkoneen kuljettajalle tarvittavan suunnan kauhan tai terän liikuttamiseksi. (Mitä koneohjaus on? n.d.)

Koneohjausjärjestelmien sovellukset voivat olla opastavia tai automaattisia. Opastavat sovellukset soveltuvat hyvin esim. kaivinkoneen käyttöön, jolloin kuljettaja muokkaa koneen liikkeitä koneohjausjärjestelmän tuottaman informaation avulla. Teknisesti pidemmälle viedyt koneohjausjärjestelmät ja sovellukset ohjaavat työkoneen hydraulikkaa automaattisesti. Tällaiset järjestelmät sopivat hyvin esim. tiehöylissä käytettynä. Menetelmän avulla kuljettaja huolehtii ainoastaan työkoneen oikeista ajolinjoista ja koneohjausjärjestelmän sovellus muokkaa automaattisesti terän korkeutta ja kulmaa. (Nieminen 2011, 7-8; Jaakkola 2010, 44-45.)

Koneohjausjärjestelmien ja niissä hyödynnettävien mallien etuna on reaaliaikaisuus. Mikäli alkuperäisiin suunnitelmiin tehdään muutoksia, päivitetty tieto saadaan ladattua palvelimen kautta suoraan työkoneisiin ilman useista välikäsistä aiheutuvia informaatiokatkoja. Koneohjausjärjestelmien käyttö infratyömailla parantaa myös työturvallisuutta, koska perinteisiä mittaustapoja ei tarvitse tehdä työkoneiden välittömässä läheisyydessä tai syvissä kaivannoissa.

7.1.1 Satelliittipaikannus

Koneohjausjärjestelmissä hyödynnetään satelliittipaikannusta. Satelliittipaikannus perustuu etäisyyksien ja etäisyyserojen mittaamiseen. Menetelmässä käytetään hyväksi useiden avaruudessa kiertävien satelliittien lähettämiä signaaleja. Etäisyyksien mittauksessa hyödynnetään satelliitin lähettämän signaalin paikannuskoodeja tai kantoaaltoja. Paikannus vaatii etäisyyksien mittauksen vähintään neljään eri satelliittiin, mutta paikannuksen tarkkuus nousee useamman satelliitin havainnoinnilla. Paikannus toimii kaikkina vuorokauden aikoina sääolosuhteista riippumatta ja mahdollistaa tällöin jatkuvan paikannuksen. (Laurila 2012, 282, 291-292.)

Maapalloa kiertää useiden eri valtioiden satelliitteja. 1970-luvulla kehitystyönä aloitettu ja vuonna 1994 valmistunut, Yhdysvalloissa kehitetty Global Positioning System, tunnetummin sanottuna GPS-paikannus on yleisin käytössä oleva satelliittipaikannusjärjestelmä. Venäläinen Glonass-järjestelmä on ollut myös käytössä 1990-luvulta lähtien. Arviolta vuonna 2020 on tarkoitettu otettavaksi käyttöön eurooppalainen Galileo-paikannusjärjestelmä sekä kiinalainen Compass-paikannusjärjestelmä. Lisäksi India ja Japani kehittänevät omia paikannusjärjestelmiään. Yhdessä eri maiden paikannusjärjestelmien kokonaisuudesta käytetään nimitystä GNSS-järjestelmä (Global Navigation Satellite System). (Laurila 2012, 280-282, 289.)

7.1.2 Mittaustavat

Satelliittipaikannuksessa käytetään hyödyksi kolmea perusmittaustapaa. Absoluuttinen paikannus on yleisin mittaustapa ja on käytössä mm. auton navigaattoreissa. Sen tarkkuus on noin 10 metriä. Differentiaalisessa paikannuksessa mittaustarkkuutta parannetaan tiedossa olevalla pisteellä sijaitsevaa tukiasemaa. Tukiaseman tarkoitus on korjata mittauksen virheitä, jolloin paikannuksen tarkkuus on 0,5-5,0 metrin välillä. Tarkin mittaustarkkuus saadaan vaihehavaintoihin perustuvalla suhteellisella mittauksella. Siinä paikantavan vastaanottimen sijainti mitataan vertailuvastaanottimen eli asetetun tukiaseman suhteen. Menetelmän avulla paikannustarkkuus on noin muutamia millimetrejä ja sitä voidaan hyödyntää esim. tämänkin työn osalta keskeisissä koneohjausjärjestelmissä. (Kelahaara 2018, 11-12.)

Laurilan (2012, 319) mukaan Real Time Kinematic (RTK) eli reaaliaikainen kinemaattinen mittaus on mittaus- ja kartoitustekniikassa käytettävä menetelmä. Kyseisellä mittaustavalla päästään noin 1 senttimetrin tarkkuuteen. Tässä koneohjauksessakin käytettävässä menetelmässä tarvitaan tunnetulla pisteellä sijaitsevaa tukiasemaa. Tukiasemalla sijaitseva vastaanotin lähettää mitaamansa vaihehavainnot esim. kairinkoneessa sijaitsevalle paikantavalle vastaanottimelle.

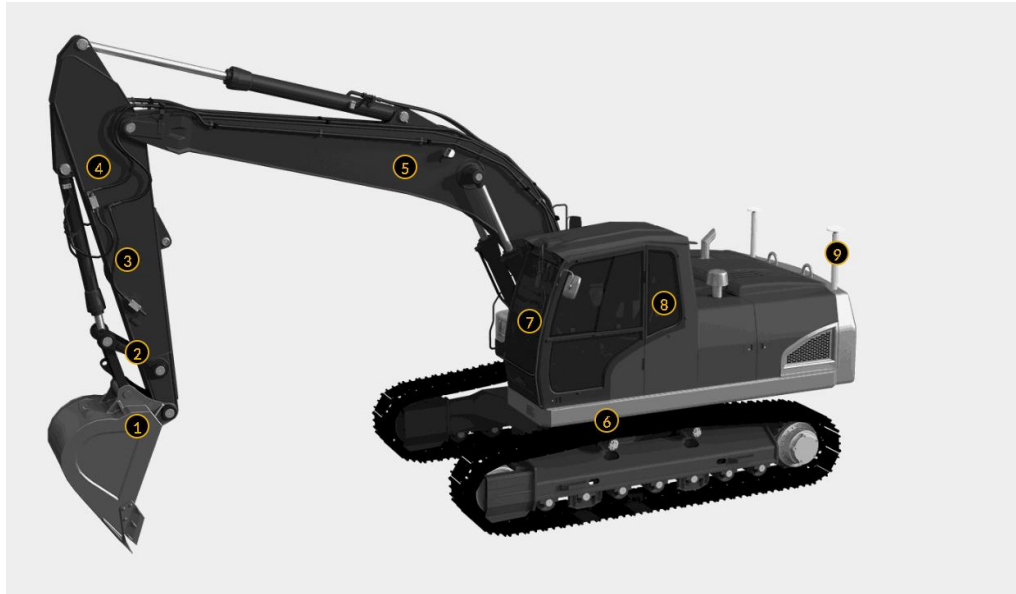
Tukiaseman ja paikantavan vastaanottimen välillä täytyy olla jokin tiedonsiirtoyhteys. Se voidaan luoda radiomodeemilla, internetin välityksellä tai matkapuhelinverkolla. Mittauksen suorittamiseen tarvitaan vähintään viisi satelliittia, mutta luotettavuutta saadaan korotettua tätä suuremmilla satelliittimäärillä. Kaupunkialueiden ikkunahei-

jastukset ja korkeat rakennukset aiheuttavat suuria ongelmia satelliittien yhtäaikaiseen paikantamiseen. Kaupalliset tarjoajat kuten Leica ja Geotrim Oy tarjoavat tukiasemaverkostosta koottuja valmiita järjestelmiä, jolloin puhutaan verkko-RTK-mittauksesta. Tällöin työmaalla toimivan urakoitsijan ei tarvitse investoida omaan tukiasemaan. (Kelahaara 2018, 12; Laurila 2012, 321-322.)

7.1.3 3D-koneohjausjärjestelmä

Infratyömailla voi olla käytössä pystysuuntaa (Y-koordinaattia) mittaavia 1D-koneohjausjärjestelmiä, pystysuuntaa (Y-koordinaattia) ja vaakasuuntaa (X-koordinaattia) mittaavia 2D-koneohjausjärjestelmiä tai tässä opinnäytetyössäkin käsiteltäviä 3D-koneohjausjärjestelmiä. Viimeksi mainitussa järjestelmässä hyödynnetään X-, Y- ja Z (korkeus)-koordinaatteja. (Nieminen 2011, 9-10.) Työkoneeseen asennettava koneohjausjärjestelmä muodostuu työkoneen paikannusjärjestelmästä, liike- ja kallistusantureista sekä työkoneen ohjaamoon asennettavasta tietokoneesta ja sen sisältämistä ohjelmistoista. Paikannusjärjestelmiä ja antureita hyödyntäen koneohjausjärjestelmä paikantaa työkoneen terän tai kauhan X-, Y- ja Z-koordinaatit reaaliaikaisesti. Kuviossa 7 on esitetty kaivinkoneen koneohjausjärjestelmän osat:

1. Kauha-anturi
2. Kauhan sivukallistuksen anturi
3. Laservastaanotin
4. Kaivunvarren anturi
5. Pääpuomin anturi
6. Runkoanturi
7. Näyttö-/tietokoneyksikkö
8. GNSS-vastaanottimet
9. GNSS-antennit (Kivinen 2016, 34.)



Kuvio 7. Kaivinkoneen koneohjausjärjestelmän osat. (Yleisesite koneohjausjärjestelmät 2017 n.d.)

Kuviossa 8 on esimerkki yhdestä Novatronin koneohjausjärjestelmän päätelaitteesta ja käyttöliittymästä, jotka sijaitsevat työkoneen ohjaamossa. Ylimmässä kuvassa esitetään reaaliaikaisesti kaivinkoneen sijainti suunnitelma-aineistossa. Alemmat näytöt esittävät kauhan asentoa poikki- ja pituussuunnassa. Näytön alareunassa näkyvä dZ-lukema kertoo esim. kauhan huulilevyn keskikohdan ja suunnitelmamallin välisen korkoeron, Z-lukema osoittaa korkeuden merenpinnasta ja oikeassa laidassa näkyvä lukema esittää käytössä olevien satelliittien määrän. (Kelahaara 2018, 14.)



Kuvio 8. Koneohjausjärjestelmän ohjaamoon sijoitettava päätelaite. (Xsite Pro 3D n.d.)

7.2 Laitetoimittajat ja ohjelmistot

Työkoneiden koneohjausjärjestelmät vaativat koneohjausaineistojen oikeanlaisen tiedostomuodon, että ne pystyvät lukemaan niitä. Koneohjausjärjestelmien tekniikka on eri valmistajilla hyvin samankaltainen, mutta ohjelmistot poikkeavat suuresti toisistaan. Eri valmistajat käyttävät myös erilaisia tiedostoformaatteja hyödyntäviä ohjelmistoja järjestelmissään. Useimmilla valmistajilla on oma muunnosohjelmistonsa, jolla koneohjausaineistoja voidaan muuttaa koneohjausjärjestelmien ymmärtämään muotoon. (Kivinen 2016, 39.)

Eri valmistajien koneohjausjärjestelmien käyttäminen samalla työmaalla aiheuttaa koneohjausaineistojen tuottamiseen omat haasteensa. Ongelman ratkaisuksi on jo olemassa Inframodel-formaatti, mutta sitä ei tällä hetkellä suoraan hyödynnä kuin yksi laitevalmistaja. Seuraavissa kappaleissa on esitelty Suomessa yleisesti käytössä olevien koneohjausjärjestelmien valmistajia. Niiden tarkemmat eroavaisuudet on lisätty liitteen 2 tarkastustaulukossa.

Trimble Inc on Yhdysvalloissa 1978 perustettu mittalaittevalmistaja, joka tunnetaan parhaiten GPS-teknologiaa hyödyntävistä 2D-mittalaitteista ja 3D-sovelluksista. (About Trimble n.d.) Yrityksen koneohjausjärjestelmät sopivat lähes kaikkiin työkone-tyyppeihin. Trimblen tuotteita maahantuo ja jälleenmyy Suomessa Geotrim Oy. Geotrim Oy tuottaa mm. maan- ja rakennusmittaukseen, GNSS-paikannukseen ja paikkatietoon erikoistuvia kokonaisratkaisuja. (Geotrim n.d.)

Geotrimin perustama VRS-tukiasemaverkko, jonka kaupallinen nimi Trimnet VRS lisää tarkkuutta RTK-GPS-mittauksiin. Sen ansiosta urakoitsijan erillistä tukiasemaa ei työmaalla tarvita vaan Trimnet luo käyttöön virtuaalisen tukiaseman. Palvelu koostuu yli sadasta GNSS-tukiasemasta ympäri Suomen ja on yhteensopiva myös muiden kuin Trimblen omien koneohjausjärjestelmien kanssa. (Trimnet n.d.; Nieminen 2011, 25.)

Trimblen koneohjausjärjestelmät käyttävät hyödykseen Trimblen omaa tiedostomuotoaan, joten suunnittelijoiden tuottamat aineistot kuten Inframodel- ja LandXML-aineistot vaativat erillisen muunnosohjelman. Muunnokseen voidaan käyttää eri valmistajien ohjelmistoja, kuten Trimblen omaa Business Center TBC:tä. (Kivinen 2016, 39.)

Novatron Oy on suomalainen koneohjausjärjestelmien suunnitteluun, valmistamiseen ja toimittamiseen erikoistunut yritys. Yrityksen päätuotteet liittyvät kaivinkoneiden mittaus- ja paikannusjärjestelmiin sekä koneohjausjärjestelmien ohjelmisto-, huolto- ja tukipalvelut. Novatron Oy tarjoaa myös laajan koulutuspalvelun liittyen koneohjausjärjestelmiin ja niihin liittyviin tietomallinnuksiin. (Novatron Oy 2018)

Novatron Oy:n koneohjausjärjestelmissä hyödynnetään langatonta tiedonsiirtoa internetin välityksellä. Tämä mahdollistaa esim. käyttäjätuen järjestämisen etäkäytön muodossa sekä suunnitelma-aineistojen siirtämisen langattomasti koneohjausjärjestelmien käyttöön. (Nieminen 2011, 22.) Koneohjausjärjestelmät hyödyntävät useiden eri toimittajien verkkokorjaussignaaleja, tukiasemia ja satelliittipaikantimia mahdollistaen työskentelyn eri puolilla Suomea. (Yleisesite koneohjausjärjestelmät 2017. n.d. 6.)

Eräs Novatronin koneohjausjärjestelmä, Xsite PRO 3D on yhteensopiva kolmannen osapuolten ohjelmistojen kanssa. Sen luvataan myös käyttävän hyödykseen erilaisia tiedostoformaatteja ilman ylimääräisiä tiedonsiirtoformaatin muunnoksia ja yhteensopivuusongelmia. Xsite PRO -koneohjausjärjestelmillä voidaan tallentaa toteumatieto, luoda omia 3D-malleja tai käyttää valmiita, suunnittelijoiden tuottamia 3D-suunnitelmamalleja. (Xsite Pro 3D. n.d.; Yleisesite koneohjausjärjestelmät 2017. n.d. 6.)

Alkujaan sveitsiläinen, mutta ruotsalaiseen Hexagon AB:hen vuodesta 2005 kuuluva Leica Geosystems AG valmistaa maanmittauskojeita sekä tuottaa ohjelmistoja ja tukipalveluja useiden eri toimialojen tarpeisiin. (Historia n.d.; Keitä me olemme n.d.) Leica Geosystems tarjoaa HxGN Smartnet korjauspalvelua, joka perustuu maailman suurimpaan referenssiasemien verkostoon mahdollistaen tarkan ja nopean mittaamisen GNSS-laitteistoilla. Se on suunniteltu tarjoamaan tarkat RTK-korjaukset kaikenlaisille sovelluksille. Palvelu on käytössä Euroopan lisäksi Australiassa, Venäjällä sekä Pohjois- ja Etelä-Amerikassa. (HxGN Smartnet-palvelu n.d.)

Leica Geosystems'in koneohjausjärjestelmät sopivat lähes kaikkiin työkonetyyppeihin. Ne hyödyntävät ensisijaisesti AutoCAD-pohjaisia tietomalleja, mutta tukevat kuitenkin myös infra-alalla yleisesti käytössä olevia tiedostoformaatteja kuten LandXML-formaattia. (Leica iCON iXE3 – 3D-järjestelmä n.d.) Leica Geosystems'in iCON office-

ohjelmiston avulla voidaan tehdä tiedonsiirtoformaattimuunnoksia Leican koneohjausjärjestelmää tukeviin formaatteihin. (Kivinen 2016, 40.)

Topcon Corporation on vuonna 1932 Japanissa perustettu paikannus- ja mittalaitteita kehittävä ja valmistama yritys. Lisäksi se kehittää ja valmistaa silmälääketieteen tarpeisiin laitteita. Topcon valmistaa koneohjausjärjestelmiä esim. kaivukoneisiin, puskukoneisiin ja tiehöyliin. Topconin 3D-office-ohjelmalla suunnitelma-aineistot voidaan muuttaa Topconin koneohjausjärjestelmän hyväksymään tiedonsiirtoformaattiin. Topconin tuotteiden Suomen maahantuojana toimii Topgeo Oy. (Our business n.d.; Corporate information n.d.; Mitä koneohjaus on? n.d.; Kivinen 2016, 40.)

8 Tutkimuksen toteutus

Opinnäytetyöprosessi aloitettiin kesällä 2018, jolloin työn tutkimuskysymykset ja aikataulu laadittiin. Tietoperustan laadinta työn alkuvaiheessa edisti työssä etsittävien kehitystarpeiden ymmärtämistä ja ohjasi siten tutkimuksen sisältöä sekä käytettävien tutkimusmenetelmien valintaa. Tutkimusmenetelmien valinnalla etsittiin vastauksia työssä asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Tässä opinnäytetyössä käytettyjen tutkimusmenetelmien käyttämisestä vastasi opinnäytetyöntekijä. Nykyisten koneohjausaineisto-ohjeistusten kartoittamista yrityksen verkkolevyiltä, työasemilta ja sisäisistä tietokannoista tehtiin elokuussa 2018. Teemahaastattelut toteutettiin vuoden 2018 syyskuun ja joulukuun välisenä aikana.

8.1 Nykytilannekartoitus

Opinnäytetyössä toteutettu nykytilan kartoitus selvitys tukee työn tutkimuksen kokemusperäistä tutkimusvaihetta. Tätä opinnäytetyötä ohjaavien henkilöiden, toimeksiantajan kokeneiden tietomalliasiantuntijoiden kanssa käydyssä nykytilannekatsauspalaverissa selvitettiin koneohjausaineistojen tuottamisen nykytilaa Ramboll Finland Oy:ssä. Palaverin johtopäätöksenä työssä tehtävän koneohjausaineistojen tuottamisen nykytilanteen laadukkaan kartoituksen tärkeys korostui. Kartoituksen yhtenä tavoitteena oli löytää nykyisiä, vakiintuneita käytäntöjä sekä kehitystarpeita organisaation työntekijöiden toimintatavoissa liittyen koneohjausaineistojen tuottamiseen.

Nykytilanteen kartoittamiseen käytettiin laadullisen tutkimuksen sekundäärisiä ja primäärisiä aineistonkeruumenetelmiä. Olemassa olevien koneohjausaineistodokumenttien selvittämisestä sisäisistä tietokannoista saatiin tukeva perusta työntekijöiden haastatteluvaiheelle.

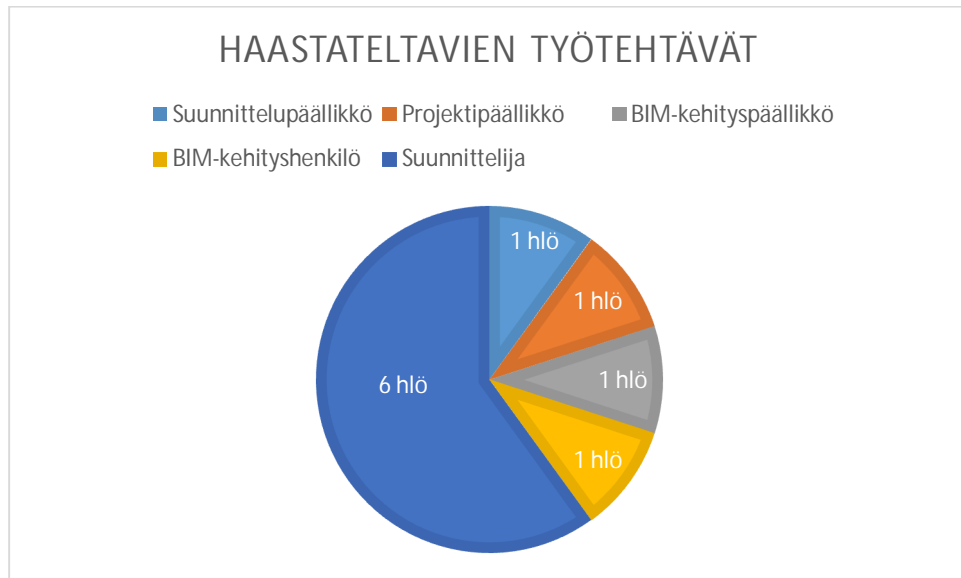
Työn alussa toteutettavaksi ajatelluista tutkimusmenetelmistä havainnointi- ja kyselyvaiheet jätettiin lopulta pois tutkimuksesta, koska haastatteluvaiheessa saatu aineisto vastasi hyvin tutkimuskysymyksiin eikä kyseisillä tutkimusmenetelmillä olisi työlle saatu hyödynnettävää lisäarvoa. Havainnointia on toki tehty vuosien ajan koneohjausaineistojen tuottamiseen liittyvästä toiminnasta yrityksessämme, mutta erilisiä dokumentteja havainnoista ei ole kirjattu. Havainnointia hyödyntämällä asetettiin tämän työn tutkimuskysymykset.

8.2 Teemahaastattelujen toteutus

Nykyisten, Ramboll Finland Oy:ssä käytössä olevien koneohjausaineistodokumenttien kartoittamisen jälkeen laadittiin teemahaastatteluissa käytettävät haastattelukysymykset (liite 1). Ennakkoon suunnitellulla ja valittujen haastattelukysymyksien avulla pyrittiin saamaan vastauksia tutkimuksessa asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Haastattelumuodoksi valikoitui puolistrukturoidut yksilöhaastattelut, koska tutkittavien henkilöiden määrä jäi kohtuullisen suppeaksi ja osittain vapaamuotoisella, keskustelunomaisella haastattelulla ohjattiin haastateltavia kertomaan myös ilmiöön liittyviä asioita haastattelukysymysten ulkopuolelta. Haastattelijan ja haastateltavien henkilöiden välisessä vuoropuhelussa selvisikin koneohjausaineistoihin liittyviä kehityskohteita, joita tarkoin asetetuilla haastattelukysymyksillä ja -vastauksilla ei olisi saatu välttämättä selville.

Haastateltavina oli yhteensä 10 Ramboll Finland Oy:n nykyistä työntekijää. Haastateltavat avainhenkilöt valikoituivat taustojensa perusteella siten, että kaikilla oli työuransa aikana kertynyt työkokemusta koneohjausaineistojen tuottamisesta, kehittämisestä tai muusta niihin liittyvästä toiminnasta. Haastatteluissa haluttiin kartoittaa eri paikkakuntien toimistojen toimintamalleja. Haastateltavat henkilöt työskentelivät Espoossa, Oulussa, Kuopiossa, Joensuussa, Lappeenrannassa, Mikkelissä ja Tampe-

reella. Haastateltavien työtehtävät liittyivät väylä-, katu- ja kunnallistekniikan suunnitteluun, projektien johtamiseen tai tietomallien kehittämiseen. Haastateltavien nykyiset työtehtävät on esitetty kuviossa 9. Suunnittelupäällikkönä toimi haastattelujen aikana 1 henkilö, projektipäällikkönä 1 henkilö, BIM-kehitysjohdajana 1 henkilö, suunnittelijoina 6 henkilöä ja BIM-kehityksestä vastaavana henkilönä 1 henkilö.



Kuvio 9. Haastateltavien työtehtävät Ramboll Finland Oy:ssä.

Haastattelut tehtiin Skype for business -ohjelmaa hyödyntämällä. Noin tunnin mittaiset haastattelut nauhoitettiin haastateltavien hyväksynnällä ja ne analysoitiin viimeistään viikon kuluessa haastattelusta. Lyhyen aikavälin ansiosta haastattelu oli tuoreena haastattelijan muistissa. Kuten liitteestä 1 käy ilmi, jokaisen haastateltavan vastaukset kuhunkin haastattelukysymykseen kuunneltiin ja koottiin ylös kunkin haastattelukysymyksen alle vastausten keskinäisen vertailemisen helpottamiseksi. Haastatteluja kuunneltiin osin useaan kertaan, jotta tutkittavan ilmiön kokonaisuus hahmottui tutkijalle paremmin. Haastateltavien nimet jätettiin pois haastatteluvas-
tauksista, koska niiden olemassaolo ei tuo lisäarvoa työn lopputuloksille.

8.3 Koneohjausaineiston tuottamisen ohjeistus

Tutkimuksen alussa työn tavoitteena oli luoda koneohjausaineistojen tehokkaasta tuottamisesta kirjallinen ohjeistus. Tutkimuksen edetessä ja viimeistään haastattelujen loppuvaiheessa kävi ilmi, että koneohjausaineistojen tuottamisessa eri ohjelmistoilla on olemassa lukemattomia työtapoja, jotka ovat kaikki yhtä oikeita. Tämän takia tutkimuksen aikana päädyttiin siihen, että kirjallisen ohjeistuksen sijaan koneohjausaineistojen tuottamiseen liittyvä, havainnollinen prosessikaavio luo enemmän arvoa niin Ramboll Finland Oy:n työntekijöille kuin infra-alan muillekin toimijoille. Koneohjausaineistojen tuottamisen prosessi on hyvin vaikeaa kuvata pelkästään tekstin avulla. Prosessia kuvaava kaavio on helpommin ymmärrettävissä ja palvelee laajempaa käyttäjäkuntaa suunnittelijoista esimiehiin ja asiakkaisiin. Kaavion etuna on lisäksi sen toistettavuus koneohjausaineistoprojektista riippumatta.

Vuokaavio kuvaa jonkin prosessin tai järjestelmän etenemistä. Niitä käytetään usein mm. havainnoinnin, dokumentoinnin, tutkimuksen, suunnittelun ja kommunikoinnin työkaluna. Vuokaavion hyötynä on mm. monimutkaisemman prosessin yksinkertaistaminen esittäminen. Prosessivaiheet koostuvat eri mallisista muodoista sekä symboleista ja niitä yhdistävistä nuolista, jotka selittävät prosessin etenemistä. (What is a Flowchart n.d.)

Ramboll Finland Oy:n suunnittelutyöt tehdään lähes poikkeuksetta projektiluonteisina. Ne ovat päämäärään tähtäävää toimintaa, jossa asiakkaan ongelmaan tarjotaan ratkaisua eli arvoa. Koneohjausaineiston tuottamisen avuksi laadittua vuokaaviota mietittiin leanin näkökulmasta arvon määrittämisen ja tuottamisen, hukkaa aiheuttavien työtehtävien karsimisen sekä ylilaadun tekemisen välttämisen näkökulmista. Vuokaavion laadinnassa hyödynnettiin teemahaastatteluista saatuja vastauksia. Kaavio laadittiin koko koneohjausaineistoprosessista alkaen aina asiakkaan lähettämästä työtarjouksesta ja päättyen rakentamisesta vastaavan urakoitsijan käyttämään koneohjausjärjestelmään sekä työmaapalveluun. Koneohjausaineistojen tehokkaan tuottamisen työkaluksi tarkoitettu vuokaavio on esitetty raportin liitteessä 2. Liite sisältää myös taulukon eri koneohjausjärjestelmien eroavaisuuksia tiedonsiirtoformaattien ja

niihin tarkoitettujen ohjelmistojen suhteen (taulukko 1). Taulukko laadittiin koneohjausjärjestelmiä tarjoavien yritysten antamien informaatioiden, lähinnä sähköpostivastausten ja tuote-esitteiden avulla.

9 Tulosten tarkastelu

Käytetyt tutkimuskysymykset ja apukysymykset, joihin tässä työssä haettiin vastauksia:

- 1) Miten koneohjausaineistoja tuotetaan Ramboll Finland Oy:ssä?
 - a. Miten koneohjausaineistojen sisältö ymmärretään?
 - b. Mitä ohjelmistoja hyödyntäen koneohjausaineistoja tuotetaan?
 - c. Mitä riskejä ja ongelmia koneohjausaineistojen tuottamiseen liittyy?
 - d. Mitä ohjeistuksia tai määräyksiä koneohjausaineistojen tuottamiseen liittyy?
- 2) Miten koneohjausaineistojen tuottamista voidaan tehostaa ja siihen liittyviä toimintatapoja yhtenäistää Ramboll Finland Oy:n sisällä?

Tutkimuksen tarkoituksena oli ymmärtää paremmin koneohjausaineistojen tekemisen nykytilaa organisaatiossamme sekä löytää keinoja yhtenäisen ja tehokkaan toimintamallin luomiseen. Käytettyihin tutkimuskysymyksiin saatiin vastaukset tämän tutkimustyön lopputuloksina. Koneohjausaineistojen tuottamisen nykytilanteen kartoittamisella vahvistettiin niitä ennakkokäsityksiä, joita tutkijalla jo ennestään ilmiöön liittyi. Nykytilanteen hahmottaminen loi vankan pohjan koneohjausaineistojen tuottamisen tehostamiselle ja vakiinnuttamiselle.

9.1 Havainnot koneohjausaineistojen tuottamisen nykytilasta

9.1.1 Käytetyt ohjeistukset

Infra-alan tietomallinnusta ohjaava YIV-ohjeistus on yleisesti käytössä myös Ramboll Finland Oy:ssä. Ohjeistus sisältää paljon hyödynnettävää tietoa ja vaatimuksia tietomallinnuksen käytössä, mutta ei sellaisenaan toimi kovinkaan hyvin koneohjausaineistojen tuottamisen ohjeistuksena tai siihen liittyvän prosessin ymmärtämisessä.

Tilajaorganisaatioiden omat ohjeistukset ja vaatimukset koneohjausaineistoille ohjaavat koneohjausaineistojen tuottamisen sisältöä organisaatiomme eri yksiköiden välillä.

Teemu Tuohilammen opinnäytetyössä ”Selvitys Rambollin inframalliohjeistuksista sekä -hankkeista” kävi ilmi, että koneohjausaineistojen laatimisesta ei Ramboll Finland Oy:ssä ole olemassa yhtä yhtenäistä ohjeistusta. Koneohjausaineistojen tuottamisprosessin eri vaiheista kuten pinta- ja väylämallien kirjoittamisesta Inframodel-formaattiin löytyy tiettyjä asiakirjoja organisaation eri yksiköiden verkkolevyiltä, mutta kaikkien työvaiheiden kattavaa ohjeistusta ei ole tehty.

Rambollin Sharepoint-portaaliin on koottu infran tietomallintamiseen liittyviä ohjeistuksia, myös Tuohilammen opinnäytetyössä mainittuja asiakirjoja. Sharepoint-portaalin aineistossa on kirjoitushetkellä 25 eri ohjeistusta ja opusta, mutta niissä ei käsitellä koneohjausaineistojen tuottamisprosessia yhtenä kokonaisuutena.

9.1.2 Teemahaastattelujen vastausten yhteenveto

Koneohjausaineistojen tuottamisprosessin ja siihen liittyvien vaatimusten ymmärtäminen jakautuu Ramboll Finland Oy:n sisällä voimakkaasti kahtia. Organisaatiossa on hyvin suppea henkilöryhmä, joka työskentelee koneohjausaineistojen tuottamisen parissa jatkuvasti. Heillä tuottamisen ja osaamisen taso on erinomaisella tasolla, mutta osaavia tekijöitä kaivattaisiin projekteihin lisää. Lisäksi projektipäälliköiden ja suunnittelijoiden välistä keskustelua tulisi lisätä huomattavasti, jotta koneohjausaineistojen tuottamiseen liittyvien kustannusten syntyminen ymmärrettäisiin paremmin tarjouksia tekevien henkilöiden keskuudessa.

Haastattelujen pohjalta selvisi, että yrityksemme koneohjausaineisto-osaaminen kuluu väyläsuunnitteluun ja suurien kaupunkien kuten Espoon, Tampereen ja Oulun toimistoihin. Osaajia löytyy myös pienemmistä kaupungeista katu- ja kunnallistekniikan suunnittelun osalta, mutta niissä osaaminen henkilöityy yksittäisiin työntekijöihin eikä kaikista kaupungeista löydy yhtään koneohjausaineistojen tuottamiseen liittyvää osaajaa.

Tilajaorganisaatioiden, urakoitsijoiden ja konsulttien näkemykset koneohjausaineistojen sisällöstä poikkeavat huomattavasti toisistaan. Myös yrityksemme koneohjausaineisto-osaajien keskuudessa on eroavaisuuksia aiheeseen liittyvän termistön käytämisen kanssa. Haastattelujen aikana saman sisällön tietomallista puhuttiin termeillä "toteutusmalli", "koneohjausaineisto", "rakennussuunnitelmamalli" ja "koneohjausaineistojen tuottamista palveleva aineisto".

Eri tilajaorganisaatioiden tietomallinnusohjeet ohjaavat Ramboll Finland Oy:n suunnittelijoiden koneohjausaineistoihin liittyvää osaamista ja tekemistä. Esim. Väylävirasto (ent. Liikennevirasto) ja ELY-keskukset vaativat konsulteilta rakennussuunnitelmamalleja, joista pääosin urakoitsijat itse tuottavat työmaata palvelevia koneohjausaineistoja. Toisaalta esim. Joensuun ja Lappeenrannan kaupungit vaativat konsulteilta työkoneiden koneohjausjärjestelmiin suoraan sisään luettavia koneohjausaineistoja, vaikka urakoitsijoiden käyttämiä koneohjausjärjestelmiä ei vielä hankkeen suunnitteluvaiheessa tunnettaisikaan.

Kaupungeissa, joissa koneohjausaineistojen tuottamiseen liittyvää osaamista ei ole, tilajaorganisaatiot kuten kaupungit ja vesilaitokset eivät vaadi suunnitelmia tietomallipohjaisina aineistoina. Tästä johtuen näiden kaupunkien Ramboll Finlandin Oy:n toimistoissa suunnittelu tehdään kylläkin tietomallipohjaisesti niihin tarkoitetuilla ohjelmistoilla, mutta luovutettu suunnitelma-aineisto tuotetaan tilaajille vielä perinteisempinä, paperisina suunnitelmina. Tällaisissa kaupungeissa tilajaorganisaatioiden sekä Ramboll Finland Oy:n työntekijöiden koneohjausaineistoihin liittyvä osaaminen on heikkoa ja voi tulevaisuudessa johtaa vaikeaan tilanteeseen tarjouksia laadittaessa.

Haastattelujen pohjalta selvisi, että sekä rakennussuunnitelmamallien että koneohjausaineistojen tuottaminen riippuu hyvin pitkälti suunnittelutyön tilajaorganisaation laatimista ohjeistuksista sekä rakennuskohteen toteuttamiseen käytetystä urakamuodosta. Osa tilajaorganisaatioista vaatii kaikista suunnittelukohteistaan rakennussuunnitelmamallit (mm. Väylävirasto, ELY-keskus ja Espoon kaupunki), osa taas vaatii kaikista kohteista valmiit koneohjausaineistot (mm. Joensuun ja Lappeenrannan kaupungit). Luovutettujen tietomallien sisällöissä on myös eroja riippuen tilaja-

organisaatioista. Joidenkin tilaajaorganisaatioiden toimeksiannosta väylistä ja kaduista luovutetaan ainoastaan niiden ylä- ja alapintamallit, mutta mm. Joensuun kaupunki vaatii myös rakennekerrosten ja liittymien tarkan mallintamisen.

Tilaajaorganisaatioilta ja urakoitsijalta saatu palaute Ramboll Finland Oy:n tuottamista koneohjausaineistoista on ollut pääosin hyvää. Palautetta on saatu suhteellisen vähän tuotettujen aineistojen määrään verrattuna. Haastatteluvastausten perusteella tämän uskotaan kertovan koneohjausaineistojen hyvästä laadusta ja käytettävyydestä. Huonot palautteet ovat liittyneet koneohjausaineistojen toimivuuteen työkonoiden koneohjausjärjestelmissä sekä risteysalueiden ja muiden monimutkaisempien alueiden puutteellisena tai virheellisenä mallintamisena. Lisäksi tuotettuja korkeuspisteitä on ollut määrällisesti liian paljon ja kolmioverkot ovat sisältäneet pinta-alaltaan liian suuria kolmioita, ne on kolmioitu virheellisesti tai ne eivät ole olleet yhtenäisiä pintamalleja.

Haastattelujen perusteella suunnittelijat tuottavat rakennussuunnitelmamalleja ja koneohjausaineistoja pääosin kolmella eri ohjelmistolla, jotka ovat:

- Autodesk Inc:in AutoCAD ja sen eri ohjelmistoversiot (mm. Map 3D ja Civil 3D)
- Trimble Novapoint-suunnittelujärjestelmä
 - Väylämalli-sovellus
 - AutoCAD:in kanssa yhteensopivat Road Professional-, Water and Sewer- ja Finnish Value Pack -sovellukset
- 3D-system Oy:n tuottama 3D-Win-maastomittausohjelma.
- Lisäksi Terrasolid- ja TeklaCivil-ohjelmistoja on käytössä pienellä käyttäjäryhmällä.

Ohjelmistojen käyttöön ja työjärjestykseen on yrityksemme sisällä useita erilaisia tapoja, mutta seuraavassa on kuvattu lyhyesti haastatteluissa esille noussut ja yleisin valmiin koneohjausaineiston tuottamiseen tarkoitettu työtapa: Novapoint-suunnittelujärjestelmän avulla esim. suunnitellusta väylästä, kadusta tai vesihuoltokaivannosta tuotetaan taiteviiva-aineistot. Aineisto siivotaan ja muokataan AutoCAD:issä manuaalisesti ylimääräisiä pisteitä ja taiteviivoja poistellen sekä tilaajaorganisaatioiden mallinnusohjeita ja YIV:tä noudattaen. Tuotetun aineiston kolmiointi yhtenäiseksi pinnoiksi, tarkastaminen ja uloskirjoittaminen Inframodel-muotoon tapahtuu 3D-Win:issä. Valmiin aineiston visuaalista tarkastelua voidaan tehdä esim. Novapoint

VDC-Explorerilla tai Trimble Connectilla. Koneohjausjärjestelmiin tarkoitetuilla Trimble Business Centerillä ja Novatronin Landnova-ohjelmistolla voidaan tuotetut koneohjausaineistot testata ennen niiden luovuttamista työn tilaajille tai urakoitsijoille.

Alla on listattuna Ramboll Finland Oy:ssä rakennussuunnitelma- ja koneohjausaineistojen tuottamiseen käytettyjä ohjeistuksia, joita tutkimuksen aikana esiintyi:

- Yleiset inframallivaatimukset 2015 -ohjeistus
- Mittausaineiston laadintaohjeistus (Mikko Alilonttinen, 5.6.2017)
- Helsingin kaupungille tehty ohjeistus koneohjausaineistojen hyödyntämisestä (Mikko Alilonttinen)
- Civilpointin tuottamat Novapoint-ohjeistukset ja videot yrityksen tukiportaalissa
- Projektitoimintaa varten tehty "Koneohjausaineiston sisältöluonnos 28.11.2014"-asiakirja
- Tilaajaorganisaatioiden ohjeistukset ja vaatimukset koneohjausaineistoille
 - Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje (Liikenneviraston ohjeita 12/2017)
 - Mm. Joensuun, Oulun, Tampereen, Espoon, Helsingin, Lahden ja Turun kaupunkien omat ohjeistukset
- Landnovan tuottama muunnineditoriohjeistus 3D-Win-ohjelmistoon Infra-model3-formaatin kirjoittamiseksi.

Koneohjausaineistojen tuottamiseen liittyvät ongelmat ja riskit liittyvät pääosin ohjelmistojen hankaliin käyttöliittymiin, aineistojen tuottamismenetelmiin, koneohjausaineistojen liian aikaiseen tuottamiseen suunnitteluhankkeen aikana sekä koneohjausaineistojen tuottamiseen kuluvan ajan kasvuun ja samalla kustannusten nousuun. Yleisesti hankalana koetaan, että koneohjausaineistojen tuottamiseen tarvitaan useita eri ohjelmia, jotta haluttuun lopputulokseen päädytään. Pelkona on, että suunnitelma-aineisto ei aina siirry oikein ohjelmistojen välillä. Lisäksi nykyisillä ohjelmistoilla monimutkaisten rakenteiden kuten liittymien mallintaminen on liian työlästä ja aikaa vievää.

Novapointilla mallinnettaessa siitä uloskirjoitetut aineistot sisältävät huomattavan paljon ylimääräisiä, toisiaan leikkaavia taiteviivoja ja korkeuspisteitä, jotka täytyy siivota ennen aineiston kolmioimista yhtenäisiksi pinnoiksi. Ilman aineiston siivoamista pintamallit kolmioituvat väärin. Tähän työvaiheeseen kuuluu suunnittelukohteen laajuudesta ja sisällöstä riippuen useita päiviä, eikä koneohjausaineistosta kaikesta manuaalisesta käsityöstä huolimatta silti saada työmaata täydellisesti palvelevaa aineistoa.

Koneohjausaineistojen tuottaminen vaatii suunnittelijalta suunnittelunormien ja tuotetun mallinnusaineiston välisen yhteneväisyyden. Tietomallin siivoamisen ja yhdistämisen aikana suunnittelijan täytyy ymmärtää mitä asioita aineiston siivoaminen vaatii ja mitä luovutettavasta koneohjausaineistosta täytyy tarkastaa. Suunnittelijan täytyy lisäksi listata mallien puutteet kuten reunakivien madallukset, jotta urakoitsija osaa käyttää koneohjausaineistoa sen käyttötarkoituksen mukaisesti. Käytettyjen lähtötietojen mainitseminen on myös tärkeää, koska esim. maanpinnan todellisen korkeuden ja suunnittelussa käytetyn maanpinnan korkeuden välillä voi joissakin tapauksissa olla eroavaisuuksia vaikuttaen mm. kaivantojen luiskakaltevuuksiin ja kaivukorkeuksiin.

Koneohjausaineistojen oikeanlaiseen tuottamiseen liittyy olennaisesti työmaalla urakoitsijoiden käyttämät koneohjausjärjestelmät. Yleisimpien tuotevalmistajien kuten Novatronin, Trimblen, Leican ja Topconin koneohjausjärjestelmät vaativat toisistaan eroavan koneohjausaineiston toimiakseen. Koneohjausaineistojen tuottaminen suunnittelutyön tilaajaorganisaatioille ilman käytetyn koneohjausjärjestelmän tuntemista luo myöhemmässä vaiheessa lisäkustannuksia suunnittelutyön tilaajalle, jos aiemmin tuotettua koneohjausaineistoa aletaan muokkaamaan jälkikäteen urakoitsijan käyttämän koneohjausjärjestelmän mukaiseksi.

Ylimääräisten kustannusten takia jokaisen suunnittelukohteen alussa täytyisi määrittää tuotettavan koneohjausaineiston laajuus ja tarpeellisuus. Nykyisillä menetelmillä tehtynä esim. liittymien, lineaaristen rakennekerrosten ja vesihuoltokaivannon alkutäytön yläpinnan mallintaminen on erittäin työlästä ja ylimääräisiä kustannuksia aiheuttavaa. Yksinkertaisten poikkileikkausten kadut ja vesihuoltokaivantojen tuottaminen koneohjausaineistoiksi on pääosin kustannustehokasta toimintaa nykyisillä ohjelmistoilla.

Tehtyjen haastattelujen pohjalta koneohjausaineistojen tuottamiseen liittyvät kehitysideat painottuvat selkeästi henkilöstön osaamisen ja ohjelmistojen kehittämiseen, vuorovaikutuksen parantamiseen tilaajien, suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden välillä sekä koneohjausaineistojen sisällön laajuuden hankekohtaiseen rajaamiseen. Haastateltavat kaipasivat myös kevyttä ohjeistusta koneohjausaineistojen yhtenäiseen tuottamiseen koko Ramboll Finland Oy:ssä ja aiheeseen liittyvän termistön tarkempaa selventämistä. Haastattelujen aikana moni mietti, että olisiko Ramboll Finland Oy:n tuotettava ainoastaan koneohjausaineistoja palvelevia rakennussuunnitelmamalleja. Koneohjausaineistojen jalostaminen jäisi urakoitsijan tehtäväksi työmaan ja siellä käytettävien koneohjausjärjestelmien tuntemisen johdosta. Tällöin vastuu koneohjausaineistojen oikeellisuudesta ja käytettävyydestä jäisi työmaalla toimivalle urakoitsijalle.

9.2 Koneohjausaineistojen tuottamisen vuokaavio ja tarkastustaulukko

Tutkimustyön tuloksena syntynyt vuokaavio on tarkoitettu hyödynnettäväksi koneohjausaineistojen tuottamiseen liittyvän prosessin ymmärtämisessä työnkuvasta riippumatta. Vuokaaviota voidaan hyödyntää mm. uusien työntekijöiden perehdyttämisessä, tarjouksia laadittaessa, suunnittelupalavereissa, koulutuksissa, asiakkaan, konsultin ja urakoitsijan välisissä neuvotteluissa tai sitä voidaan käyttää suunnittelijan työtä tukevana ja ohjaavana asiakirjana koneohjausaineiston tuottamisen eri työvaiheissa.

Vuokaaviota noudattamalla koneohjausaineiston tuottamisessa hukkaa aiheuttavat työvaiheet lähtökohtaisesti karsiutuvat. Uudelleen tekemisen tarve ja ylläladun tekeminen jäävät pois, kun tiedetään paremmin suunnittelutyötä tilaavan asiakkaan tarpeet jo projektin alkuvaiheessa. Kun suunnittelutyötä tilaava asiakas ja suunnittelutyötä tekevä konsultti ymmärtävät tuotettavan koneohjausaineiston sisällön yhtenäisellä tavalla ja sisältö on arvon tuottavuuden näkökulmasta rajattu, voidaan lisätyölaskuilta ja riidoilta vältyä. Asiakkaan on tärkeää ymmärtää minkälaista aineistoa tilaa ja mistä on valmis maksamaan. Konsultin taas on tärkeää kertoa asiakkaalle mitä koneohjausaineistojen tuottaminen maksaa jatkojalostettavaan rakennussuunnitelmamalliin verrattuna ja minkälaisia etuja koneohjausaineistojen käyttäminen työmailla tuo.

Työkoneiden eri valmistajien koneohjausjärjestelmien tunteminen vähentää koneohjausaineistojen tuottamisen työvaiheita, kun suunnittelijat voivat parantaa työvaiheiden ja oman ajankäyttönsä suunnittelua. Samalla prosessin virtaustehokkuus kasvaa. Koneohjausaineistojen tuottamisessa suurimmat hukat syntyvät mallintamisen loppuvaiheessa, mallien muokkaamisesta sopiviksi eri valmistajien koneohjausjärjestelmille. Niiden eroavaisuuksien tunteminen ja huomioonottaminen edistävät koneohjausaineistojen hyödynnettävyyttä työmaalla ja oikeanlaisen aineiston luovuttamista asiakkaalle. Koneohjausjärjestelmien tunteminen vähentää uudelleen tekemisen tarvetta.

Eri koneohjausjärjestelmiin liittyvien toimenpiteiden tarkastustaulukon tarkoituksena on helpottaa koneohjausaineistojen laatimisen loppuvaiheen prosessia, kun jatkojalostettavia rakennussuunnitelmamalleja aletaan muuttamaan koneohjausjärjestelmien tulkitsemiin tiedonsiirtoformaatteihin. Jokaisella laitevalmistajalla on erilaiset toimintamallit siihen, miten niiden järjestelmät koneohjausaineistoja tulkitsevat. Kun työmaalla käytettävät koneohjausjärjestelmät ovat suunnittelijan tiedossa, tarkastustaulukon avulla luovutettavat aineistot voidaan muuttaa urakoitsijan käytettäväksi.

9.3 Tulosten käytettävyyden arviointi ja käyttöönotto

Koneohjausaineistojen tehokkaaseen tuottamiseen liittyvät kehitysratkaisut luotiin ensisijaisesti hyödynnettäväksi, tukemaan ja ohjaamaan Ramboll Finland Oy:n työntekijöiden toimintaa. Tärkeimpänä asiana kehitysratkaisuilla haluttiin kehittää osaamista ja yhtenäistää koneohjausaineistoihin liittyviä toimintamalleja yli yksikkörajojen. Kehitysratkaisuja voidaan hyödyntää lisäksi asiakaskontakteissa sekä muiden infra-alalla työskentelevien tekijöiden yleisen koneohjausaineistotietoisuuden lisäämisessä. Tilaajaorganisaatioiden ohjeistukset ja Yleiset inframallivaatimukset -ohjeet toimivat jatkossakin suunnittelutyötä ohjaavina kehysasiakirjoina. Tämän työn tuloksina syntyneen koneohjausaineistojen tuottamista ohjaavan vuokaavion ei ole tarkoitus korvata niiden sisältöä vaan yksinkertaistaa ja tukea niitä. Tässä työssä esiintyvä käsitteistö perustuu keväällä 2019 julkaistavan YIV-ohjeistuksen päivitysversioon. Teemahaastattelujen vastausten perusteella yrityksen työntekijät kaipasivatkin yksinkertaista, mutta toimintaa ohjaavaa asiakirjaa.

Toimintamallien muuttaminen on aina haaste. Muutosten tekeminen ja osaamisen kehittäminen ovat eilinehto jatkuvasti muuttuvassa markkinatilanteessa organisaatiolle, joka haluaa saada kilpailuetua muihin alalla toimiviin yrityksiin nähden. Työntekijöiden sitouttaminen tämän työn myötä syntyneeseen uuteen toimintamalliin on ensiarvoisen tärkeää. Työntekijät suhtautuvat yleensä uusiin käytäntöihin jokseenkin epäilevästi. Useimmiten työntekijän motivaatio muutokseen kuitenkin löytyy, kun muutoksen syyt ja edut omaan työnkuvaan sekä työtehtäviin selkiytyvät. Tämän työn yhtenä tarkoituksena oli kehittää jo olemassa olevaa osaamista. Lähtökohtana oli luoda kaikkien työntekijöiden kannalta paras ratkaisu, joka helpottaa koneohjausaineistojen tekemiseen liittyvän termistön ja prosessin eri vaiheiden ymmärtämisessä.

Tämän työn myötä syntyvien kehitysratkaisujen hyödyntäminen ja samalla toimintamallien muuttaminen organisaatiossa edellyttävät toimeksiantajayritykseltä toimintaan liittyvää tiedottamista, perehdytykseen liittyvää ohjeistusta ja jatkuvaa koulutusta. Kehitysratkaisut tulee asettaa näkyville organisaation yhteisiin tietokantoihin, joista asiakirjat ja ohjeistukset ovat kaikkien saatavilla. Ohjeistusten päivittäminen onnistuu tehokkaimmin, kun ne ovat kootusti yhdessä tunnetussa tietokannassa kuten Ramboll Finland Oy:n Sharepoint-palvelussa. Tietokannan asiakirjojen muokkamisoikeudet on pidettävä rajoitetulla henkilöryhmällä, jotta niihin tehdyt muutokset ovat hallittavissa.

10 Pohdinta ja johtopäätökset

10.1 Yhteenveto ja johtopäätökset

Suunnittelutyön tehokkuus ja hyvä laatu ovat projektitoiminnan onnistuneen päämäärän indikaattoreita, joita pyritään jatkuvasti kehittämään. Koneohjausaineistojen tuottaminen kuuluu yhtenä osana infrasuunnittelijan työkuvaan. Lean-ajattelumaailman mukaisesti arvon määrittäminen ja turhien vaiheiden karsiminen suunnittelutyöstä nopeuttaa prosessia vähentäen arvoa tuottamattoman hukan syntymistä. Sen kautta kustannustehokkuus ja riskien hallinta projekteissa kasvavat. Koneohjausaineistojen käyttäminen työmailla on vähentänyt syntyviä kustannuksia mm. optimoitujen kaivutasojen myötä. Samalla työturvallisuus on parantanut mittamiesten käytön vähentämisellä työkoneiden välittömässä läheisyydessä ja syvissä kaivannoissa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää ja tehostaa koneohjausaineistojen laatimista katu- ja vesihuoltohankkeissa. Tavoitteeseen pääsemisen menetelminä oli kartoittaa Ramboll Finland Oy:n työntekijöiden nykyistä osaamista koneohjausaineistojen tuottamisessa, tutkia olemassa olevia ohjeistuksia sekä laatia ohjeistus koneohjausaineistojen tehokkaasta tuottamisesta katu- ja vesihuoltohankkeissa. Toimenpiteiden tarkoituksena oli yhtenäistää koneohjausaineistojen tuottamismenetelmiä ja lisätä osaamista organisaation eri infrayksiköiden sekä asiakkaiden välillä.

Opinnäytetyön tuloksena syntyneet kehitysratkaisut vastaavat tutkimustyön tavoitteita sillä asetettuihin tutkimuskysymyksiin löydettiin vastaukset. Nykytilannekartituksen avulla koneohjausaineistojen tuottamisen nykytila ja siihen liittyvät ongelmat kartoitettiin. Lisäksi koneohjausaineistojen tuottamiseen liittyvien ohjeistusten selkeä puute loi tarpeen tämän työn tuloksena syntyneelle vuokaaviolle. Sen tarkoituksena on tukea ja ohjata työntekijöitä koneohjausaineistojen tuottamisen eri vaiheissa sekä helpottaa keskustelua asiakkaiden, konsulttien ja urakoitsijoiden välillä. Yleiset inframallivaatimukset-ohjeistus ja eri tilaajaorganisaatioiden ohjeistukset luovat kuitenkin jatkossakin perustan koneohjausaineistojen laatimiselle.

Opinnäytetyön tutkimusvaiheessa havaittiin, että tietomalleihin liittyvä käsitteistö on hyvin sekava ja tulkinnanvarainen. Asiakas, konsultti ja urakoitsija tulkitsevat sitä omien etujen mukaisesti, joka ei ole tietomallien ja koko infra-alan kehityksen kannalta suotavaa. Koneohjausaineistojen tekemisessä ja käyttämisessä ei saa olla kyse siitä, että kenen etua lähtökohtaisesti niiden käyttämisellä ajetaan. Koneohjausaineistojen tuottamisen ja käyttämisen ensisijaisina tarkoituksina on parantaa infrakentämisen laatua, kustannustehokkuutta ja työturvallisuutta.

Tämän opinnäytetyön tekemisen aikana YIV-ohjeistuksen päivitystyö oli käynnissä ja sen sisältämä käsitteistö muuttui samalla. Esim. haastatteluaineistossa esiintyy "koneohjausmalli"-termiä, koska se oli haastattelujen tekemisen aikaan ajantasainen eikä haastatteluvastauksia lähdetty jälkikäteen muuttamaan. YIV:n päivityksen myötä kyseinen termi muuttui "koneohjausaineisto"-termiksi ja tämän työn kyseinen termistö muutettiin haastattelumateriaalia lukuun ottamatta työn valmistumisen loppuvaiheessa.

Koneohjausaineistoihin liittyvä osaaminen jakautuu Ramboll Finland Oy:ssä voimakkaasti suurien kaupunkien toimistojen ja maakunnissa sijaitsevien toimistojen välillä. Tutkimusvaiheen aikana selvisi, että eri tilaajaorganisaatioiden osaaminen ja innokkuus tällä sektorilla vaikuttavat voimakkaasti konsulttien ja urakoitsijoiden tahtoon panostaa koneohjausaineistojen tuottamiseen ja niiden käyttämiseen. Suurten kaupunkien tilaajaorganisaatiot ovat lähtökohtaisesti ymmärtäneet paremmin koneohjausaineistojen käyttämisen hyödyt kuin pienemmät toimijat. Urakoitsijat ovat selvästi viime vuosina ymmärtäneet koneohjausjärjestelmiin kuuluvien investointien maksavan itsensä takaisin hyvinkin nopealla aikataululla. Koneohjausjärjestelmien ja -aineistojen käyttäminen varsinkin väylähankkeissa on hyvinkin yleistä. Tämän vuoksi koneohjausaineistoihin liittyvä osaaminenkin kulminoituu yrityksessämme voimakkaasti Väylä-yksiköiden työntekijöihin. Tätä tietämystä täytyisi jakaa myös muihin yksiköihin.

Ohjelmistojen merkitys koneohjausaineistojen tuottamisessa on työntekijöiden osaamisen ohella tärkein kehitystä kaipaava tekijä. Haastatteluvastausten perusteella kaikki haastatellut henkilöt kaipasivat nykyisin käytössä olevien ohjelmistojen kehittämistä. Varsinkin taiteviiva-aineistojen tehokas tuottaminen ja eri ohjelmistojen välillä aineistojen siirtäminen koettiin tuskallisen vaikeaksi. Ohjelmistojen käyttöliittymiä ei ole tehty varsinkaan katukohteiden kaltaisten ympäristöjen suunnitteluun, jossa tapahtuu mm. reunalinjojen jatkuvia leveysmuutoksia kadun mittalinjan suhteen.

10.2 Tutkimuksen luotettavuuden arviointi

Tutkimuksessa hyödynnetty tietoperusta on koostettu pääosin ajantasaisista lähteistä. Lähtökohtana oli hyödyntää pääosin alle 5 vuotta vanhoja teoksia, toki muutama poikkeuskin löytyy. Tämän työn kannalta tärkeimmät lähteet liittyen tietomalleihin ja koneohjausjärjestelmiin ovat alle 3 vuotta vanhoista lähteistä hankittua tietoa. Vieraskielisiä lähteitä löytyy, mutta niiden runsaampaa käyttämistä olisi voinut miettiä työn laadukkuuden lisäämisen näkökulmasta.

Nykytilan kartoitus selvityksen ja haastattelututkimuksen aikana syntyneet havainnot sekä niihin nojautuvat tutkimustulokset ovat laajuudeltaan riittävän kattavat. Laajempi otanta haastatteluvaiheessa olisi saattanut tuoda lisää näkökulmia toiminnan kehittämisen suhteen ja mahdollistanut laadukkaamman analysoinnin nykyisen toiminnan tasosta. Tässä työssä haastateltavat henkilöt oli kuitenkin valittu tarkoin, edustaen riittävän laajaa käyttäjäkuntaa mahdollistaen toivottujen havaintojen löytymisen ja niiden kautta työn kehitystarpeiden syntyminen. Haastateltavien henkilöiden laadukkaan tietomalliosaamisen ja tarkoin tehtyjen haastattelukysymysten valinnan perusteella ei ole tarpeen epäillä haastatteluvastausten jääneen puutteellisiksi tai vääristyneiksi.

Haastatteluvaiheen luotettavuuteen kiinnitettiin huomiota niiden nauhoittamisella, mikä paransi huomattavasti yhteenvedon laatimisen laadukkuutta. Haastattelujen nauhoitukseen pyydettiin ennakkoon asianomaisen suostumus. Haastatteluvastausten tarkistuttaminen haastatteluhenkilöillä jälkikäteen olisi parantanut tutkimusvaiheen laatua, mutta siihen ei tiukan aikataulun vuoksi nähty tarvetta. Haastatteluvaiheen ohjelmistoihin liittyviä tuloksia voidaan tarkastella kriittisesti sen takia, että usealla haastatteluun osallistuneella työntekijällä oli negatiivisia ennakkokäsityksiä tiettyjä ohjelmistoja kohtaan, mikä saattoi vaikuttaa osittain kysymyksiin vastatessa.

Tutkimustyön laatua heikensi osittain tutkimusmenetelmien karsiminen työn edessä. Esim. havainnoinnin ja kyselytutkimuksen tuloksilla olisi saatu tukea haastatteluvaiheen vastauksille, mutta niiden tekeminen jätettiin lopulta pois, koska haastattelututkimuksella saatiin vastaukset juuri niihin tutkimuskysymyksiin, joihin tämän työn avulla haettiin vastauksia. Havainnoinnin tekeminen ainoastaan Jyväskylässä, henkilöstöltään pienessä yksikössä ei olisi tuonut lisäarvoa työn tuloksille. Kyselyn teettäminen suuremmalle otannalle olisi antanut määrällistä informaatiota mm. koneohjausaineistojen tekemisen määrästä Ramboll Finland Oy:ssä. Määrällinen informaatio ei kuitenkaan olisi antanut hyödynnettävää lisäarvoa tämän työn tuloksille.

Toimintatutkimuksen vaiheista tulosten kokeilu ja seuranta tämän tutkimuksen ulkopuolisilla henkilöillä jäi tämän opinnäytetyön ulkopuolelle. Tulosten arviointia tehtiin ennen niiden käyttöönottoa, mutta niiden kokemusperäinen arviointi jäi myös tämän opinnäytetyön ulkopuolelle aikataulullisesti syistä. Tämän työn tuloksia kuitenkin päivitetään jatkossa alan yleisen kehityksen ja käyttökokemusten perusteella.

10.3 Jatkotoimenpiteet

Vuokaavion jatkuva kehittäminen ja päivittäminen tämän työn jälkeen on tärkeää, koska koneohjausaineistojen tuottaminen ja käyttäminen työmailla yleistyy sekä kehittyy jatkuvasti. Lisäksi koneohjausjärjestelmien valmistajat kehittävät jatkuvasti tuotteitaan ja palveluitaan. Tästä syystä tämän työn tulokset vanhentuvat ajan saatossa. Valitettavasti tämän työn tuloksena syntyneillä kehitysratkaisuilla ei voida ratkaista koneohjausaineistojen tuottamiseen liittyvää suurinta ongelmaa eli eri suunnitteluohjelmistojen hankalia käyttöliittymiä ja työtapoja aineistojen tuottamisessa. Tietääkseni ohjelmistoja tuottavilla yrityksillä ongelmat ovat kuitenkin hyvin tiedossa ja niitä kehitetään jatkuvasti.

Tutkimustulosten perusteella Ramboll Finland Oy:ssä koneohjausaineistojen tuottamiseen liittyviä osaajia löytyy tällä hetkellä melko heikosti. Tästä syystä uusien henkilöiden kouluttamisen merkitys ja nykyisen osaamisen kehittäminen ovat avainasemassa kilpailukyvyn säilyttämisen kannalta. Uusia näkökulmia tietomallien käyttämiseen ja toimintamallien hakemiseen tulisi etsiä myös Suomen ulkopuolelta hyödyntämällä Ramboll Groupin laajaa asiantuntijaverkostoa.

Tämän tutkimustyön tulokset ovat sellaisenaan käyttökelpoisia, mutta vaativat jatkuvaa seuranta- ja päivittämistä alan yleisen kehityksen johdosta. Tulosten testaaminen, päivittäminen ja jatkokehittäminen vaativat tiivistä yhteistyötä eri tilaajaorganisaatioiden sekä urakoitsijoiden kanssa, jotta toimintamallien yhtenäistäminen sidosryhmien välillä jatkossa kehittyisi. Koneohjauksen käyttäminen infrarakentamisessa yleistyy jatkuvasti tuoden runsaasti mahdollisuuksia esim. työmaavaiheessa syntyvien kustannusten hallintaan. Tämän vuoksi konsulttien tuottamien koneohjausaineistojen laatu ja niiden käytettävyys työmailla määrittää osittain työkoneautomaattien kehittymisen suunnan.

Lähteet

3D-Win. N.d. 3D-system Oy:n www-sivut. Viitattu 19.10.2018. <http://www.3d-system.fi/index.php/3d-win>

About Trimble. N.d. Trimble Inc:in www-sivut. Viitattu 7.12.2018.

https://www.trimble.com/Corporate/About_at_Glance.aspx

Artto, K., Martinsuo, M. & Kujala, J. 2006. Projektiliiketoiminta. Helsinki: WSOY.

Corporate Information. N.d. Topcon Corporationin www-sivut. Viitattu 19.10.2018.

<http://global.topcon.com/about/profile/>

Geotrim. N.d. Artikkelit Geotrim Oy:n www-sivuilla. Viitattu 19.10.2018.

<https://www.geotrim.fi/geotrim/yritys>

InfraBIM-nimikkeistö. 2018. Ohjeistus BuildingSMART:in www-sivuilla. Viitattu

19.10.2018. [https://buildingsmart.fi/wp-](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2018/06/InfraBIM_nimikkeist%C3%B6_v1_71.pdf)

[content/uploads/2018/06/InfraBIM_nimikkeist%C3%B6_v1_71.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2018/06/InfraBIM_nimikkeist%C3%B6_v1_71.pdf)

IFC Introduction. N.d. Artikkelit BuildingSMART:in www-sivuilla. Viitattu 11.1.2019.

<https://www.buildingsmart.org/about/what-is-openbim/ifc-introduction/>

Inframodel4 käyttöön 1.2.2018. 2017. Artikkelit BuildingSMARTin www-sivuilla.

Viitattu 19.10.2018. <https://buildingsmart.fi/inframodel4-kayttoon-1-2-2018/>

Hannuksela, M. 2017. 3D-koneohjauksen käyttöönotto Jyväskylän kaupungilla.

Opinnäytetyö, AMK. Savonia-ammattikorkeakoulu, Tekniikan ja liikenteen ala, rakennustekniikan koulutusohjelma. Viitattu 21.9.2018.

<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201705025929>

Historia. N.d. Artikkelit Leica-geosystems AG:n www-sivuilla. Viitattu 19.10.2018.

<https://leica-geosystems.com/fi-FI/about-us/summary/history>

HxGN Smartnet-palvelu. N.d. Leica-geosystems AG:n www-sivut. Viitattu 19.10.2018.

<https://leica-geosystems.com/fi-FI/services-and-support/hxgn-smartnet-satellite-positioning-service>

Jaakkola, M. 2010. Työkoneautomaatio hyötykäyttöön – haaste työnjohdolle - artikkeli. Tierakennusmestari. Viitattu 7.12.2018.

<http://www.tierakennusmestari.com/lehdet/Jaakkola.pdf>

Kananen, J. 2015. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Miten kirjoitan kehittämistutkimuksen vaihe vaiheelta. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kananen, J. 2014. Laadullinen tutkimus opinnäytetyönä. Miten kirjoitan kvalitatiivisen opinnäytetyön vaihe vaiheelta. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kananen, J. 2009. Toimintatutkimus yritysten kehittämisessä. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Karlöf, B. & Lövingsson, F. 2004. Johtamisen näkökulmat, peruskäsitteitä ja -malleja. Helsinki: Edita Publishing.

Keitä me olemme. N.d. Artikkelit Leica-geosystems AG:n www-sivuilla. Viitattu 19.10.2018. <https://leica-geosystems.com/fi-FI/about-us/summary/who-we-are>

Kelahaara, J. 2018. Toteutusmallin tuottaminen ja siirtäminen koneohjausjärjestelmään. Opinnäytetyö, AMK. Lapin ammattikorkeakoulu, Tekniikka ja liikenne, maanmittaustekniikan koulutusohjelma. Viitattu 21.9.2018.

<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201803133304>

Kivinen, T. 2016. Tietomallit ja koneohjaus kuntatekniikan rakentamisessa. Diplomityö, Aalto-yliopisto, yhdyskunta- ja ympäristötekniikka. Viitattu 19.10.2018.

<http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201605262235>

Kupias, P., Peltola, R. & Pirinen, J. 2014. Esimies osaamisen kehittäjänä. Helsinki: Sanoma Pro.

Laurila, P. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. 4.painos. Rovaniemen ammattikorkeakoulu.

Leanin historiaa. N.d. Artikkelit Quality Knowhow Karjalainen Oy:n www-sivuilla. Viitattu 19.10.2018. <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/leanin-historiaa/>

Leica iCON iXE3 – 3D-järjestelmä. N.d. Leica-geosystems AG:n www-sivut. Viitattu 19.10.2018. <https://leica-geosystems.com/fi-FI/products/machine-control-systems/excavator/leica-icon-ixe3---3d-system>

Mikä on DWG? N.d. Tuote-esitys Autodesk Inc:in www-sivuilla. Viitattu 24.1.2019

<https://www.autodesk.fi/products/dwg>

Mikä on tietomalli? 2016. Artikkeliliikenneviraston www-sivuilla Viitattu 21.9.2018.

<https://www.liikennevirasto.fi/palveluntuottajat/inframallit/mika-on-tietomalli-#>.

Mitä koneohjaus on? N.d. Artikkeliliikenneviraston www-sivuilla. Viitattu 19.10.2018.

<http://www.topgeo.fi/tuotteet/koneohjausjarjestelmat-ja-konevastaanottimet/mita-koneohjaus-on>

Mitä on BIM? N.d. Artikkeliliikenneviraston www-sivuilla. Viitattu 19.10.2018.

<https://www.tekla.com/fi/tietoa-meist%C3%A4/mit%C3%A4-bim>

Modig, N. & Åhlström, P. 2016. Tätä on Lean. Tukholma: Rheologica Publishing.

Nieminen, J-M. 2011. Koneohjaus maanrakennustyössä. Opinnäytetyö, AMK. Saimaan ammattikorkeakoulu, Tekniikka, Rakennustekniikan koulutusohjelma. Viitattu 19.10.2018. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201104194518>

Niskanen, J. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015. BuildingSMART. Viitattu

19.10.2018. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA1_Tietomallipohjainen_hanke_V_1_0.pdf

Novatron Oy. 2018. Yritysesittely Novatron Oy:n www-sivuilla. Viitattu 19.10.2018.

<https://novatron.fi/yritys/>

Näpäri, L. 2017. Tutkimuskysymyksen muodostaminen-artikkeli. Spoken Oy. Viitattu

19.10.2018. <https://www.spoken.fi/blogi/tutkimuskysymyksen-muodostaminen>

Ojasalo, K., Moilanen, T. & Ritalahti, J. 2014. Kehittämistyön menetelmät, uudenlaista osaamista liiketoimintaan. 3 painos. Helsinki: Sanoma Pro.

Our Business. N.d. Artikkeliliikenneviraston www-sivuilla. Viitattu 19.10.2018.

<http://global.topcon.com/about/business/>

Ponteva, K. 2010. Onnistu muutoksessa. Helsinki: WSOYpro.

Serén, K. 2014. InfraBIM-sanasto. Building SMART. Viitattu 21.9.2018.

https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2013/10/InfraBIM_Sanasto_0-7.pdf

Tapper, N. 2019. YIV-päivitykset. Sähköpostiviesti 8.2.2019. Vastaanottaja T.Pitkänen.

Torkkola, S. 2015. Lean asiantuntijatyön johtamisessa. Helsinki: Talentum Pro.

Trimnet. N.d. Artikkelit Geotrim Oy:n www-sivuilla. Viitattu 19.10.2018.

<https://www.geotrim.fi/palvelut/trimnet-vrs>

Tuohilampi, T. 2017. Selvitys Rambollin inframalliohjeistuksesta sekä -hankkeista.

Opinnäytetyö, AMK. Metropolia Ammattikorkeakoulu, Maanmittaustekniikka. Viitattu 11.1.2019.

<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201705086729>

Tuominen, K. 2010. Lean – tehoa ja laatua hukan vähentämiseen. Helsinki:

Readme.fi.

Tuote-esite. N.d. CivilPoint. Viitattu 19.10.2018. [https://civilpoint.fi/wp-](https://civilpoint.fi/wp-content/uploads/2018/01/civilpoint-tuote-esite-2017-web.pdf)

[content/uploads/2018/01/civilpoint-tuote-esite-2017-web.pdf](https://civilpoint.fi/wp-content/uploads/2018/01/civilpoint-tuote-esite-2017-web.pdf)

What is a Flowchart. N.d. Artikkelit Lucid software Inc:in www-sivuilla. Viitattu

11.1.2019. <https://www.lucidchart.com/pages/what-is-a-flowchart-tutorial>

Xsite Pro 3D. N.d. Tuote-esite Novatron Oy:n www-sivuilla. Viitattu 19.10.2018.

<https://novatron.fi/koneohjaus/kaivinkoneisiin/xsite-pro-edistynyt-3d/>

YIV 2015 Päivitys, YIV lausuntoversio 11/2018. 2018.

Yleisesite koneohjausjärjestelmät 2017. N.d. Novatron Oy:n www-sivut. Viitattu

19.10.2018. <https://novatron.fi/tiedostot/yleisesite-koneohjausjarjestelmat-2017/>

Yritys. 2018. Ramboll Finland Oy:n www-sivut. Viitattu 10.8.2018.

http://www.ramboll.fi/ramboll_finland_oy

Liitteet

Liite 1. Nykytilannekartoituksen haastattelukysymykset ja -vastaukset

1. Nimi ja työtehtävät koneohjausmalleihin liittyen

Haastateltava 1, Projektipäällikkö, Väylät-yksikkö, Paikkakunta A:

- Työskentelee Paikkakunta A:n väyläyksikössä. Kokemusta > 10 vuotta väyläsuunnittelusta pääsuunnittelijana. Tuli Rambolliin vuonna 2011, josta lähtien tehnyt koneohjausmalleja väylärakentamisen tarpeisiin. Toimii tietomallikoordinaattorina useassa suunnitteluhankkeessa ja on Novapoint-pääkäyttäjä.

Haastateltava 2, Suunnittelija, Väylät-yksikkö, Paikkakunta B:

- Työskennellyt 3 vuotta Rambollissa. Suunnittelutehtävät katu-, väylä-, ja ratahankkeissa. Suunnitteluprojektien tilaajina mm. Liikennevirasto, ELY-keskukset ja kaupungit. Toiminut tietomallikoordinaattorina muutaman vuoden.

Haastateltava 3, BIM developer, Paikkakunta A:

- Tehnyt koneohjausmalleja entisessä työpaikassaan. Rambollissa päätehtävänä Infran tietomallintamisen kehitystyö. Järjestää myös tietomallikoulutuksia projektipäälliköille ja erillisiä tietomallikoordinaattorikoulutuksia. Nykyisin Yleiset Inframallivaatimukset-ohjeistuksen päivitystyössä mukana.

Haastateltava 4, Suunnittelija, Paikkakunta A:

- Tuottanut rakennussuunnitelmamalleja (kadun ylä- ja alapinta) pääasiassa Paikkakunta A:n kaupungille.

Haastateltava 5, Suunnittelija, Paikkakunta A:

- Pääsuunnittelijana toimiminen ja kehitystyön tekeminen Paikkakunta A:n kunnallistekniikan yksikköön. Erilaisia pilot-hankkeita. Toimii tietomallivastaavana sekä Novapoint-ohjelmiston pääkäyttäjänä.

Haastateltava 6, Suunnittelupäällikkö, Paikkakunta C:

- Ei ole tuottanut koneohjausmalleja. Pohjoisen alueen vetovastuu tekniikka-alueyhteistyön kehityksestä. Omissa hankkeissa tehnyt 3D-tasauksia ja taiteviiva-aineistoja. Koneohjausmalleista keskustee lähes päivittäin sidosryhmien kanssa.

Haastateltava 7, Suunnittelija, Paikkakunta D:

- Työskennellyt 1,5 vuotta Rambollilla, sitä ennen FCG:llä suunnittelijana. Kokemusta mm. väylä-, katu- ja vesihuoltosuunnittelusta. Tehnyt rakennussuunnitelmamalleja, joista jalostettu viime aikoina myös koneohjausmalleja Rambollin toimesta.

Haastateltava 8, Suunnittelija, Paikkakunta E:

- Katu- ja kunnallistekniikan suunnittelija. Työskennellyt 3 vuotta Rambollilla. Tuottanut itse todistetusti toimivia koneohjausmalleja työmaalle Paikkakunta E:n energia-yhtiön ja Paikkakunta E:n kaupungin tilauksesta.
 - Kaivannon malli, asennusalusta ja alkutäyttö. Kadun pinnoista ylä- ja alapinta sekä rakennekerrokset.
 - Risteysalueita yritetään mallintaa, mutta liian haastavaa ja työlästä.

Haastateltava 9, BIM-kehitysjohtaja, Paikkakunta B:

- InfraBIM:in kehitystyöt, aloittanut Rambollilla kesällä 2018. Tuottanut koneohjausmalleja aiemmin, mutta nykyisessä työnkuvassaan ei. Aiemmassa työpaikassaan vetänyt koneohjausaineistoihin liittyvää tarkastuspalvelua. Laaja kokemus koneohjausaiheeseen liittyen.

Haastateltava 10, Suunnittelija, Paikkakunta F:

- Toimii tällä hetkellä pääsuunnittelijan roolissa. Tehnyt muutamia koneohjausmalleja väyläsektorille urakoitsijoiden pyynnöstä. Tuottanut pääosin rakennussuunnitelmamalleja Liikennevirastolle ja ELY-keskuksille.

2. Koneohjausmallien ja niiden sisällön ymmärtäminen Ramboll Finlandissa nykypäivänä

Haastateltava 1, Projektipäällikkö, Väylät-yksikkö, Paikkakunta A:

- Väyläyksiköissä hyvä tietotaito koneohjausmallien kanssa, yksiköissä osataan tehdä koneohjausmalleja.
- Yleisten inframallivaatimus-ohjeiden tiivis seuranta ja projektien jatkuvuus tärkeää koneohjausmallien tuottamisessa.
- Tilaajapuolen osaamattomuus/haluttomuus suuressa roolissa myös Paikkakunta A:lla.

Haastateltava 2, Suunnittelija, Väylät-yksikkö, Paikkakunta B:

- Luovutetut aineistot (rakennussuunnitelmamallit) tuotetaan tilaajien (Liikennevirasto, ELY-keskukset, Paikkakunta B) ohjeistusten ja YIV-ohjeen mukaan.
- Haastateltava 2:sen näkemyksen mukaan Rambollissa ei tehdä tilaajille koneohjausmalleja vaan rakennussuunnitelmamalleja, joista urakoitsijat jatkojalostavat koneohjausmalleja.
- Koneohjausosaajia on Rambollilla tällä hetkellä aika huonosti.
- Rakennussuunnitelmamallimme eivät palvele suoraan koneohjausjärjestelmiä, vaan työmaalla joudutaan vielä ahkeroimaan niiden parissa. Urakoitsija haluaisi kaikkien väylien pinnat (esim. kantava kerros) yhtenäisinä pintoina, tuotamme väyläkohtaisesti omat pinnat.
- Suunnittelussa ei ymmärretä urakoitsijan tarpeita koneohjausmallien suhteen, vaan suunnittelijoilla on omat vaatimuksensa ja tilaajien ohjeistukset mallien tekemiseen. Suunnitteluohjeistus on ristiriidassa urakoitsijan tarpeiden kanssa, ohjeistus ei saisi kuitenkaan mennä ainoastaan urakoitsijan halujen ja tarpeiden mukaisesti.

Haastateltava 3, BIM developer, Paikkakunta A:

- Väylän ja kunnallistekniikan puolella paras osaaminen tällä hetkellä koneohjausmallien tuottamisessa, mutta myös muu tietomalliosaaminen on parhaalla tasolla näillä aloilla. Näkee, että Ramboll Finland Oy:n sisällä ei ymmärretä täysin koneohjausmallien sisältöä ja varsinkaan tietomalleihin liittyvää terminologiaa. Alueoimistoissa varsinkaan osaaminen ei ole vielä riittävällä tasolla.

Haastateltava 4, Suunnittelija, Paikkakunta A:

- Itsellään 5 projektin jälkeen koneohjausmallitietämys vasta tarpeeksi hyvällä mallilla. Vähemmän tehneillä sisällön osaaminen tuskin kovinkaan hyvää.

Haastateltava 5, Suunnittelija, Paikkakunta A:

- Tietämys on paranemaan päin, mutta koneohjausmallien tuottaminen on melko huonoa tällä hetkellä. Urakoitsijoiden ja suunnittelijoiden väliltä puuttuu keskusteluyhteys. Rajapinta tekemisen ja ohjeistuksen puolesta on haastava urakoitsijan ja konsultin välillä.
- Konsultin täytyisi tehdä jatkojalostettava rakennussuunnitelmamalli, josta työmaa tekee omiin tarpeisiinsa koneohjausmallit.
- Termit ovat hakusessa konsulttitoimistoissa → aiheuttaa riskejä tarjouksissa ja mallien tekemisessä. Esim. kun puhutaan toteutusmallista, se yhdistetään koneohjausmalliin.
 - Toteutusmalli pitää sisällään työmaan aikataulun ja työvaiheiden jakamisen (kaistat yms.). Toteutusmalli voidaan tehdä ainoastaan urakoitsijan toimesta, joka tuntee työmaan aikataulut ja resurssit.

Haastateltava 6, Suunnittelupäällikkö, Paikkakunta C:

- Ymmärrys on sekavaa, koska terminologia on haastavaa. Koneohjausmalli on terminä hieman jopa pelottava ja sitä pidetään jopa peikkona, koska ymmärrystä ei ole ja tekeminen on epävarmaa.
- Tilaajan pyynnöt ja Rambollin tuottamat aineistot eivät välttämättä täsmää toisiaan. Kuka asian tietää varmasti?
- Suunnitelmamallien tekijöiden ja projektipäälliköiden välinen tietämys ja yhteys on saatava kuntoon, jotta projektipäällikkö ei lupaa aikataulullisesti ja kustannuksellisesti koneohjausmalleja liian kevyesti.
- Rakennussuunnitelmamallit tulisi olla risteysten ja kiertoliittymien kohdalla toteutettavissa koneohjausmalleiksi kustannustehokkaasti, koska tilaajat ja urakoitsijat todennäköisesti haluaisivat juuri ne haastavat kohdat malleina.
- Ne, jotka ovat sisällä koneohjausmallien tekemisessä osaavat ja ymmärtävät asian, mutta ne jotka eivät ole sisällä niissä tai sivuavat aihetta, ovat liian pihalla asioista.
- Yhtenäiset toimintatavat tietoon ja jakoon koko Ramboll Finland Oy:ssä (kansiorakenne, tuottamismenetelmät yms.).
- Kenen vastuu koneohjausmallien tuottamisesta ja niiden sisällöstä (suunnittelija vai urakoitsija)?
- Näkee, että koneohjausmallien tekeminen on työlästä.

Haastateltava 7, Suunnittelija, Paikkakunta D:

- Tuottaminen parantunut viime aikoina suunnittelutöiden ja koneohjausmallien tuottamisen lisääntyä.

Haastateltava 8, Suunnittelija, Paikkakunta E:

- Harva on lukenut Yleiset inframallivaatimukset-ohjetta tai ymmärtää syvemmin koneohjausmallien tekemisestä. Joka kohteessa on aina omat yksilölliset haasteensa.
 - Koneohjausmallien tekijät osaavat hyvin, mutta tekemisen ulkopuolelta tulevat eivät ymmärrä haasteita ja työvaiheiden laajuutta.

Haastateltava 9, BIM-kehitysjohtaja, Paikkakunta B:

- Haasteena koneohjausmallien osaamisen henkilöityminen kapealle sektorille. Osaavia tekijöitä on vähän.
- Koneohjausmallien tuottaminen on kivulias prosessi, koska tietomallin sisältöä täytyy ymmärtää laajasti asiakkaiden vaatimusten takia.
- Asiakkaan, urakoitsijan ja suunnittelutoimiston tarpeet ja ymmärtäminen ovat erilaisia. Puhutaan eri termeistä eri sisällöllä. Mennyt viime aikoina tosin parempaan suuntaan.

Haastateltava 10, Suunnittelija, Paikkakunta F:

- Yleensäkin Rambollin väyläyksiköissä tekeminen ja ymmärtäminen hyvää niin rakennussuunnitelmamallien kuin koneohjausmallienkin kanssa. Käsitys, että Paikkaunta F:n kaupungin katusuunnitteluhankkeissakin suunnitelmamallien tuottaminen on laadukasta.

3. Koneohjausmallien tuottamisen määrä ja laatu nykypäivänä

Haastateltava 1, Projektipäällikkö, Väylät-yksikkö, Paikkakunta A:

- Kaikista suunnittelukohteista tehdään koneohjausmallit ja laatu on tarpeeksi hyvää.

Haastateltava 2, Suunnittelija, Väylät-yksikkö, Paikkakunta B:

- Tilajasta riippuen: ELY-keskuksille, Liikennevirastolle ja Paikkakunta B:n kaupungille tehdään rakennussuunnitelmamallit. Pieniin hankkeisiin ei ole välttämättä tarvetta ja kannattavuutta tehdä malleja kustannuksien säästämiseksi. Koneohjausmallit tehtävä aina hankekohtaisesti.

Haastateltava 3, BIM developer, Paikkakunta A:

- Ei ole tekemässä koneohjausmalleja, joten tietämys tähän haastattelukysymykseen on huono. Arvio on, että tekeminen vaihtelee suuresti tilaajista riippuen. Mallien laadusta arvio on hyvä, mutta uskoo, että malleja joudutaan työmaalla vielä muokkaamaan esim. eri valmistajien koneohjausjärjestelmien mukaisiksi.

Haastateltava 4, Suunnittelija, Paikkakunta A:

- Jokaisen projektin loputtua on luovutettu rakennussuunnitelmamallit.

Haastateltava 5, Suunnittelija, Paikkakunta A:

- Tehdään "Koneohjausmallien tuottamista palveleva aineisto". Paikkakunta A:n kaupungilla konsulttiohjeistus rakennussuunnitelmamallien tekemisestä, ala- ja yläpinta: taiteiviivat ja kolmioverkko. YIV:n 5.2-mukaista aineistoa pyritään tekemään, mutta esim. liittymäkainalot leikataan malleista pois, koska vaatii liikaa käsityötä.
- Yleisnäkemys on, että pääsääntöisesti rakennussuunnitelmavaiheessa tehdään aina "koneohjausmalli", mutta epäselvää on se, että luovutetaanko aineistoa tilaajille/urakoitsijoille.
- Inframalliluettelo (tai muu vastaava dokumentti) täytyy tehdä, jossa kerrotaan revisiot ja mallien puutteet (reunakivimadallus ym.), jotta turvataan oma tekeminen ja pohjustetaan mallien käyttämistä työmaavaiheeseen. Luovutettavien mallien tarkistaminen tärkeää.
- Novapointissa esiintynyt tiedonsiirto-ongelmia, esim. Inframodel-tiedonsiirtoformaattiin ei tulostu vesijohtojen kulmakappaleet, ehkä korjattu uusiin versioihin?

Haastateltava 6, Suunnittelupäällikkö, Paikkakunta C:

- Väyläpuolella rakennussuunnitelmamallit tehdään Liikennevirastolle. Laatu on oletettavasti hyvää.

Haastateltava 7, Suunnittelija, Paikkakunta D:

- Paikkakunta D:n kaupunki tilaajana vaatii kaikista suunnittelukohteista koneohjausmallit. Nykyisin koneohjausmalli tarjotaan vasta rakennussuunnitelmamallin valmistamisen jälkeen erillisenä työnä. Myös katujen rakennekerrokset ja liittymät mallinnetaan kaikista kohteista.
- Vesihuoltokaivannoista mallinnetaan ainoastaan runkolinjat. Ei mallinnetta ritiläkaivoja tai niille meneviä putkia eikä tonttiliittymiä.

Haastateltava 8, Suunnittelija, Paikkakunta E:

- Paikkakunta E:n energiayhtiön ja kaupungin kohteista tuotetaan kaikista kohteita koneohjausmallit.

Haastateltava 9, BIM-kehitysjohtaja, Paikkakunta B:

- Paikkakunta B:n kaupunki on kaupunkitilaajana osaava ja tilaa koneohjausmalleja.
- Rambollin sisällä tuotetuissa määrissä suuria eroja osajien fyysisen sijainnin takia. Väyläyksiköissä osaaminen on parempaa. Tilaajapuolellakin on suuria osaamiseroja eri yksiköiden välillä, esim. ELY-keskukset.
- Tehdään tällä hetkellä niin hyvää laatua kuin pystytään nykyisillä ohjelmistoilla ja osaamisella.

Haastateltava 10, Suunnittelija, Paikkakunta F:

- ELY-keskusten ja Liikenneviraston hankkeissa tuotetaan rakennussuunnitelmamallit, Paikkakunta F:n kaupunki ei malliaineistoja vaadi. Myöskään Paikkakunta F:n vesilaitosyhtiö ei vaadi mitään tietomalliaineistoja suunnittelukohteistaan.

4. Käytetyt työkalut/suunnitteluohjelmistot koneohjausmallien tuottamiseen

Haastateltava 1, Projektipäällikkö, Väylät-yksikkö, Paikkakunta A:

- Suunnitteluohjelmistoista käytössä on Novapoint, Autocad ja 3D-win. Novapointista luodaan taiteviiva-aineisto, joka Autocadin puolella siivotaan ja viimeistellään. 3D-winissä pääasiassa kolmiointi ja taiteviivojen tarkastaminen. Työmaa kolmioi pääosin itse Rambollin tuottaman taiteviiva-aineiston.

Haastateltava 2, Suunnittelija, Väylät-yksikkö, Paikkakunta B:

- Suunnitteluohjelmistoista käytössä on Novapoint, Autocad ja 3D-win. Visuaalista tarkastelua tekee Novapointin VDC-Explorerilla ja Trimble Connectilla. Finnish value packin siivoustoiminto tehdään nopeammin saman työkalun 3D-poikkileikkauksista manuaalisesti siivoamalla.

Haastateltava 3, BIM developer, Paikkakunta A:

- Suunnitteluohjelmistoista käytössä on Novapoint, Autocad ja 3D-win. Teklacivillä ei yleisesti käytetä. Tärkeintä olisi käyttää tehokkainta työkalua ja ohjelmistoa.

Haastateltava 4, Suunnittelija, Paikkakunta A:

- Suunnitteluohjelmistoista käytössä on Novapoint, Autocad ja 3D-win.

Haastateltava 5, Suunnittelija, Paikkakunta A:

- Suunnitteluohjelmistoista käytössä on Novapoint, Autocad ja 3D-win. Novapointista pyritään luomaan tietomalliaineisto, 3D-winillä tehdään tarkistukset. Tekla ilmeisesti tuottaa hyvin aineistoa suoraan. Lisäksi Terrasolid käytössä pienellä käyttäjäkunnalla.

Haastateltava 6, Suunnittelupäällikkö, Paikkakunta C:

- Suunnitteluohjelmistoista käytössä on Novapoint, Autocad ja 3D-win. Intialaiset käyttivät RoadXML:ää (kaarteet helpompia tehdä). Miten koneohjausmalleja tehdään muualla Pohjoismaissa?

Haastateltava 7, Suunnittelija, Paikkakunta D:

- Novapointista tuotettu taiteviiva-aineisto, 3D-winissä tehdään aineiston siivous, tarkastaminen ja kolmiointi.

Haastateltava 8, Suunnittelija, Paikkakunta E:

- Suunnitteluohjelmistoista käytössä on Novapoint (Road Professional, Water&Sewer), AutoCAD:in Finnish value pack ja 3D-win.
- Novatronin Landnova-ohjelmistossa tehdään koneohjausmallin testaus. Trimblen Business Centerillä saisi myös tarkastettua, mutta ei ole saanut ohjelmaa toimimaan.

Haastateltava 9, BIM-kehitysjohtaja, Paikkakunta B:

- Novapoint, AutoCAD:in lisäosat ja eri versiot, 3D-win ja TeklaCivil

Haastateltava 10, Suunnittelija, Paikkakunta F:

- Suunnitteluohjelmistoista käytössä on Novapoint, Autocad ja 3D-win.

5. Nykyisten tuottamismenetelmien ongelmat ja riskit

Haastateltava 1, Projektipäällikkö, Väylät-yksikkö, Paikkakunta A:

- Novapointin kolmiointi saattaa poistaa vertexejä, silottaen aineistoa liikaa. Tuplatyö taiteviiva-aineiston tarkastamisesta.
- Aineiston siirtäminen ohjelmasta toiseen aiheuttaa epävarmuutta. Toivoisi yhden ohjelman käyttöä suunnitteluprosessiin, koska Novapointista ei saada pintoja oikein eikä jatkuvaa mallia.
- Mittalinja- ja paalupoikkileikkaus-ajattelu (esim. 10 metrin välein) haittaa uloskirjoitetun aineiston tuottamista. Trimblen mukaantulo uudistaa ohjelman työkaluja?
- Inframodel3-tiedostoformaatin hyödyntäminen vielä lapsen kengissä. Inframodel4-tiedostoformaattia ei vielä käytössä.

Haastateltava 2, Suunnittelija, Väylät-yksikkö, Paikkakunta B:

- Pintamallien teko aloitetaan liian aikaisin, koska muutosten (revisioiden) myötä pintamallit joudutaan tekemään uudestaan.
- Ohjelmistot (mm. Novapoint) eivät taivu pintamallien tekoon kovinkaan hyvin liittymien kohdalla.
- Laskentaperusteet ja tiedonsiirtoasetukset pitäisi olla samat kaikissa ohjelmistoissa.
- Ohjeistukset ja vaatimukset ohjaavat siihen, että liian aikaisessa hankevaiheessa tehdään liian tarkkaa työtä.
- Ylituottamisen riski silloin kun urakoitsija ei pysty malleja hyödyntämään.

Haastateltava 3, BIM developer, Paikkakunta A:

- Ohjelmien välillä siirtyminen on liian työllistävää ja aineiston siirtämisessä voi olla riski tietojen katoamisesta (siirretty aineisto ei ole enää suunniteltu aineisto).

Haastateltava 4, Suunnittelija, Paikkakunta A:

- Monimutkaisemmat kadut ovat vaikeita tuottaa hyviksi malleiksi ilman suurta käsi-työmäärää. Mallinnettavien alueiden rajaaminen olisi tärkeää. Mallinnetaanko esim. risteysalueet?
- Taiteviivojen oikeellisuus Autocadin puolella, pienissä projekteissa taiteviivojen siivoaminen on iso kustannus suunnitteluprojektissa.
- Tärkeää mainita luovutettavien mallien puutteet, esim. mittausaineiston muuttuminen laserkeilausaineistoksi: luiskat eivät välttämättä ole mallissa oikein.
- Rakennussuunnitelmamallien päivittäminen, revisiot unohtuvat usein tehdä tietomalliin.

Haastateltava 5, Suunnittelija, Paikkakunta A:

- Riskinä on ylimallintaminen. Jos tehdään paljon käsin työtä esim. taiteviivojen siivoamisen kanssa ja työmaalla muuttuu esim. tasaus lähtötiedon puutteen takia niin, luovutetun mallin käyttö silloin on turhaa. Käsin tehty työ menee silloin hukkaan, kun tämä kyseinen kohta ei ole oikein väylämallissa, jonka muuttaminen on nopeampaa.
 - → Ratkaisuna, että luovutettavia malleja ei päivitetä työmaan tarpeisiin vaan revisiot tehdään niin sanotusti ”perinteisin menetelmin”.
- Nykyiset ohjelmistot eivät toimi katumaailmassa, ei saa aikaan ns. järkevää aineistoa liittymien ja nopeiden muutosten kuten reunatukien madallusten kanssa.
- Suunnittelijan täytyy olla kokenut ja ymmärtää suunnitelmien sisältö, sekä huomata omasta suunnitelmamallista poikkeamat. Suunnittelutaito hämärtyy mallien tekemisessä, koska mallit näyttävät hyvältä, mutta saattavat sisältää virheitä esim. kadun kaltevuuksien osalta.

Haastateltava 6, Suunnittelupäällikkö, Paikkakunta C:

- Käsitys siitä, että Novapoint ei tee aineistoa oikein ja sitä joudutaan muokkaamaan käsin.
- Taiteviiva-aineistossa suunnittelijalla täytyy olla ammattitaitoa viivojen siivoamisen ja yhdistämisen kanssa. Työtä ei voi siirtää halvemman veloitusluokan henkilöille vaan suunnittelijan täytyy tehdä mallinnustyö itse alusta loppuun.
- Miten tehty aineisto pitäisi tarkastaa ja onko meillä oikeasti tietotaito tuotetun aineiston oikeellisuudesta?

Haastateltava 7, Suunnittelija, Paikkakunta D:

- Novapointilla mallintamisessa puutteita: liittymien sekä reunakivien laskut ja nousut ovat hidasta ja työläitä mallintaa käsin. Tilaaja ei ole valmis maksamaan, koska kustannukset nousevat.
- Koneohjausmallien tuottaminen on tarkkuutta vaativaa työtä, joka on hidasta.
 - Kokeneella suunnittelijalla kuluu päivä per liittymä mallintamiseen.
- Kaivanto tehty myös väylämallina, koska W&S:n tuottamaan kaivantoon tulee ylimääräistä aineistoa. Alkutäyttöä ei ole vaadittu mallinnettavaksi.

Haastateltava 8, Suunnittelija, Paikkakunta E:

- Taiteviivojen tuottamisen hankaluus Novapointin Väylämalli-ohjelmasta (mm. kaartet ja liittymät)
 - Siivoaminen ja tarkastaminen ovat aikaa vievää, varsinkin jos kyseessä on monimutkaisempi katu.

Haastateltava 9, BIM-kehitysjohtaja, Paikkakunta B:

- Vähänkin monimutkaisempien suunnittelukohteiden koneohjausmallien tuottaminen nykyisillä työkaluilla on haaste.
- Suunnitteluohjelmien uloskirjoitustoiminnot ovat suuri ongelma.
 - Riskinä alkuperäisen suunnitelmamallin sisällön muuttuminen uloskirjoituksessa ja ohjelmien välillä.
 - Suunnitelmamallien uloskirjoittaminen täytyisi saada yksinkertaisemmaksi ja tehokkaammaksi.
- Suunnittelijan työ menee liian paljon mallin viimeistelyyn, johon kuluu lukuisia tunteja/päiviä.
 - Siivoamisen riskit tiedostettava.
- Kolmioverkot lasketaan ja tuotetaan kaikissa ohjelmistoissa eri tavoilla.
- 3D-winin riskit täytyisi tunnistaa paremmin. Ohjelmaa pidetään yleisesti liian hyvänä.
- Koneohjausmallien tuottamisen kustannustehokkuus. Minkälaisiin kohteisiin ja minkälaisen laadun tavoittelemisen on järkevää?
- Osaamisen ja tietämisen laajentaminen Rambollin sisällä paikkakuntakohtaisesti. Liian suurta vaihtelua tällä hetkellä.

Haastateltava 10, Suunnittelija, Paikkakunta F:

- Nykyisillä ohjelmistoilla koneohjausmalliaineistojen tuottamiseen kuluva aika ja syntyvät kustannukset ovat suurin ongelma.
 - Yksinkertaisimmat suunnittelukohteet saadaan kirjoitettua ulos suht hyvin, mutta vähänkin monimutkaisempien suunnittelukohteiden taiteviiva-aineistot hajoavat ja ne sijoittuvat osittain väärin paikkoihin. YIV-nimikkeistön mukaisen koodauksen tekeminen jälkikäteen käsin vie aikaa.
 - Suunnittelukustannuksia syntyy liikaa koneohjausmallien siivoamisesta ja käsin korjaamisesta/muokkaamisesta.

6. Käytetyt ohjeistukset ja ohjeistuksen tarve koneohjausmallien tekemisessä

Haastateltava 1, Projektipäällikkö, Väylät-yksikkö, Paikkakunta A:

- Mikko Alilonttisen tekemä ohjeistus (Mittausaineiston laadinta 5.6.2017)
- Yleiset inframallivaatimukset 2015 (YIV)
- Civilpointin ohjeistus Finnish value packista
 - Inframodel-aineiston tuottaminen ja siirtotiedoston luominen.
- Mikko Alilonttisen tekemä ohjeistus Helsingin kaupungille koneohjausmallien hyödyntämisestä.

Haastateltava 2, Suunnittelija, Väylät-yksikkö, Paikkakunta B:

- Mikko Alilonttisen tekemä ohjeistus (Mittausaineiston laadinta 5.6.2017)
- Yleiset inframallivaatimukset 2015 (YIV)

Haastateltava 3, BIM developer, Paikkakunta A:

- Ohje Novapoint mittausaineiston laadinta (IM3).
- Koneohjausmallin sisältöluonnos 28.11.2014
- Verkkolevyillä mahdollisia ohjeistuksia?

Haastateltava 4, Suunnittelija, Paikkakunta A:

- Yleiset inframallivaatimukset 2015 (YIV)
- Ohjelmisto-oppaat mm. Civilpointilta

Haastateltava 5, Suunnittelija, Paikkakunta A:

- Yleiset inframallivaatimukset 2015 (YIV)
- Civilpointin ohjeistukset.
- Mikko Alilonttisen tekemä ohjeistus (Mittausaineiston laadinta 5.6.2017)

Haastateltava 6, Suunnittelupäällikkö, Paikkakunta C:

- Ei tiedossa, tiedustele ohjeistuksen olemassaoloa. Voisiko olla A4-kokoinen "silmäysohje", joka on kevyt ja helposti luettavissa sisältäen termistön helpon katsauksen.

Haastateltava 7, Suunnittelija, Paikkakunta D:

- Yleiset inframallivaatimukset 2015 (YIV)
- Sharepointissa sijaitseva InfraBIM-aineisto
- Civilpointin internetsivujen ohjeistusvideot

- Paikkakunta D:n ohjeistus ja vaatimukset koneohjausmalleille.

Haastateltava 8, Suunnittelija, Paikkakunta E:

- Yleiset inframallivaatimukset (aineiston numeroinnit ja koodaukset)
- Landnovan muunnineditoriohjeistus 3D-winiin

Haastateltava 9, BIM-kehitysjohtaja, Paikkakunta B:

- Yleiset inframallivaatimukset 2015 (YIV)
- Kaupunkien omat ohjeet, jotka nojautuvat Yleiset inframallivaatimukset-ohjeeseen
 - Mm. Oulu, Tampere, Espoo, Helsinki, Lahti ja Turku
- Mikko Alilonttisen tekemä ohjeistus (Mittausaineiston laadinta 5.6.2017)
 - Toimii yleisohjeena kaikille hankevaiheille
- Kaikki ohjeistukset tulisi päivittää esim. muutaman kerran vuodessa.
- Videoiden hyödyntäminen uusia ohjeistuksia tehdessä kannattaisi huomioida

Haastateltava 10, Suunnittelija, Paikkakunta F:

- Yleiset inframallivaatimukset 2015-ohje (YIV)
- Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje (Liikenneviraston ohjeita 12/2017)
- Mikko Alilonttisen tekemä ohjeistus (Mittausaineiston laadinta 5.6.2017)

7. Koneohjausmallien tuottaminen tilaajan pyynnöstä vai urakoitsijan pyynnöstä

Haastateltava 1, Projektipäällikkö, Väylät-yksikkö, Paikkakunta A:

- Urakkamuoto lähinnä sanelee. Liikennevirastolta tulee yleisesti tarkat määrittelyt koneohjausmalleille tarjouspyynnössä, mutta urakoitsija yleensä vaatii mallit. Toisin sanoen tilaaja määrittelee, urakoitsija pyytää.
- Koneohjausmallien tekeminen pitäisi sisällyttää urakka-asiakirjoihin, jotta saadaan työmaapalveluna koneohjausmallit tehtyä, jos tilaaja ei ole niitä erikseen suunnittelutarjouksessaan pyytänyt.

Haastateltava 2, Suunnittelija, Väylät-yksikkö, Paikkakunta B:

- Lähtökohtaisesti tilaajan pyytämä rakennussuunnitelmamalli ja urakoitsija jalostaa koneohjausmallin itse.

Haastateltava 3, BIM developer, Paikkakunta A:

- Ei osaa ottaa kantaa.

Haastateltava 4, Suunnittelija, Paikkakunta A:

- Tarjouksessa tarjotaan ylä- ja alapintamallia tilaajalle, mutta urakoitsijan kanssa sovitaan koneohjausmallien toimittamisesta.

Haastateltava 5, Suunnittelija, Paikkakunta A:

- Paikkakunta A:n hankkeissa konsulttiohje tilaajan puolelta.
- Urakoitsijoilta tullut yhä enemmän pyyntöjä koneohjausaineistoista.

Haastateltava 6, Suunnittelupäällikkö, Paikkakunta C:

- Oman käsityksen mukaan tilaajan pyynnöstä. Espoon, Joensuun ja Kuopion kaupungit pyytävät.
- Urakoitsijan näkökulmaa täytyisi saada enemmän selville, jotta tiedettäisiin mitä he tekevät Rambollin luovuttamalle aineistolle, jotta se on luettavissa koneohjausjärjestelmiin.

Haastateltava 7, Suunnittelija, Paikkakunta D:

- Pääasiassa tilaajat pyytävät aina, mm. Paikkakunta D:n kaupunki.
- Tarjouksen luonne vaikuttaa kenelle koneohjausmalleja tuotetaan: tilaajalle vai suoraan urakoitsijalle.

- Urakoitsijoiden omat mittamiehet ovat tehneet ja muokanneet itse koneohjausmalleja, jos niihin on tullut muutoksia.
- Paikkakunta D:n kaupunki ei ymmärrä mikä koneohjausmallien tekemisessä maksaa ja vaativat niiden tekemisen kehittämistä.

Haastateltava 8, Suunnittelija, Paikkakunta E:

- Koneohjausmallit tuotetaan tilaajan pyynnöstä
- Jos koneohjausmalli on tehty alkujaan Novatronin koneohjausjärjestelmiin sopiviksi (Inframodel 3), mutta jos urakoitsija on käyttänyt Trimblen vastaavaa, tilaaja on siinä tapauksessa maksanut koneohjausmalliin tehtävät muutostyöt, jotta ne on saatu toimimaan Trimblen koneohjausjärjestelmissä.

Haastateltava 9, BIM-kehitysjohtaja, Paikkakunta B:

- Keskusteltiin asiasta muiden haastattelukysymysten kohdalla. Tietyt tilaajat kuten eri kaupungit, ELY-keskukset ja Liikennevirasto nousivat esille.

Haastateltava 10, Suunnittelija, Paikkakunta F:

- Rakennussuunnitelmamallit ELY-keskuksille ja Liikennevirastolle. ST-hankkeissa urakoitsijat pyytävät koneohjausmalleja.

8. Tuotetuista koneohjausmalleista saatu palaute tilaajilta ja urakoitsijoilta

Haastateltava 1, Projektipäällikkö, Väylät-yksikkö, Paikkakunta A:

- Palaute pääosin hyvää.
 - Yhdessä suunnittelukohteessa oli joitakin virheitä mallissa ja urakoitsija palautti mallit muokattavaksi.
 - Toisessa kohteessa alin yhdistelmäpinta oli kaivettu sellaisenaan, sivuojen keräämiä vesiä ei otettu työmaalla huomioon vaan kaivanto oli vedessä, koska ojat eivät vielä johtaneet mihinkään. Tämä kuuluisi kuitenkin työmaan vaiheistuksen miettimiseen.
- Koneohjausmallit toimivat parhaiten suorilla osuuksilla, esim. risteysalueiden mallinnus (mm. siirtymäkiilat) kannattaa miettiä, että jätetäänkö kokonaan mallintamatta kustannustehokkuuden puuttumisen takia.
- Koneohjausmallien alkuvaiheilla urakoitsijat käyttivät sokeasti koneohjausmalleja tekemiseen, mutta nykyään hyödyntävät paremmin omassa tekemisessään.

Haastateltava 2, Suunnittelija, Väylät-yksikkö, Paikkakunta B:

- Ei palautetta urakoitsijalta eikä tilaajilta.
- Aineistot menevät Infrakitiin tarkastukseen, mutta se ei ota kantaa suunnitelmien oikeellisuuteen.

Haastateltava 3, BIM developer, Paikkakunta A:

- Ei osaa ottaa suoraan kantaa, mutta arvelee urakoitsijoiden kiroavan Ramboll Finlandin koneohjausmalleja.

Haastateltava 4, Suunnittelija, Paikkakunta A:

- Kiitoksia nopeasta toimituksesta, mutta rakennussuunnitelmamallien laadusta ei ole tullut palautetta.
- Malleissa ja rakennussuunnitelmissa (paperiversiot) ollut joskus eroavaisuuksia
- Jos risteysalueita ei ole mallinnettu, niin palautetta tulee.

Haastateltava 5, Suunnittelija, Paikkakunta A:

- YIV-ohjeistuksen kappale 5.2 määrää, että onko tuotettu aineisto koneohjausmallin määritelmän mukainen.

- Palautteena tullut urakoitsijalta, että aineisto on ihan ok, mutta ei sitä voida vielä koneohjaisaineistona pitää. Kolmioverkoissa on eroa työmaan tekemien kolmiointien kanssa. Novapointilla tehdyssä kolmioverkossa saattaa olla reikiä.
- Tilaaajalta saatu kommenttia, että luovutettu aineisto ei vaan lukeudu koneohjausjärjestelmään sisälle.
 - Novatronin koneohjausjärjestelmään menee lähes kaikki tuotettu aineisto
 - Trimblen koneohjausjärjestelmät ovat hankalimpia ja epätoivotuimpia.
 - Leican koneohjausjärjestelmiin täytyy lisätä paaluvälejä, joilla malli on voimassa, hakemistorakenne täytyy olla oikein muistitikulla ja aineisto on oltava oikean polun takana kyseisellä muistitikulla

Haastateltava 6, Suunnittelupäällikkö, Paikkakunta C:

- Yleiskäsitys on, että mallit ovat olleet kelpollisia. Aineisto on ollut joskus jopa liian tarkkaa, mallinnettu esim. kaikki rakennekerrokset, vaikka on pyydetty vain suunniteltu ylä- ja alapinta.

Haastateltava 7, Suunnittelija, Paikkakunta D:

- Alkuvaiheessa koneohjausmalleissa oli liikaa korkeuspisteitä, vaikka ne oli tuotettu Civilpointin ohjeiden mukaan. Tarkastaminen oli hankalaa.
- Nykyään koneohjausmalleista on tullut hyvää palautetta.
- Novapointin kolmioinnissa ongelmia koneohjausjärjestelmien ymmärtämisessä. 3D-winissä ei samaa ongelmaa ole.
- Nykyisiin pintoihin ja rakennekerrokseen liittyminen on hidasta ja maksaa, tilaajalta huonoa palautetta sen takia.

Haastateltava 8, Suunnittelija, Paikkakunta E:

- Risteysalueissa on ollut liian suuret kolmiot
- Eräessä tapauksessa vesihuoltokaivannon mallista on tullut kommenttia, että kaivanto on 0,2 metriä liian matala. Käytetty lähtöaineisto (nykyinen maanpinta ja nykyinen verkostokartta) eivät vastanneet todellisuutta.
- Eri koneohjausjärjestelmistä tullut kommentteja
 - Novatroniin on luettu tuotettua Inframodel3-aineistoa suoraan
 - Trimblen koneohjausjärjestelmään koneohjausmallin koordinaatistoa on täytynyt lyhentää kahdella ensimmäisellä numerolla sekä tehdä muutoskonvertointi Trimblen Business Centerillä
- Konekukset ovat olleet koneohjausmalleihin tyytyväisiä → nopeuttaa ja helpottaa työtä. GPS-tarkkuus on ollut joskus huono puiden ja rakennusten lähellä.

Haastateltava 9, BIM-kehitysjohtaja, Paikkakunta B:

- Ei osaa vastata lyhyen Ramboll-kokemuksensa johdosta.
- Suunnittelijoiden olisi tärkeää tietää urakoitsijan käyttämät koneohjausjärjestelmät koneohjausmalleja tehdessä.

Haastateltava 10, Suunnittelija, Paikkakunta F:

- Palautetta on tullut vähän. Tulkitsee vähäisyyden määrän, että koneohjausmallit ovat olleet laadukkaita.
 - Yhtenäisten rakennekerrosten pintojen puutteista on tullut moitetta: esim. liittymäalueiden rakennekerrokseen jätetyistä raoista.
 - Väylän yläpinta tehdään aina yhtenäisenä, mutta rakennekerrokseen ja väylän alapintaan jätetään rakoja ohjelmistojen hankaluuksien takia.

9. Koneohjausmallien tuottamisen kehittämisideat

Haastateltava 1, Projektipäällikkö, Väylät-yksikkö, Paikkakunta A:

- Ohjelmistokehitys olisi tärkeintä. Suunnitteluohjelmisto, jolle kerrotaan reunakiven korkeus ja ohjelma tekisi sen oikein tasauksellisestikin valmiiksi asti. Väyläsuunnittelutyökalu (Road Professional) täytyisi suunnitella kokonaan uusiksi Novapointiin ottaen huomioon nykyiset suunnittelutarpeet.
- Suunnitelmamallien hifistelyyn käytetään paljon aikaa, mutta Novapointista uloskirjoittamisen jälkeenkin joudutaan vielä muokkaamaan koneohjausmallia tuhottomasti aikaa vieden eikä sekään malli vielä välttämättä toimi työmaalla sellaisenaan.
- Saneerauskohteet haastavia tehdä koneohjausmalleiksi, koska lähtötietojen puutteellisuus voi romuttaa koko mallin käytön (esim. rakennekerrosten käytettävyyden).
- Koneohjausmallin tulisi olla tukipinta työmaata varten eikä sitä lähdettäisi liikaa hieromaan. Tehtäisiin esim. vain kadun yläpinta ja alapinta, joista saadaan suurin hyöty. Detaljimallinnusta ei pitäisi tehdä ollenkaan, koska sisältö on InfraRYL:issä ja se on yleensä liikaa aikaa vievää hyötyihin nähden.
- Vastuuasiat täytyisi määritellä tarkasti, jos urakoitsija käyttää muutaman miehen pikukirjoituksia, jotka tekevät koneohjausmalleja Rambollin tekemistä suunnitelmista. Pääsääntöisesti suunnittelijan täytyisi itse tehdä suunnitelmamallista koneohjausmalli.
- Norjassa mallinnetaan vain kadun ylä- ja alapinta ja se on todettu toimivaksi ratkaisuksi.
- Katupuolella koneohjausmallien hyödyntäminen kustannustehokkuuden kannalta täytyisi määritellä. Esim. risteysalueiden mallintaminen ja mallintamatta jättäminen.

Haastateltava 2, Suunnittelija, Väylät-yksikkö, Paikkakunta B:

- Ohjelmistojen kehittäminen siten, että pintamallit tulisivat "nappia-painamalla"-periaatteella.
- Vuorovaikutuksen parantaminen eri osapuolten osalta (suunnittelija-tilaaja-urakoitsija).
- Ohjeistuksien yhtenäistäminen.

Haastateltava 3, BIM developer, Paikkakunta A:

- Termistöjen, koneohjausmalliprosessin ja tietomallien elinkaaren auki selittäminen.
- Ohjelmistojen kehittäminen. Mieluusti yksi ohjelma käytössä, jotta tekeminen tehostuu.

- Suunnittelija voisi tuottaa jatkojalostettavan rakennussuunnitelmamallin, josta urakoitsija tekee kokonaan itse koneohjausmallin.

Haastateltava 4, Suunnittelija, Paikkakunta A:

- Ohjelmistokehitykseen siten, että mallien uloskirjoittaminen valmiina olisi yksinkertaisempaa.
 - Tiettyjen taiteviivojen valinta listasta tai 3D-ikkunasta ulos kirjoittaessa. Novapoint tuo tällä hetkellä kaikki.
- Yhden ohjelman käyttö koko suunnitteluprojektissa.

Haastateltava 5, Suunnittelija, Paikkakunta A:

- Ohjelmistojen määrittely, että miten saadaan paras aineisto tehtyä: millä ohjelmistoyhdistelmillä saadaan paras aineisto nopeimmin tehtyä. Saisiko Novapointilla kaikki työvaiheet tehtyä? Mitä vähemmän ohjelmistoja käytössä, sen parempi.
- Tiedonsiirrossa saattaa tulla lukuvirheitä yms., kun ohjelmistojen välillä aineistoa siirrellään. 3D-win on pääsääntöisesti maastomittausohjelma, sillä on hyvä tarkistaa aineistoja, ei suunnitella sellaisia.
- Parametrisen suunnittelun parantaminen esim. liittymäalueilla.
- Kustannustehokkuuden miettiminen on tärkeää mallien tuottamisessa. Mitä mallinetaan ja missä vaiheessa mallinetaan?

Haastateltava 6, Suunnittelupäällikkö, Paikkakunta C:

- Tarvetta selkeälle, yksinkertaiselle ohjeistukselle.
- Katsominen Novapoint-ohjelmiston käyttämisen ulkopuolelle.
- Onko kaikilla sama ongelma Novapointin kanssa, että ei pystytä vai eikö vaan osata tuottaa aineistoja yksinkertaisesti ja helposti?
- Onko asenteissa ongelmia Novapointin käytön kanssa? Oletetaan, että ohjelmalla ei voida tehdä, vaikka todellisuudessa voitaisiinkin tehdä hyviä koneohjausmalleja.

Haastateltava 7, Suunnittelija, Paikkakunta D:

- Tilaajalta vaadittava kattava mittausaineisto lähtötiedoksi, jotta koneohjausmallien tekemisessä on järkeä.
- Novapointin tuottama aineiston kehittäminen varsinkin tuotettujen korkeuspisteiden ja kolmioinnin osalta.

Haastateltava 8, Suunnittelija, Paikkakunta E:

- Novapointista täytyisi saada kirjoitettua fiksummin taiteviivat ulos.

- Novapointin ja Autocadin kautta kaikki inframodel-aineistot uloskirjoitettua, jotta 3D-win jäisi pois työvaiheista.
- Asennusalustan ja alkutäytön taiteviivojen uloskirjoitus Novapointista
- Tarvittaisiin koneohjausmallien tekemistä palveleva kevyt ohjeistus

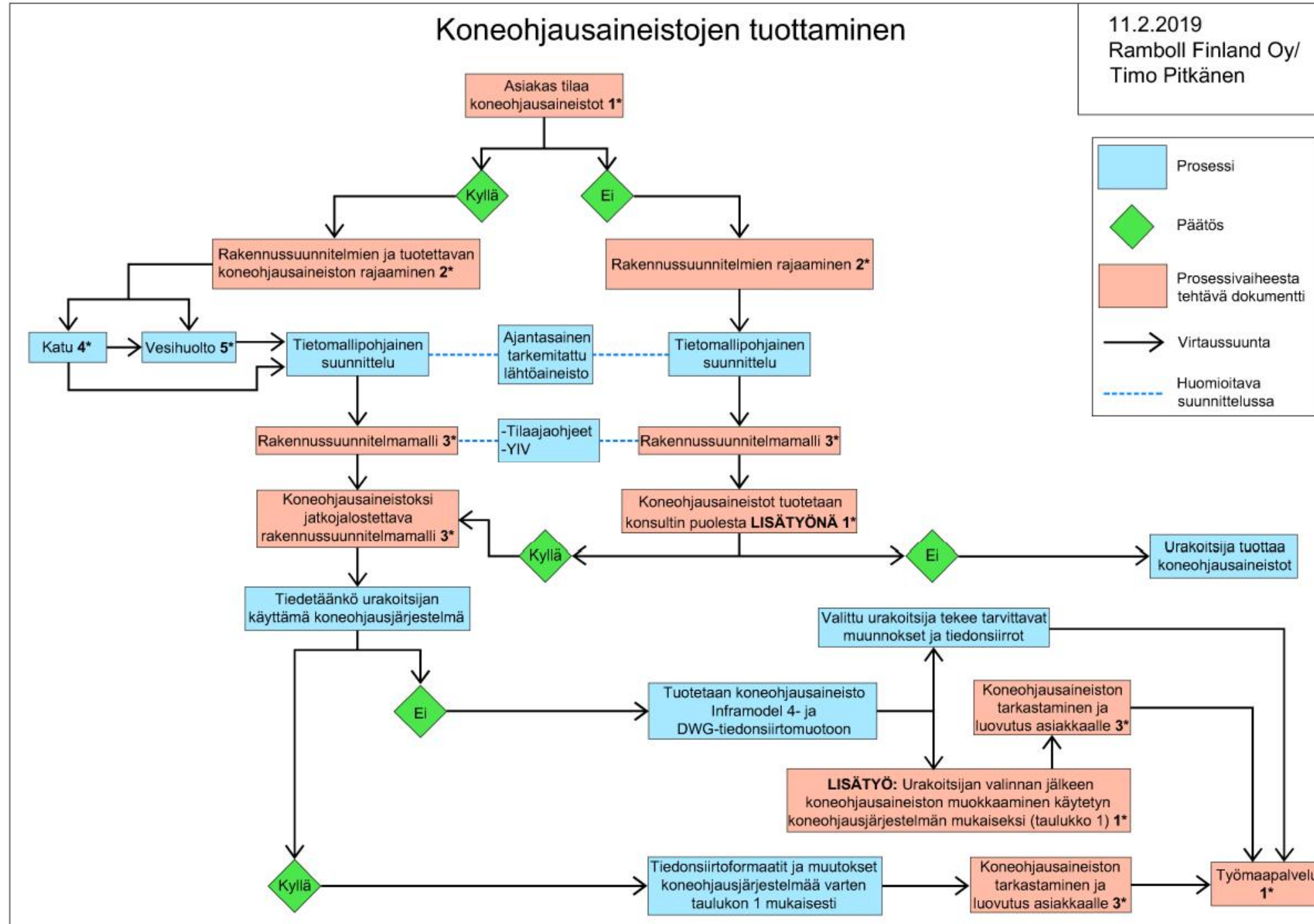
Haastateltava 9, BIM-kehitysjohtaja, Paikkakunta B:

- Suunnitteluohjelmistojen kehittäminen
- Osaamisen kehittäminen koulutuksien avulla
- Samat ajatukset olleet jo 10 vuotta agendalla. Jatkuva kehitys tärkeää vaatimusten ja osaamisen muuttuessa.

Haastateltava 10, Suunnittelija, Paikkakunta F:

- Suunnitteluhankkeen alussa täytyisi miettiä tarkkaan suunnittelutyön tilaajan kanssa, että mitkä hankkeen osat kannattaa tuottaa koneohjausmalleiksi, mistä olisi oikeasti hyötyä urakoitsijankin näkökulmasta. Lähtökohtaisesti koko tietomallia ei tuotettaisi koneohjausmalliksi kustannusten säästämiseksi vaan ainoastaan ne hyödyllisimmät osat.
 - "Tietomalli" on vaarallinen sana sopimuksissa, koska urakoitsija voi vaatia sen käytöstä koko rakennussuunnitelman sisältämän aineiston. Täytyy rajata erittäin tarkasti sopimuksissa mitkä asiat on mallinnettava.
- Yhteistyön parantaminen ja osaamisen jakaminen tilaaja-suunnittelija-urakoitsija - akselilla
 - Koneohjausmallien oikeanlainen sisältö ratkaisee, ei otettaisi niin kriittisesti kantaa pieniin puutteisiin kuten otsikkotietoihin.
- Ohjelmistokehitys yleisesti.

Liite 2. Koneohjausaineistojen tuottamisen vuokaavio ja eri koneohjausjärjestelmien tarkastustaulukko.

**Selitteet**

- 1*** Tarjouspyyntö -> tarjous -> tilausvahvistus
- 2*** Aloituskokouksen muistio ja/tai mallinussuunnitelma
- 3*** Rakennussuunnitelmamallin hyväksyttäminen tilaajalla, kokousmuistio
- 4*** Koneohjausaineiston sisältö katukohteissa: ensisijaisesti tilaajaohjeet + YIV
Neuvoteltavissa tilaajan kanssa:
-Yläpintamalli
-Alapintamalli
-Eri rakennekerroksien mallit
-Liittymät ja kiertoliittymät
-Reunakivimuutokset jne.
- 5*** Koneohjausaineiston sisältö vesihuoltokohteissa: ensisijaisesti tilaajaohjeet + YIV
Neuvoteltavissa tilaajan kanssa:
-Kaivannon luiskat
-Arina ja asennusalusta
-Alkutäytön yläpinta
-Lopputäytön yläpinta
-Runkolinjan mallinnus
-Sivulinjojen kuten tonttiliittymien mallinnus
-Putket, kaivot, laitteet jne.

Taulukko 1. Yleisimpien laitevalmistajien koneohjausjärjestelmiin liittyvien toimenpiteiden tarkastustaulukko.

Valmistaja	Koneohjausjärjestelmä (esimerkkituote)	Käytetyt tiedonsiirtoformaatit	Valmistajan käyttämä ohjelmisto tai 3. osapuolien palvelu	Aineiston muunnos tehtävä erillisillä ohjelmistolla	Huomioitavaa koneohjausaineistojen ja koneohjausjärjestelmän välillä
Novatron Oy	Xsite-järjestelmät	LandXML + Inframodel3-laajennus, DXF, GT, CSV, KOF, PXY, VGP, SBG	Landnova, Xsite Office, Infrakit, Kaivulupa		Tiedonsiirto Xsite Officen kautta. Koneohjausaineistossa käytettävä pitkää koordinaatistoa.
Trimble Inc	GCSxxx- ja CCSxxx-järjestelmät	SVD (pintamalli), SVL (taustakartta), CAL (koordinaatiston kalibrointi)	Trimble TBC Business Center	X	TBC Business Center tai Fileflipper muuttavat mm. DWG-, DXF-, LandXML-aineistot tarvittavaan SVD-muotoon. Tarkasta järjestelmäversiot ja tiedostokokorajoitteet.
	Earthworks-järjestelmä	DSZ (SVD + SVL), CAL	Trimble Fileflipper Infrakit		Tiedonsiirto Business Centerin kautta. Koneohjausaineistoissa käytettävä lyhyttä koordinaatistoa. Urakoitsijan käyttämän pilvipalvelun kansiorakenteessa jokainen koneohjausaineisto sijoitetaan omaan kansioonsa.
Leica Geosystems AG	iCON Excavate	Pinnat: LandXML (IM3), DXF, GEO, TRM Taiteviivat: LandXML (IM3), GEO Geometriat: LandXML (IM3), L3D, Lin+Prf Pisteet: LandXML (IM3) (Cg-pisteet), GEO, PXY Apumallit: DXF Varoitusaluemallit: GEO	iCON ConX-verkkopalvelu, iCON Office Infrakit		Tiedonsiirto iCON Office-ohjelman kautta. DXF: Maastomalli saa sisältää ainoastaan kolmioita, ei yksittäisiä pintoja, viivoja tai tekstejä. Tiedostossa oltava merkintä metrisen pituusjärjestelmän käytöstä. Apumallit DXF-tiedostoina. Käytä samaa tiedostonimeä rakenneosassa koko hankkeen ajan.
Topcon Corporation	X-63i	DWG/DXF, DGN	Sitelink 3D, MAGNET 3D Office	X	Tiedonsiirto ja muunnokset MAGNET 3D Office-ohjelman kautta. Tarkasta tiedostokokorajoitteet.
Gundersen & Løken AS	DigPilot	LandXML, DXF, VIPS, KOF, DTM	DigPilot Office-verkkopalvelu		Tiedonsiirto USB:in tai DigPilot Office-ohjelman kautta.
Techbelar Oy	HMP Stronic XIpro 3D-Triangle	LandXML, XML, DXF	Google Drive		Tiedonsiirto GoogleDrive -pilvipalvelun kautta. Koneohjausaineistot ainoastaan kolmioverkona (pintamallina).

1. Älä käytä tiedostonimissä Ä-, Ö- tai erikoismerkkejä. Nimeä tiedosto InfraBIM-nimikkeistön mukaiseksi.
2. Tuota putket omina tiedostoinaan (esim. vesijohto + hulevesi + jätevesi).
3. Tarkasta koneohjausaineistojen toimivuus yhdessä urakoitsijan kanssa. Ongelmatilanteissa ota yhteyttä koneohjausjärjestelmän tuottajaan.