



# 3D-koneohjauksen käyttö asfaltin levityksessä

Toni Rantanen

OPINNÄYTETYÖ  
Helmikuu 2021

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

RANTANEN, TONI:  
3D-koneohjauksen käyttö asfaltin levityksessä

Opinnäytetyö 26 sivua.  
Helmikuu 2021

---

Tässä opinnäytetyössä kartoitettiin 3D-koneohjauslaitteiden käyttöä asfaltinlevityksessä. Työssä perehdytään asfalttilevittimeen asennettavien laitteiden asennustöihin ja seurataan laitteiden käyttöä työmaalla. Työllä haluttiin saada Peab Industrille selkeä kuva 3D-koneohjauksen käytöstä ja tarvittavista työmaajärjestelyistä laitteiden käyttöä varten.

Opinnäytetyötä varten tietoa koneohjauksesta ja mallinnuksesta hankittiin kirjallisista lähteistä. Tärkeimpänä teorian lähteenä työssä on toiminut BuildingSMART Finland. Koneohjauslaitteiden asennustöiden ja käytön osalta opinnäytetyön tulokset perustuvat työn aikana tulleista käyttökokemuksista ja laitteiston edustajien kanssa käydyistä keskusteluista.

Opinnäytetyössä havaittiin, ettei 3D-koneohjauksen käytöstä saada parasta hyötyä irti keskisuurella työmaalla. 3D-koneohjaus sopii parhaiten työmaille, joissa pystytään hyödyntämään sen tarkkuutta. Tällaisia työmaita ovat urheilukentät ja massatasauskohteet.

## **ABSTRACT**

Tampere University of Applied Sciences  
Bachelor Degree Program of Construction Management

RANTANEN TONI:  
Use of the 3D-machine Control in Asphalt Paving

Bachelor Degree thesis, 26 pages, no attachments.  
February 2021

---

These thesis main aim is to present and scan through 3D-machine control equipments use in the work field of paving asphalt. Overview is to go through specific equipments that are installed in the asphalt paver. They follow how the gear is operating and running on site. The projects goals was to produce, to PEAB Industry, a clear vision from how the 3D-machine control is working in general. These thesis also listed the needed site arrangements that had to be done before the actual work.

Concerning machine control and 3D modelling information was collected and searched through written sources for the thesis. The most important source of theory has been company named BuildingSMART Finland. The results of the thesis have been widely based on projects users experiences and through discussions with the cooperation equipment representatives.

The discovering of the thesis is that 3D-machine control use is more effective and useful in the projects that are medium to large size. It is most suited for sites that can benefit most from the accuracy of the system. For example sports fields and mass equalization targets are sites and areas that are most suitable for 3D-machine control use.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	3D-OHJAUKSEN PERUSTEET .....	7
	2.1 3D-koneohjauksen perusteet. ....	7
	2.1.1 Takymetriseuranta koneohjauksessa .....	8
3	TIETOMALLI .....	10
	3.1 Inframalli .....	10
	3.2 Yleiset inframallivaatimukset .....	10
	3.3 InfraBIM-nimikkeistö.....	12
	3.4 Inframodel .....	12
	3.5 Koneohjausmalli.....	13
4	LEVITTIMEN VARUSTELU KONEOHJAUSLAITTEISTOLLA .....	15
5	LEVITYSTYÖ.....	18
	5.1 Esivalmistelut työmaalla .....	18
	5.2 Levitystyö .....	20
6	POHDINTA .....	24
	LÄHTEET.....	26

**TERMIT**

Formaatti	Tiedon esitys- ja tallennusmuoto.
InfraModel	Suomen inframallinnuksessa käytettävä avoin tiedon- siirto formaatti.
Ohjaava koneohjaus	Ohjaavassa koneohjauksessa koneohjauslaitteisto oh- jaa levittimen palkin liikkeitä koneen kuljettajan aja- essa.
Opastava koneohjaus	Levitysryhmän perämies seuraa tabletilta kohteesta tehtyä digitaalista suunnitelmaa ja säätää levittimen palkkia suunnitelman mukaan.
Mittamies	Työmaan mittauksista vastaava henkilö.
Takymetri	Maanmittauksessa käytettävä mittalaite.
Perämies	Asfalttityöryhmän nokkamies, vastaa levitettävän asfalt- tilaatan leveydestä ja paksuudesta.
InfraRYL	Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset.
YIV	Yleiset Inframallinnusvaatimukset.

## 1 JOHDANTO

3D-Koneohjauksen käyttö ei ole vielä yleistynyt samalla tavalla päällystystöissä kuten maanrakennusalalla. Koneohjauksen käyttö asfaltinlevityksessä on toistaiseksi rajoittunut lähinnä Väyläviraston pilottihankkeisiin.

Opinnäytetyössä perehdytään 3D-koneohjauksen käyttöön asfaltin levityksessä. Tarkoituksena on tehdä selvitys tarvittavien laitteiden asennustöistä ja laitteiden käytöstä työmaalla. Opinnäytetyössä suoritettava 3D-koneohjattu levitystyö suoritetaan Espoon Laajalahdessa Kehä 1 olevalla työmaalla.

Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Peab Industri Oy:n kanssa.

## 2 3D-OHJAUKSEN PERUSTEET

### 2.1 3D-koneohjauksen perusteet.

Päällystystöissä käytettävät koneohjausmenetelmät voidaan jakaa niiden automaatioasteen mukaan neljään luokkaan (taulukko 1). Asfaltin levityksessä käytetään pääasiassa opastavaa ja ohjaavaa koneohjausta.

Tavanomaisessa levitystyössä levittimenkuljettaja ajaa konetta ja perämies säättää levittimenpalkkia koneen perästä. Opastavassa koneohjauksessa päällystyskohteesta on tehty digitaalinen suunnitelma. Levitysryhmän perämies seuraa kohteen ohje arvoja tabletilta tai joltain toiselta mobiililaitteelta, jossa on GNSS-vastaanotin. Opastavassa koneohjauksessa levittimeen ei asenneta työkonetta ohjaavia laitteita, sillä opastava koneohjaus toimii vain ohjeiden antajana. (Ailisto 2019, 13-14)

*Taulukko 1. Automaattisten 3D-koneohjausjärjestelmien ryhmittely automaatioasteen mukaan (Heikkilä 2018; VTT 2004, s. 16)*

Automaatioaste	Ominaisuudet	Esimerkki
Opastava	Koneenkuljettaja siirtää työkonetta ja ohjaa työstöterää manuaalisesti tietokonenäytön informaation perusteella	Kaivukoneen kaivusyvyyden näyttölaite
Koordinoiva	Kuljettaja siirtelee työkonetta ja ohjaa työstöterää manuaalisesti käänteiskinematiikan avustamana ("Joy stick"-ohjaus)	Tiehöylän terän hallinta
Ohjaava	Kuljettaja siirtelee työkonetta ja ohjaa osaa työstöterän liikkeistä manuaalisesti järjestelmän ajaessa automaattisesti osaa liikkeistä	Jyrsinrummun työstösyvyyden ja sivukaltevuuden automaattinen ohjaus
Autonominen	Toimii ilman kuljettajaa	Kuorma-auton automaattinen lastaus

Taulukko 1 3D-koneohjausjärjestelmien ryhmittely (Heikkilä 2018)

Ohjaavassa koneohjauksessa koneenkuljettaja ohjaa konetta työmaalla, mutta koneohjauslaitteisto hoitaa levittimen palkin korkoasemaa koneohjausmallin mukaisesti (Ailisto 2019, 13-14). Laadunvarmistuksena koneohjatussa levityksessä mittamies seuraa omalla takymetrillaan levitetyn laatan korkoa levitystyön aikana

ja ohjeistaa perämiestä koron säädöntarpeesta. Levityssryhmän perämies suorittaa mittamiehen ilmoittamat säätötoimenpiteet levittimeen asennetulta näytöltä. Ohjaavassa koneohjauksessa käytetään pääasiassa aina takymetri ohjausta.

### **2.1.1 Takymetriseuranta koneohjauksessa**

Opinnäytetyössä käytettyyn levityskoneeseen asennettu Trimblen PCS900-koneohjausjärjestelmä saa sijainti ja korkeusaseman tiedon robottitakymetriä avulla. Levitystyössä käytettiin kahta SPS930-mallista robottitakymetria. Robottitakymetrit seuraavat vuorollaan levittimen mastoon asennettua prismaa ja välittävät mittaustiedon koneohjauslaitteistolle radiosignaalin. Koneohjauslaitteisto säätää levittimen palkin asentoa suunnitelman tasoon takymetriltä saadun informaation mukaisesti.

Takymetripaikannus vaatii jatkuvan näköyhteyden levittäjässä olevan prisman ja mittaavan takymetrin välillä. Kohteesta riippuen levitystyömaalla liikennöi vähintään levityssryhmän oma kuljetuskalusto, joka saattaa peittää näkyvyyden takymetriltä prismalle. Tämän vuoksi työn ennakkosuunnittelussa tulee kiinnittää huomiota takymetriä sijoitteluun (KUVA 2). Takymetrit tulee sijoittaa mahdollisimman korkealle maastoon, näin saavutetaan mahdollisimman hyvä näkyvyys mittaavalta takymetriltä levityskoneen prismalle ja työmaanliikenne ei pääse estämään näkyvyyttä. Takymetriä sijoitteluun tulee huomioida mittaavan takymetrin vaihto levitystyön edetessä. Sijainnit tulee suunnitella siten, että lepotilassa oleva takymetri pystyy ottamaan ohjauksen hallintaan hyvissä ajoin ennen kuin ensimmäisen takymetrin näköyhteys prismalle katkeaa. Levitystyötä suunnitellessa pitää myös huomioida takymetrin tarkkuuden heikentyminen välimatkan kasvaessa. Yleisenä ohjeena maksimietäisyydelle takymetrin ja levittimen prisman välillä on ollut 150 – 200 metriä. (Ailisto 2019, 14)





KUVA 2 Takymetrit työmaalla.

Levitystyössä käytettävien takymetriä käyttöönotto työmaalla vaatii kojeen orientoinnin käytettävään koordinaatistoon ja korkeusjärjestelmään. Orientointi suoritetaan vapaalle tai tunnetulle asemapisteelle. Tunnetulle asemapisteelle orientoitaessa tarvitaan vähintään kaksi tunnettua pistettä. Vapaan asemapisteen orientoinnissa tarvitaan vähintään kaksi etäisyyttä ja kolme suuntaa tunnetuilta asemapisteiltä. (Laurila 2010, 238-245). Tämän takia työmaan ennakkosuunnittelussa tulee huomioida takymetriä mahdollinen siirtojen ja uudelleen orientointien tarve levitystyön edetessä. Jokaiselta ennakkoon suunnitellulta takymetrin mittauspisteeltä tulee ennakkoon selvittää uudelleen orientointia varten tarvittavien tunnettujen pisteiden sijainti ja näiden pisteiden pitää olla orientointia suorittavan henkilön tiedossa.

### 3 TIETOMALLI

#### 3.1 Inframalli

Inframallilla tarkoitetaan tietystä infrakohteesta tehtyä tietomallia. Inframallilla esitetään kohde digitaalisessa muodossa kolmiulotteisesti. Inframallit ovat yleensä sidottuja mallinnettavan kohteen paikkatietoihin ja mallien tiedonsiirtoon käytetään Suomessa Inframodel-formaattia (vayla.fi a).

Inframalli voi olla:

- esittelymalli
- suunnitelmamalli
- toteutusmalli
- koneohjausmalli
- toteumamalli
- kunnossapitomalli

Suomessa inframallinuksessa noudatetaan YIV-vaatimuksia, InfraBIM-nimikkeistöä (Buildingsmart.fi a). Väylävirastolla on käytössään omissa kohteissaan yksilölliset ohjeet ja vaatimukset kohteiden tietomallinukseen liittyen, joita kehitetään jatkuvasti alan nopean kehityksen takia (Vayla.fi b).

#### 3.2 Yleiset inframallivaatimukset

Yleiset inframallivaatimukset ohjeistoa kehittää ja ylläpitää buildingSMART ja sen infra-toimialaryhmä. Yleiset inframallinnusvaatimusten tarkoituksena on ylläpitää ja kehittää alan ohjeita ja vaatimuksia Suomessa.

Mallinnusvaatimukset, InfraBIM-nimikkeistö ja formaattien määrittelyn tarkoituksena on luoda toimiva ja yhdenmukainen kokonaisuus inframallinnukselle.

(KUVA 3)



KUVA 3 Ohjeistuksen symbioosi. (Buildingsmart.fi)

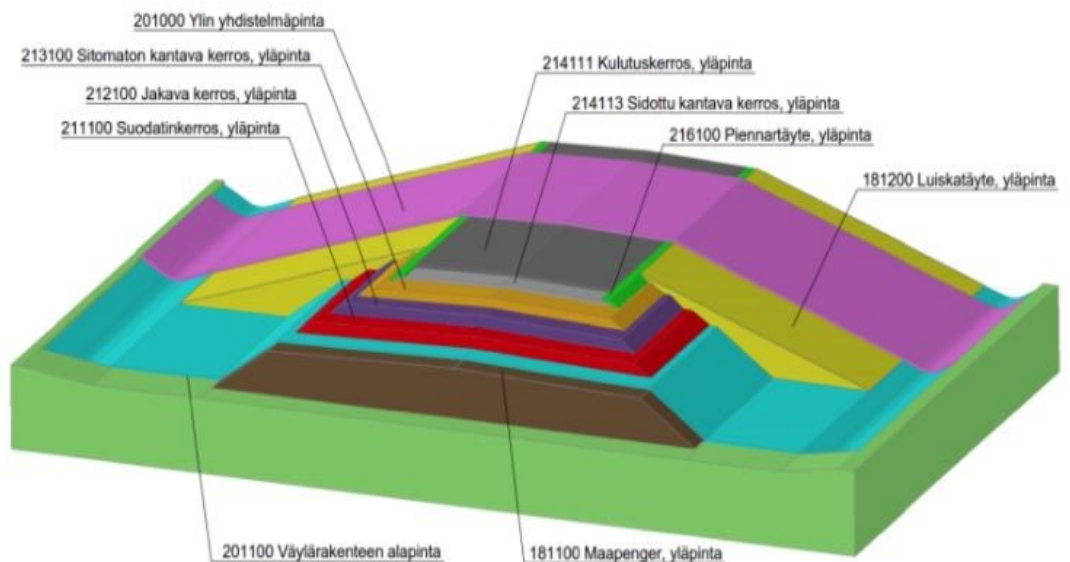
Yleisiä inframallivaatimuksia kehitetään jatkuvasti. Tällä hetkellä ohjeistus kattaa inframallinnuksen vaiheet suunnittelusta rakentamisen valmistumiseen. Tulevaisuudessa ohjeistus tulee ulottumaan kunnossapitoon ja käyttöön. Yleiset Inframallivaatimukset 2019 koostuu yhteensä neljästä seuraavasta ohjekokonaisuudesta: (YIV 2019)

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

Päällystystöiden koneohjausta varten on tehty YIV ohjeistus Manu Marttisen toimesta. YIV 2018 ohje 11.2 ASFALTTIPÄÄLLYSTEIDEN GEOMETRIAPUUTTEIDEN TIETOMALLIPOHJAINEN KORJAUSHANKE on jatkoa YIV 2015 ohjeelle 11.1. INFRAMALLINNUS PÄÄLLYSTEIDEN KORJAAMISESSA (Buildingsmart.fi b). Marttisen tuottamassa ohjeistuksen tarkoituksena on olla ohjeena tilaajalle tietomallinnuksen käyttöä suunniteltaessa. Ohjeistuksessa paneudutaan mallinnusten geometria puutteiden korjaus menetelmiin, työmenetelmien valintaan ja laadunhallinnan ohjeistamiseen.

### 3.3 InfraBIM-nimikkeistö

InfraBIM-nimikkeistön tarkoituksena on luoda yhtenäinen nimeämis- ja numerointikäytäntö infrantietomallinnukseen. Kuten YIV-ohjeita niin myös InfraBIM-nimikkeistöä kehitetään jatkuvasti ja se perustuu Infra2015-rakennusnimikkeistöön. Yhtenäisen sanaston käytöllä pyritään vähentämään väärinkäsitysten määrää mallinnuksessa ja helpottamaan hankkeiden toteutusta. Mallinnusvaatimusten mukaisessa inframallissa jokaisella mallissa olevalla viivalla ja pisteellä on InfraBIM nimikkeistön mukainen tunnus (buildingsmart.fi c). Alla olevassa kuvassa on havainnollistettu InfraBim-nimikkeistön mukaan nimetyt rakennepinnat. (KUVA 4)



KUVA 4 Rakennepinnat nimettyinä (Buildingsmart.fi)

### 3.4 Inframodel

Suomessa kehitetty Inframodel on kansainväliseen LandXML-standardiin perustuva avoin tiedonsiirto formaatti. Inframodel tiedostot ovat tekstimuotoisia ja niiden metadatatietoja voi avata ja katsella internet selaimella tai tekstieditorilla. LandXML tiedostoissa elementit ja attribuutit ovat englanninkielisiä ohjelmiston standardiin perustuen. (KUVA 5). Inframodel formaattia kehitetään jatkuvasti alan toimijoiden ja buildingSMART Finlandin toimesta. Viimeisin julkaistuversio Inframodelista on Inframodel 4. (buildingSMART.fi d).

Asia	Inframodel-esimerkki - metatieto
Yksiköt Units	<pre> &lt;Units&gt; &lt;Metric areaUnit="squareMeter" linearUnit="meter" volumeUnit="cubicMeter" temperatureUnit="celsius" pressureUnit="HPA" diameterUnit="meter" widthUnit="meter" heightUnit="meter" velocityUnit="kilometersPerHour" angularUnit="grads" directionUnit="grads" latLongAngularUnit="grads" elevationUnit="meter"/&gt; &lt;/Units&gt; </pre>

KUVA 5 Esimerkki tiedostosta (buildingsmart.fi)

Liikennevirasto edellyttää kaikissa 1.5.2014 jälkeen alkaneissa kohteissaan käytettäväksi vanhempaa Inframodel 3-formaattia suunnittelussa ja toteutus-hankkeissaan. Käytännössä tämä koskee tilaajalle luovutettavaa aineistoa. Näin saadaan varmistettua, että tieto on avoimessa muodossa ja kaikki hankkeen osapuolet pystyvät sitä käyttämään ilman ohjelmistorajoituksia. (Väylä.fi c)

### 3.5 Koneohjausmalli

Koneohjausmalli on työmaan toteutusmallista koneohjausjärjestelmälle tehty suunnitelma. Suunnittelijoiden tietomallit toistaiseksi harvoin soveltuvat suoraan käytettäväksi koneohjauksen mallina. Tämän takia työmaalta saadusta tietomallista pitää konvertoida koneohjausmalli, jota koneohjausjärjestelmä pystyy käyttämään.

Koneohjausmalli voi olla pintamalli, viivamalli tai pistetietoa. Pintamalli voi olla tehty työmaan rakennekerroksista, luiskista tai viemäriinjan arinasta. Viivamalleilla esitetään yleensä putkirakenteita. Pistetiedoilla esitetään koneohjausmallissa kaivot, valaisimet ja muut yksittäiset kohteet. (3D-KOPPI) Alla olevassa kuvassa (KUVA 6) esimerkki koneohjausmallista työmaalla.

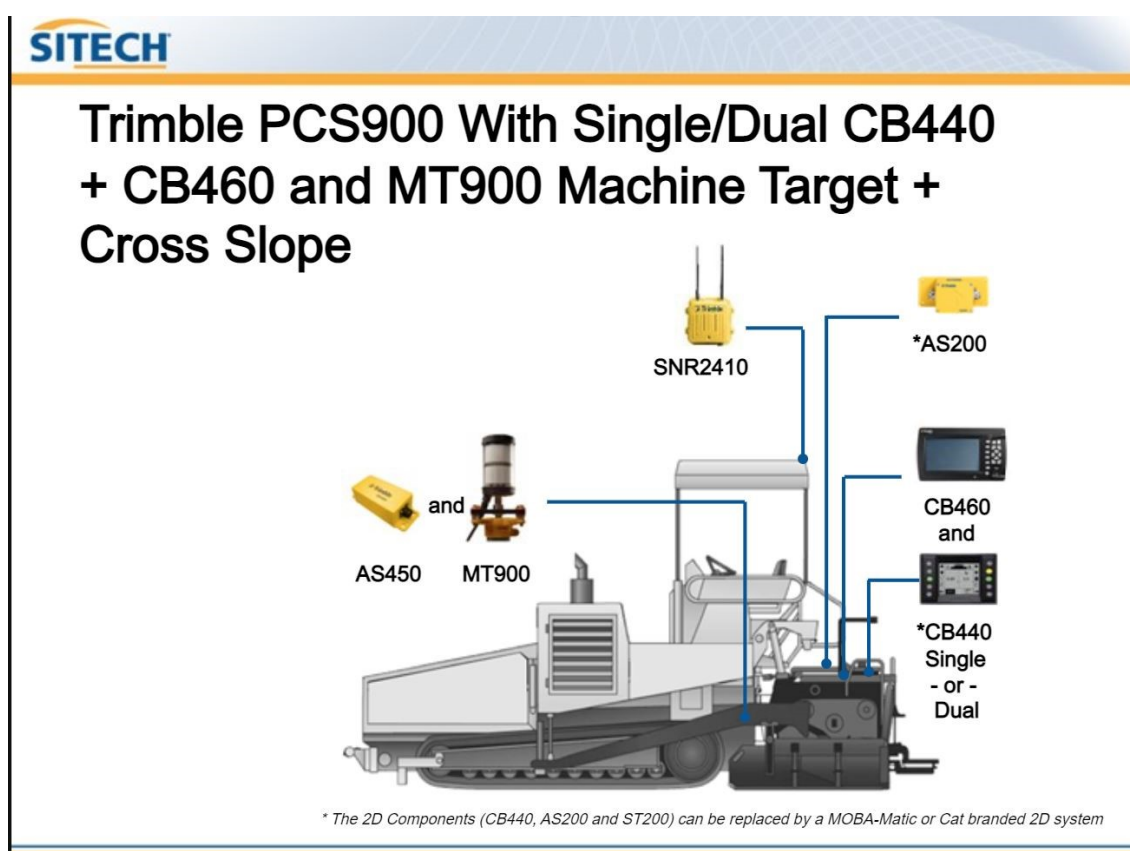


KUVA 6 Koneohjausmalli

Toimivan koneohjausmallin edellytyksenä on laitevalmistajan vaativa tiedonsiirtoformaatti. Kaikki laitevalmistajat eivät välttämättä käytä koneohjausmalleissaan Inframodel-formaattia. Tämän vuoksi on hyvä selvittää, tarvitseeko työmaalta saatua mallia käsitellä ennen sen käyttöä. Koneohjauslaitteille mallit siirretään muistitikulla tai pilvi- tai datakeskuspalvelun kautta. Opinnäytetyössä käytetty koneohjausmalli käsiteltiin Trimblen Business Center-pilvipalvelussa ja käytettävä koneohjausmalli siirrettiin laitteistolla muistitikulta.

#### 4 LEVITTIMEN VARUSTELU KONEOHJAUSLAITTEISTOLLA.

3D-koneohjattua asfaltinlevitystyötä varten Vögelen telalevittäjä varusteltiin Sitech Finlandin koneohjausjärjestelmällä. Kyseistä levittäjää ei ollut ennen käytetty koneohjatulla työmaalla, joten se piti varustella ja mitoittaa ennen työsuoritusta. Levitin oli tehtaalla varusteltu niin sanotusti 3D-valmiudella, joten pysytimme käyttämään siinä Trimblen PCS900-koneohjauslaitteistoa. Koneohjausta varten koneeseen asennettiin KUVAN 7 laitteille kiinnikkeet ja johdotus ohjainlaitteelta radiolle, prismalle, prisman kallistusanturille ja levittimen ohjausyksikölle.



KUVA 7 Trimblen koneohjauslaitteisto (Sitech.fi)

3D-ohjauksen käyttö on tänä päivänä suomen päällystystyömailla hyvin harvinaista. Etelä-Suomen alueella yrityksellämme oli kesän aikana vain yksi asfaltointi työmaa, jossa käytettiin koneohjausta. Kyseinen kone päätettiin kuitenkin varustella huolella, jotta 3D-laitteiston käyttöönotto olisi kevyt toimenpide tule-



vissa kohteissa. Asennustyötä varten levittäjä siirrettiin Sammonmäen korjaamolle. Levittimeen asennettavat kaapelit haluttiin asentaa mahdollisimman hyvin suojaan, jotta ne säilyisivät varmasti ehjänä seuraavaa käyttökertaa varten.

Aikaisemmissa koneohjatuissa levityskohteissa oli käytetty levittimen aisaan kiinnitettävää yleismallista prisman jalkaa. Kyseinen jalusta oli muodoltaan niin leveä, että levittimen zoomipalkki ei mahtunut menemään täysin kiinni. Avonaisen zoomin takia levittäjää ei olisi voinut siirtää lavetilla työmaalle mastonjalan ollessa kiinnitettynä. Laitteita asennettaessa päätettiin asentaa koneeseen sirompi mastonjalusta kiinteäksi varusteeksi. Näin konetta ei tarvitsisi mitoittaa jokaisella työmaalla uudestaan. KUVA 8.



KUVA 8 Levittimen mastonjalusta ja kallistusanturi.

Asennustöiden jälkeen levittäjä mitoitetaan koneohjausjärjestelmään. Levittäjän perä lasketaan maahan ja konetta ajetaan sen verran eteenpäin, että aisan vapaa pituusliikkuma menee nolliille. Tämän jälkeen koneesta mitataan takymetrilla



perän äärlaidat, prisma ja aisan pituus. KUVA 9. Mitatut tulokset syötetään koneohjauslaitteelle ja lopuksi levittimen kallistusanturi kalibroidaan. Mitattujen arvojen perusteella koneohjauslaite osaa laskea missä kohtaa koneohjausmallia levittimen palkki liikkuu työaikana. Koneohjauslaitteen toimivuuden varmistamiseksi on ehdottoman tärkeää, ettei levittimenaisaan kiinnitettyä prisman jalustaa irroteta tai muuteta sen asentoa mitoituksen jälkeen. Jos koneeseen tehdään muutoksia tai levittimenperä joudutaan huollon takia irrottamaan koneesta, tulee koneen mitoitus suorittaa uudelleen.



KUVA 9 Levittäjän mitoitus

## 5 LEVITYSTYÖ

### 5.1 Esivalmistelut työmaalla

Opinnäytetyössä suoritettiin 3D-koneohjattu asfaltinlevitystyö GRK:n Laajalahden työmaalla. Koneohjausta käyttäen päällystettiin 4000 m<sup>2</sup> laajuiselle alueelle kuusi senttimetriä vahva pohjamassakerros. Työssä käytettiin GRK:n toimittamaa koneohjausmallia, joka muunnettiin Trimblen Business Centerin-pilvipalvelussa käytössä olleelle koneohjauslaitteelle sopivaan formaatin.

Ennen varsinaista levitystyötä työmaalla pidettiin katselmus takymetriä sijoittelusta työtä varten. Katselmuksessa käytiin tilaajan mittaushenkilön kanssa läpi, minne levitystä ohjaavat takymetrit aikoisimme sijoittaa. Katselmuksessa käytiin läpi työmaalla olemassa olevat mittapisteet ja lisäpisteiden tarve. Katselmuksen jälkeen tilaajan mittaushenkilö järjesti meille tarvittavat lisäpisteet ja toimitti käytettävien mittapisteiden sijainnit levitysryhmän mittaushenkilölle.

Ennen levitystyön alkua työmaalla takymetrit viedään ennalta suunnitelluille paikoille ja koneohjauslaitteelle siirretään koneohjausmalli muistitikulta. Takymetrit orientoidaan ja kytketään hauenleuoilla lisääkkuihin kiinni virran riittävyden varmistamiseksi. Levittimen maston päähän asennetaan prisma paikoilleen ja laitteisto käynnistetään koneohjauslaitteiston näytöltä.

Robottitakymetriä tarkistettiin suorittamalla testiajo. Levittäjän koneohjauslaitteelta otetaan yhteys ensimmäiselle takymetrille ja odotetaan että takymetri löytää levittimen prisman. Takymetrin löydettyä prisma testataan takymetrin seuranta ajamalla konetta eteenpäin. Kaiken ollessa kunnossa takymetri lähtee seuraamaan liikkuvan koneen prismaa. Takymetri seurannan alettua koneohjauslaitteiston näytöltä pystyy seuraamaan koneen sijaintia työmaalla KUVA 10. Levittäen liikkeessä suoritetaan takymetrin vaihdon testaus. Laitteiston näytöltä valitaan takymetrin vaihto. Toinen lepotilassa oleva takymetri saa käskyn aloittaa seurannan ja alkaa hakemaan liikkuvan koneen prismaa. Takymetrin löydettyä levittäjän prisma levittimellä olevalle näytölle tulee ilmoitus takymetrin

valmiudesta. Näytöltä suoritetaan takymetrin vaihto ja seuranta siirtyy näin toiselle takymetrille ja ensimmäinen käytössä ollut siirtyy lepotilaan. Takymetriä seurannan testauksen jälkeen siirryttiin valmistelevaan levityksen aloitusta.



KUVA 10 Levittäjän sijainti työmaalla. (equipmentworld.com)

Levitystyössä käytettiin samaa koneohjausmallia, minkä mukaan asfaltinpohja oli profiloitu. Trimblen-koneohjauslaitteisto sisältää niin sanotun offset toiminnon. Toiminto kopio suunnitellun pinnantason ja sen korkeusasemaa voidaan liikutella mallin koordinaatistossa ylös ja alaspäin. Opinnäytetyömaalla säädimme oman tavoitetasomme kuusi senttimetriä ylöspäin kantavan kerroksen yläpinnantasosta. Toiminnon ansiosta pohjien profiloinnissa ja asfaltinlevityksessä voidaan käyttää samaa mallia ilman, että jokaisen pinnan yläpinta pitää mallintaa erikseen. Mielestäni toiminto on hyvä, sillä näin vältetään turhalta ylimääräisten mallien teolta.

Levitystyö aloitettiin normaaliin tapaan lähtölankun päältä KUVA 11. Lähtölankut aseteltiin lähtölinjalle ja niiden korko suunnitelmaan nähden mitattiin mittamiehen takymetrilla. Lähtölankkujen korkoon asettamisen jälkeen levittäjän perä laskettiin lankkujen päälle. Koneohjauslaitteelle syötetään asemapistekorko ennen aloitusta. Asemapistekorko mitataan levittimen peräpalkin perästä perän levätessä lähtölankkujen päällä. Asemapisteen jälkeen levittimen palkin säätölaitteelta kytketään ohjaustila 3D-asentoon. 3D-asentoon kytkennän jälkeen koneohjauslaitteisto ottaa levittimen palkin säädön hallintaansa ja säätelee palkin ryntökulman oikeaan tasoon.



KUVA 11 Levitystöiden esivalmistelut

## 5.2 Levitystyö

Levitystöiden esivalmisteluiden jälkeen levitys voidaan aloittaa. Levittäjän lähtiessä liikkeelle mittamies tarkistaa takymetrilla levittäjän perästä laatan korko-aseman suunnitelmaan nähden. Tarvittaessa levitettävän laatan paksuutta voidaan nostaa tai laskea levittäjän palkkien reunoilla olevilta säätölaitteilta. Levit-



täjän päästyä etenemään tiivistys aloitetaan. Tiivistetyltä pinnalta mitataan mittamiehen toimesta laatan korkeusasema. Tiivistetyn pinnan koron mukaan tehdään viimeiset säädöt levitettävän laatan paksuuteen.

Levitystyön edetessä mittamies seuraa levitettävän laatan korkoa. Koneohjauksessa levityksessä seurataan koneohjausmallin suunnitelman tasoa. Koneohjauslaitteen näytöltä työryhmän perämies näkee levitettävän laatan kallistuksen ja koneen ilmoittamat korkolukemat. Jos pohjat ovat korossa alhaalla asfalttia menee paksummin kyseiseen kohtaan. Sama ilmiö tapahtuu käänteisenä, jos pohjat ovat kovat, silloin asfalttia menee alueelle vähemmän. Koneohjauksessa levittimen perämies ei voi muuta kuin luottaa laitteiden toimintaan ja laadun valvonnasta vastaa mittamies. KUVA 12



KUVA 12 Mittamies seuraa levitettävän päällysteen korkoa

Levityksen edetessä koneohjauksen laitteisto ilmoittaa, kun takymetrille asetettu 140 m mittausmatka on tulossa täyteen. Perämies käynnistää lepotilassa olevan takymetrin prisman haun päälle koneohjauslaitteen näytöltä. Takymetrin löydettyä levittimen prisma näytölle tulee ilmoitus takymetrin valmiudesta. Tämän jälkeen takymetrin vaihdolle annetaan käsky näytöltä ja ensimmäinen taky-

metri luovuttaa ohjauksen ja siirtyy lepotilaan. Työmaalla tulee huolehtia takymetrin ja levittimessä olevan prisman näkyvyyden katkeamattomuudessa. Asfalttityömaalla liikkuvia koneita ja autoja saattaa olla paljon. On ehdottoman tärkeä tiedotta kaikkia työmaa-alueella liikkuvia takymetrin näkemä tarpeesta. Opinnäytetyömaalla toinen takymetri jouduttiin sijoittamaan KUVAN 13 mukaiselle paikalle. Takymetrilta oli hyvä ja laaja näkyvyys levittimelle, mutta se sijaitsi matalalla paikalla. Matalan maasto sijainnin takia takymetrin näkyvyys katkesi muutaman kerran, kun työryhmän auton kuljettajat unohtivat takymetrin läsnäolon.



KUVA 13 Näkymä jälkimmäisen ohjaavan takymetrin takana

Ensimmäisen kaistan levityksen tultua valmiiksi aloitettiin viereisen kaista levityksen valmistelu. Valmistelevat toimenpiteet ovat samat kuin ensimmäistä kaistan levitystä varten suoritettut. Levittäjää ohjaavan takymetrin seuranta kannattaa laittaa päälle heti kun tarvittava kantama on saavutettu. Tällä toimenpiteellä takymetri kerkeää löytämään levittimessä olevan prisman hyvissä ajoin ennen

aloitusta. Levittimen näytöltä tarkistetaan levittimen palkin asema koneohjausmalliin nähden. Saumanpuoleisen kaistan koron säätö hoidetaan levittimen omaa sauma-automaattia käyttäen. Toisen kaistan laitimaisen puolen koron säädön hoitaa koneohjaus. Levityksen alettua mittamies tarkistaa laatan koron ja informoi perämiestä korosta. Levitystyön edetessä työnlaatua seurataan mittamiehen toimesta samalla tavalla kuin ensimmäisellä kaistan vedolla.

## 6 POHDINTA

3D-koneohjatun asfaltinlevityksen järjestäminen oli opinnäytetyön tekijälle mielenkiintoinen projekti. Koneohjauksen käyttö ei ole yleistynyt asfaltinlevityksessä samalla tavalla, kuin muilla maanrakennusalan osa-alueilla. Koneohjauksen käytöstä oli vaikea saada yrityksemme sisältä ennakkoon käyttökokemuksia, sillä laitteiden käyttö on käytännössä rajautunut muutamien henkilöiden tehtäväksi harvoissa Väyläviraston pilottikohteissa.

Koneohjauksen käyttöönotto työmaalla osoittautui suhteellisen helpoksi. Tähän vaikutti maastoltaan hyvä kohde ja tilaajan kanssa saumaton yhteistyö. Opinnäyte työmaalla levitystä varten pystytettyjen takymetrienvälisten ympäristö rauhoitettiin ylimääräiseltä työmaaliikenteeltä ja tilaajan palveluksessa toimiva mittahenkilö avusti meitä luomalla helposti löydettävän pisteverkon takymetrienvälisten orientointia varten.

Levitystyö koneohjauksen avulla sujui pääasiassa moitteettomasti. Laitteiden tarkkuus yllätti opinnäytetyöntekijän positiivisesti. Levityksen aikana laatan korkeusasemaa suhteessa suunniteltuun seurattiin jatkuvasti mittamiehemme toimesta. Levitystyön aikana otettujen toteumamittausten mukaan levitettävä laatta oli lähes koko ajan +/- 2-4 millimetrin sisällä suunnitellusta.

Sitech Finlandin edustama Trimblen-koneohjausjärjestelmä toimi asiaan kuuluvalla tavalla. Koneohjauksen käytön hyödyt ovat kuitenkin vähäiset, kun levitetään pohjamassaa murskepohjille. Työkohteeseen on yleensä tilattu tietyn vahvuinen päällystelaatta ja sen levittäminen onnistuu ilman koneohjauslaitteistoaikin. Koneohjausta käytettäessä pohjamassan levitykseen on olemassa riski, että pohjamassaa menee liian ohuesti tai paksusti. InfraRYL:in mukaan kantavan kerroksen toleranssi on +/- 2 senttimetriä korkeussuunnassa. Käytettäessä koneohjausta ja pohjien ollessa alhaalla niin asfalttimassaa menee enemmän kuin on suunniteltua. Tai jos pohjat ovat niin sanotusti kovat asfalttipäällysteestä tulee ohuempi.



Koneohjauksen käyttö vaatii käytettävän levittäjän varustelun ja mitoituksen. Koneohjauslaitteiden asennukseen ja mitoitukseen tulee varata vähintään yksi työpäivä. Koneohjauslaitteiden käyttö ei myöskään ole ilmaista. Koneohjauslaitteet ovat vielä tällä hetkellä hintavia ja käytön hintaan lisätään ohjaukseen tarvittavat robottitakymetrit. Takymetrien pystytykseen ja työnlaadun valvontaan tulee myös valjastaa mittamies levitystyön ajaksi.

Koneohjaus ei sovellu kohteelle, joka on pieni tai se on yksinkertainen toteuttaa perinteisillä menetelmillä. Laitteistojen asennuksista, vuokrista ja käytön aiheuttamasta ylimääräisestä työstä aiheutuu paljon kuluja. Koneohjauksen käyttö soveltuu parhaiten haastaviin kohteisiin. Opinnäytetyöstä saatujen kokemusten perusteella voidaan todeta, että koneohjaus sopii parhaiten tarkkuutta vaativiin kohteisiin. Vaativina kohteina voidaan pitää urheilukenttiä ja maanteiden massatasauksia. Tie kohteissa tulee kuitenkin ottaa huomioon takymetrien sijoittelu. Monesti tiet ovat mutkaisia ja mäkisiä, joten takymetrien kantamat jäävät lyhyiksi ja niitä joudutaan siirtämään tämän takia useasti työn aikana.

## LÄHTEET

3D-Koppi. n.d. Koneohjausmalli. Luettu 4.12.2020. <https://www.3dkoppi.fi/koneohjausmalli/>

Ailisto, M. 2019. Tieväylien päällystyskoneiden ohjaus suhteellisessa koordinaatistossa. Vesi- ja yhdyskuntatekniikka. Oulun yliopisto. Diplomityö

BuildingSMART c. 2016. Inframallit Suomessa ja muualla, miten rakennettu ympäristö kokonaisuutena määritellään tai mallinnetaan? Luettu 30.11.2020. <https://buildingsmart.fi/inframallit-suomessa-ja-muualla-miten-rakennettu-ymparisto-kokonaisuutena-maaritellaan-tai-mallinnetaan/>

BuildingSMART b. 2018. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2018, osa 11.2. [verkkoaineisto] Luettu 30.11.2020. [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/06/YIV2018\\_Mallinnusohjeet\\_OSA11.2\\_Mallipohjaisen-p%C3%A4%C3%A4llystekorjaushankkeen-kulku-181031-MMa-1.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/06/YIV2018_Mallinnusohjeet_OSA11.2_Mallipohjaisen-p%C3%A4%C3%A4llystekorjaushankkeen-kulku-181031-MMa-1.pdf)

BuildingSMART d. 2019. Inframodel4 käyttöohje. [verkkoaineisto] Luettu 2.12.2020. [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/04/bSF\\_Infra\\_Inframodel4\\_kayttoohje\\_01042019.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/04/bSF_Infra_Inframodel4_kayttoohje_01042019.pdf)

BuildingSMART a. 2019. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019/1. [verkkoaineisto] Luettu 29.11.2020. [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/06/YIV-Yleiset-inframallivaatimukset-2019\\_1.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/06/YIV-Yleiset-inframallivaatimukset-2019_1.pdf)

Laurila, P. 2021. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. 4. uudistettu painos. Rovaniemi: Rovaniemen ammattikorkeakoulu.

Väylävirasto. n.d. Mikä on tietomalli. Luettu 27.11.2020. <https://vayla.fi/palveluntuottajat/inframallit/mika-on-tietomalli->

Väylävirasto b,c. n.d. Tietomallinnuksen ohjeistus. Luettu 27.11.2020. <https://vayla.fi/palveluntuottajat/inframallit/tietomalli-ohjeistus>