

Användning av 3D-maskinstyrning inom infrabranschen

Ab Tallqvist Infra Oy

Andreas Högnabba

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen
Utbildningsprogrammet för byggnadsteknik
Vasa 2017



EXAMENSARBETE

Författare: Andreas Högnabba

Utbildning och ort: Byggnadsteknik Vasa

Inriktningsalternativ: Samhällsteknik

Handledare: Tom Lipkin

Titel: Användning av 3D-maskinstyrning inom infrabranschen – Ab Tallqvist Infra Oy

Datum 26.04.2017

Sidantal 19

Bilagor 3

Abstrakt

Syftet med detta ingenjörarbete var att utveckla en handbok för hur man använder Trimbles GSC900 maskinstyrningssystem. Handboken gjordes åt Ab Tallqvist Infra Oy. Ett delsyfte var också att utveckla en kodlista för inmätning av punkter som lämpar sig för alla byggen.

I teoridelen beskrivs allmänt hur 3D-maskinstyrningen fungerar och BIM-modellens roll i dagens infraprojekt. Genom intervjuer med arbetare inom branschen belyses några problem som finns idag gällande 3D-ritningar i byggfasen.

Handboken utvecklades med hjälp av Trimbles egna manualer och genom att sitta i grävmaskinen och öva med maskinstyrningen. Anvisningar för kvalitetssäkring av arbetet med maskinstyrning kommer från Yleiset inframallivaatimukset 2015. Kodlistan utvecklades genom diskussioner med mätansvarige på företaget och med InfraBIM nimikkeistö v1.6 som grund. Kodlistan har numeriska koder för olika byggnadstekniska delar, t.ex. 1321 syftar på pålar och 1322 syftar på pålplattor.

Resultatet blev en handbok med namnet *Koneohjauksen käyttö työmaalla, laadunvalvonta ja huolto*. I handboken beskrivs hur man skall använda sig av maskinstyrningen på ett sätt som säkrar kvaliteten och vilken service som hör till chauffören. Manualen beskriver bl.a. hur man mäter in punkter, hur man kalibrerar en skopa, hur man uppdaterar ritningarna i enheten och hur man felsöker och åtgärdar de vanligaste felen.

Handboken skall efter detta testas på arbetsplatserna och sedan vidareutvecklas utgående från feedback. Arbetet fortsätter med uppgörande av liknande handböcker för andra maskinstyrningssystem som används inom företaget och en handbok för verkstadssidan.

Språk: svenska

Nyckelord: Trimble, maskinstyrning, 3D, YIV2015, GCS900

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Andreas Högnabba

Koulutusohjelma ja paikkakunta: Rakennustekniikka Vaasa

Suuntautumisvaihtoehto: Yhdyskuntarakentaminen

Ohjaaja: Tom Lipkin

Nimike: 3D-koneohjauksen käyttö infra-alalla – Ab Tallqvist Infra Oy

Päivämäärä 26.04.2017

Sivumäärä 19

Liitteet 3

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on ollut luoda suomenkielinen käyttöohjekirja Trimblen GCS900-koneohjausjärjestelmälle. Käyttöohjekirja tehtiin Ab Tallqvist Infra Oy:lle. Osatavoitteena on myös ollut kehittää koodilista joka sopisi toteumapisteiden nimeämistä varten jokaiselle työmaalla.

Opinnäytetyön teoriaosassa esitetään 3D-koneohjauksen toiminnan ja BIM-mallinuksen osuus nykypäivän infraprojekteissa. Haastattelu alan ammattilaisten kanssa antaa ymmärtää, että vielä on muutamia ongelmia 3D-piirrustuksien kanssa rakennusvaiheessa.

Käyttöohjekirja kehitettiin Trimblen englanninkielisten ohjekirjojen avulla ja käytännön kokeilujen kautta. Laadunvalvonnan perusteet tulevat Yleisistä inframallivaatimuksista. Toteumapisteiden koodilista kehitettiin keskustelemalla yrityksen mittavastaavan kanssa ja käyttämällä InfraBIM nimikkeistö v1.6-listaa pohjana. Koodilistassa on numeeriset koodit jokaiselle rakennusosalle, esimerkiksi 1321 tarkoittaa paalut, 1322 tarkoittaa paalulaattaa.

Lopputuloksena on käyttöohjekirja nimeltään *Koneohjauksen käyttö työmaalla, laadunvalvonta ja huolto*. Ohjekirja esittää miten käytetään koneohjausta tavalla, jolla varmistetaan työn laatu ja mitkä huoltotoiminpiteet konekuskin pitää tehdä työmaalla. Ohjekirjassa kerrotaan myös, miten tallennetaan pisteen mittatiedot, kalibroidaan kauha, päivitetään suunnitelmatietoja ja kuinka helposti korjataan usein esiintyviä vikoja.

Ohjekirjaa tullaan nyt testaamaan työmailla ja korjaamaan saadun palautteen avulla. Jatkossa tullaan kehittämään ohjekirjoja muihin yrityksessä käytettäviin koneohjausjärjestelmiin ja oma ohjekirja huoltoryhmälle.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: Trimble, koneohjaus, GCS900, 3D, YIV2015

BACHELOR'S THESIS

Author: Andreas Högnabba

Degree Programme: Construction Technology, Vasa

Specialization: Civil engineering

Supervisors: Tom Lipkin

Title: Use of 3D-gradecontrol Systems in the Infrastructure sector – Ab Tallqvist Infra Oy

Date April 26, 2017

Number of pages 19

Appendices 3

Abstract

The aim of this bachelor's thesis was to create a Finnish user's manual for Trimble GCS900 grade control system for excavators. The manual was created for Ab Tallqvist Infra Oy. As a supplement to the manual, a list of codes was created for naming of the recorded points that are used to create the as built model.

The theory section describes the function of 3D grade control systems and how BIM models are used in today's civil engineering projects. Some common problems with 3D drawings are explained through interviews with workers in the field.

The manual was created using Trimble's own manuals and through training with the grade control system itself. Instructions for quality control were taken from Yleiset inframallivaatimukset 2015. The list of codes was created based on discussions with the company and with InfraBIM nimikkeistö v1.6 as a foundation. The list has numerical codes for different construction components, for example 1321 means pile, 1322 means pile slab.

The result is a manual with the name *Koneohjauksen käyttö työmaalla, laadunvalvonta ja huolto*. The manual describes how to use the grade control system in a way that ensures the quality of work done and what service procedures the driver should do. It also describes how to record points, how to recalibrate a bucket, how to update drawings in the system and how to troubleshoot some common problems.

The manual will now be tested in the field and the revised based on the feedback from the workers. The work will continue with creating manuals for other grade control systems used within the company and also crating a service manual for the service workshop.

Language: Swedish

Key words: Trimble, GCS900, 3D, YIV2015, grade control

system

Innehållsförteckning

1.	Inledning.....	1
1.1	Uppdragsgivare.....	1
1.2	Bakgrund.....	1
1.3	Målsättning.....	2
1.4	Metodval.....	2
1.5	Avgränsning	2
2.	Vad är maskinstyrning?	3
2.1	Totalstation.....	4
2.2	Satellitpositionering.....	4
3.	Mätreferenser	5
3.1	Koordinatsystem.....	5
3.2	Höjdsystem	6
3.2.1	N2000	7
4.	3D-modeller.....	8
4.1	Inframodel 4.0	9
4.2	InfraBIM nimikkeistö	9
4.3	Yleiset Inframallivaatimukset 2015	10
4.4	BIM-modellen genom projektets olika faser.....	12
5.	Building SMART	14
5.1	buildingSMART Data Dictionary	14
5.2	IFC-standarder	15
6.	Problem och lösningar.....	16
7.	Diskussion	17
7.2	Resultat.....	17
7.3	Utvärdering.....	17
7.4	Utveckling	18
7.5	Reflektion.....	18
8.	Källförteckning.....	19

Bilageförteckning

Bilaga 1	Utlåtande från företaget
Bilaga 2	Koneohjauksen käyttö työmaalla, laadunvalvonta ja huolto (sekretessbelagd)
Bilaga 3	Toteumamittaus tunnusluettelo (sekretessbelagd)

Ordförklaringar

BIM	(Building Information Modelling) en digital representation av fysiska och funktionella egenskaper hos en konstruktion. Kan förutom ritningar innehålla kostnadskalkyler, arbetsplanering och livscykelanalyser.
metadata	Data om data. Information om vilken typ av data filen innehåller.
GNSS	Global Navigation Satellite System.
GCS900	Produktnamn för Trimbles maskinstyrningssystem.
Geoid	Jordens matematiska figur.
As built-modell	En 3D-modell som visar vad som har blivit byggt baserat på mätdata från arbetsplatsen.

1. Inledning

Maskinstyrning är en viktig del av dagens byggarbetsplatser och har nästan blivit ett krav. Med 3D-maskinstyrning syftar man på ett datasystem som, med hjälp av vinkelsensorer, GNSS- eller lasermottagare monterade på maskinen samt 3D-modeller, i realtid visar åt maskinföraren var han skall gräva och var han skall fylla. Syftet med maskinstyrning är att göra grävmaskinsarbetet både effektivare och noggrannare. Behovet av att ha en mättekniker som mäter ut källor att gräva efter minskas och man skall gräva mer exakt och inte slösa med material. Därmed minskas kostnaderna och effektiviteten öka. Detta är vad som förväntas av maskinstyrning.

När tekniken utvecklas så måste också bestämmelser och anvisningar från myndigheterna utvecklas. Yleiset Inframallivaatimukset 2015 är ett projekt som med hjälp av de största företagen inom branschen håller på att utveckla standarder för användning av 3D-modeller inom infrabyggnaden. I fortsättningen används förkortningen YIV 2015. BuildinSMART har år 2015 lagt ut utkast på www.buildingsmart.fi för att branschfolk skall ha möjligheten att kommentera innehållet.

1.1 Uppdragsgivare

Ab Tallqvist Infra Oy är dotterbolag till Ab Tallqvist Oy som grundades av Harry och Ingvald Tallqvist 1965. Den första grävmaskinen köptes 1971, numera består maskinparken av 90 olika jordbyggnads- och transportenheter. Under de senaste åren har företagets omsättning varierat mellan 15 och 22,5 miljoner euro. Företaget har cirka 140 anställda. (Ab Tallqvist Oy, 2013)

1.2 Bakgrund

Idén till arbetet kom från diskussioner med företagets mättekniker. Det framkom att det var möjligt att utveckla kunskapen om maskinstyrningens funktion och möjligheter inom företaget. En bredare kunskap om hur maskinstyrningen fungerar rent tekniskt skulle vara till nytta för alla som arbetar inom företaget. En stor del av större infraprojekt kräver användning av maskinstyrning. Om arbetsledarna och arbetarna på bygget har kunskap om hur maskinstyrningen fungerar och hur den skall användas, minskar detta på arbetsmängden

för mätteknikern. YIV 2015 har gett riktlinjer för maskinstyrningens användning vid inmätning av utfört arbete. Fastän det inte ännu under första kvartalet av 2017 har hänvisats till YIV2015 i offertförfrågningarna som räknats vid Tallqvist Infra, tror man att det inom en snar framtid blir vardag. Dessa krav är inte bindande i denna dag men dock riktgivande. Därför behövs en metod för att dokumentera kvalitetssäkringen på arbetsplatsen.

1.3 Målsättning

Syftet med detta arbete är att samla ihop all väsentlig information om maskinstyrningens olika funktioner, så att det finns tillgängligt för alla som arbetar inom företaget. Produkten blir en handbok för grävmaskinschauffören att ha i maskinen. I denna handbok skall det finnas instruktioner för användning av de viktigaste funktionerna hos maskinstyrningen. Det skall också finnas instruktioner för kvalitetssäkring av utfört arbete och sådana enkla servicearbeten som utförs på arbetsplatsen. Därtill skall det finnas en felsökningsguide. Jag har också utformat en kodlista för inmätning av kontrollpunkter för det utförda arbetet. Kodlistan har numeriska koder för olika byggnadsdelar, t.ex. 1321 betyder pålar och 1322 betyder pål plattor. Dessa numeriska koder används för att namnge de punkter man mäter in med grävmaskinen för att definiera vilken byggnadsdel man mäter. Listan är utformad specifikt för de arbeten som Tallqvist utför.

1.4 Metodval

Arbetet utfördes främst genom att studera manualer för de maskinstyrningssystem som används inom företaget och från dessa utnyttja nödvändig information. För att göra manualen mer lättförståelig gjordes den med bildförklaringar till de olika funktionerna. Kodlistan utformades utgående från diskussioner med företaget och utifrån InfraBIM nimikkeistö v1.6. Information samlades också in genom en intervju med en av dem som har skrivit YIV 2015.

1.5 Avgränsning

Inom företaget använder man flera olika varumärken av maskinstyrning. Handboken kommer enbart att gälla Trimble GCS900 i detta skede. Man kan vid behov omarbete handboken för att passa andra tillverkares produkter.

2. Vad är maskinstyrning?

Med 3D-maskinstyrning syftar man på ett datasystem som, med hjälp av vinkelsensorer, GNSS- eller lasermottagare monterade på maskinen samt 3D-modeller, i realtid visar åt maskinföraren var han skall gräva och var han skall fylla. Med satellitpositionering eller takymeterstyrning vet maskinen var den befinner sig på jorden och kan därmed jämföra sin position med en position i en tredimensionell ritning som är gjord i samma koordinatsystem som maskinen arbetar i. Koordinatsystem tas upp senare i detta arbete. Informationen förmedlas åt maskinföraren genom en skärm i hytten.



Figur 1 Trimble CB460 kontrollenhet

Skärmen kan ge information åt maskinföraren om vilken höjd skopans spets har i det aktuella höjdsystemet. Det visas höjdinformation för både höger- och vänsterkant samt mitten, om det skall fyllas eller grävas för att komma till nivån som är planerad i den aktuella modellen. (Trimble, 2015)

Genom att göra olika modeller för olika lager i konstruktionen kan man bygga med några centimeters noggrannhet och på detta vis spara på materialkostnaderna. Kontrollmätningar kan utföras direkt med grävmaskinen utan att det behövs en skild arbetare som går runt med takymeter eller GNSS-instrument. Detta sparar också in på arbetskostnaderna.

2.1 Totalstation

Totalstation guidad, takymeterguidad, maskinstyrning används mest för väghyvlar då man slipar den sista ytan. På väghyveln har man monterat prisma som mottagare för signalen från totalstationen. Totalstationen monteras upp på arbetsplatsen så att den har fri sikt så långt som möjligt. Man använder sig av fixpunkter med kända koordinater för att berätta åt takymetern var den befinner sig. Efter det så låser man signalen på prisma som finns på väghyveln så att takymetern följer efter den och konstant kan skicka information åt kontrollenheten i väghyveln om var den befinner sig. Kontrollenheten kan då automatiskt justera höjden och lutningen på bladet så att resultatet blir som planerat. Noggrannheten med denna teknik är inom några millimeter. Nackdelen är att räckvidden från totalstationen är ca 500 m med fri sikt. (Trimble, 2015)

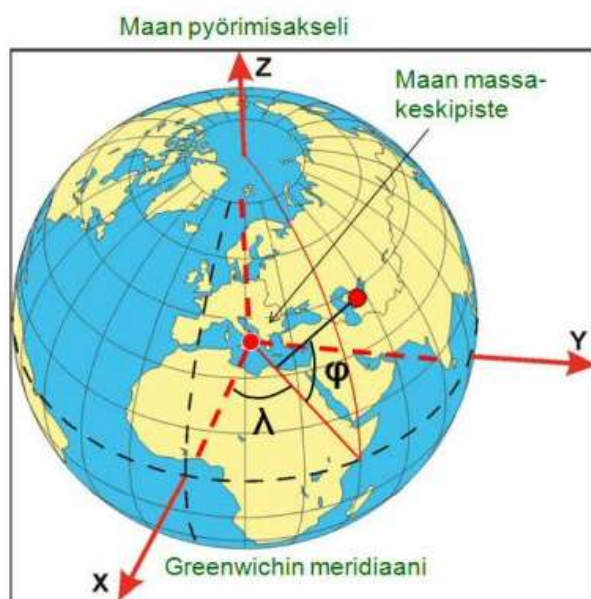
2.2 Satellitpositionering

Om satellitmätning används traditionellt termen GPS-mätning, men nuförtiden så används GNSS eftersom man inte längre enbart använder det amerikanska GPS-systemet utan också europeiska Galileo- och Ryska GLONASS-system. Satelliter sänder ut radiosignaler på olika frekvenser med positionsinformation som fångas upp av mottagare på jorden. Satellitbaserad positionsbestämning delas upp i absolut, differentiell och relativ positionsbestämning. Maskinstyrningen använder sig av relativ positionsbestämning. (Lantmäteriverket, n.d.)

Relativ positionsbestämning grundar sig på att utnyttja satellitsignalernas bärvåg. Minst två mottagare behövs av vilka en bör ha kända koordinater. Vid mätningen bestäms skillnaderna mellan mottagarna. Då mottagaren finner en satellit så börjar den mäta bärvågens fas. Med att noggrant mäta antalet hela våglängder under en tid så kan mottagaren noggrant bestämma satellitens avstånd. Genom att den ena mottagaren, basstationen, har en känd position, och noggrant kan räkna ut avståndet till använda satelliter, kan den skicka ut korrektionssignaler till den andra mottagaren, grävmaskinen. Då detta görs i realtid så kallas det för en RTK-mätning. Positionsnoggrannheten hos en fungerande RTK-mätning är bättre än 5 cm. (Lantmäteriverket, n.d.)

3. Mätreferenser

För att maskinstyrningen skall fungera måste det finnas en bestämd mätreferens, en nollpunkt varifrån man kan mäta avstånd i X-, Y- och Z-riktning. Som nollpunkt för de koordinatsystem som används har man valt jordens massmedelpunkt. Z-axeln går från origo mot Nordpolen, X-axeln går från origo och ut genom skärningspunkten för Greenwich meridianen och Y-axeln går vinkelrätt mot X-axeln ut genom ekvatorn. (Lantmäteriverket, n.d.)



Figur 2 X-, Y- och Z-axlarnas position på jorden

Detta koordinatsystem kallas WGS84 och ger oss en punkts avstånd från jordens massmedelpunkt längs koordinataxlarna. Koordinaterna för t.ex. Vasa torg blir då $X=2689908$, $Y=1065915$, $Z=5665030$. Dessa koordinater säger oss inte så mycket om var vi befinner oss på jorden, men det är den här typen av koordinater som satelliter och GPS-mottagare använder för att bestämma sina positioner. (Lantmäteriverket, n.d.)

3.1 Koordinatsystem

Koordinatsystem är rutnät som är utlagda på kartor så att vi skall kunna mäta var vi befinner oss. Genom att mäta avstånd i X- och Y-led från en punkt, kan vi bestämma vår position i ifrågavarande koordinatsystem. Eftersom jorden är formad som ett klot är det inte möjligt att lägga ut ett rutnät över hela världen som blir tillräckligt exakt i 2-dimensionella kartor.

Detta löses genom att göra mer lokala koordinatsystem med hjälp av kartprojektioner. I Finland så använder man sig av en transversal cylindrisk projektion. I Gauss Krüger-projektionen, som används i ETRS-GKn plankoordinatsystemen och i KKS, tangerar cylindern jordens yta längs medelmeridianen.



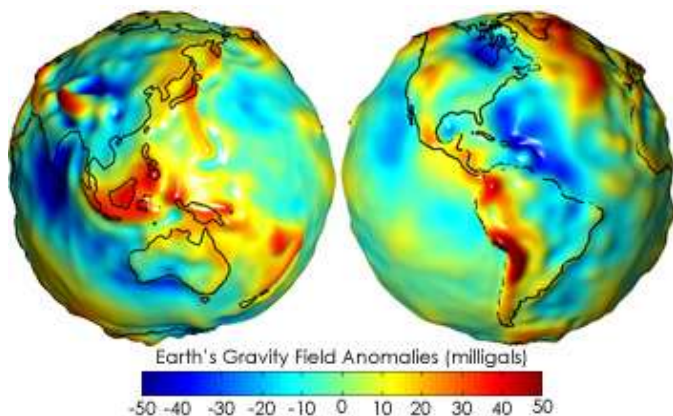
Figur 3 Transversal cylindrisk projektion

Med detta system blir positioneringen exakt utefter medelmeridianen, men det uppstår ett orienterings- och skalningsfel då man rör sig bort från medelmeridianen på grund av att jorden är rund. ETRS-GKn är det mest exakta system som används i dagens läge eftersom det finns en zon per grad. Hela landet är uppdelat i 13 zoner, ETRS-GK19 till ETRS-GK31. Siffran syftar på det gradtal som används som medelmeridian och är också de första siffrorna i Y-koordinaten. (Lantmäteriverket, n.d.)

3.2 Höjdsystem

Jorden är ett klot som är något tillplattat vid polerna. Matematisk så avbildas den bäst med en rotationsellipsoid. Tidigare användes anpassade ellipsoider för olika delar av jorden men i dag använder vi en geocentrisk ellipsoid med jordens massmedelpunkt som mittpunkt, GRS80. Referensellipsoiden används för att definiera geografiska koordinater, longitud och latitud. (Lantmäteriverket, n.d.)

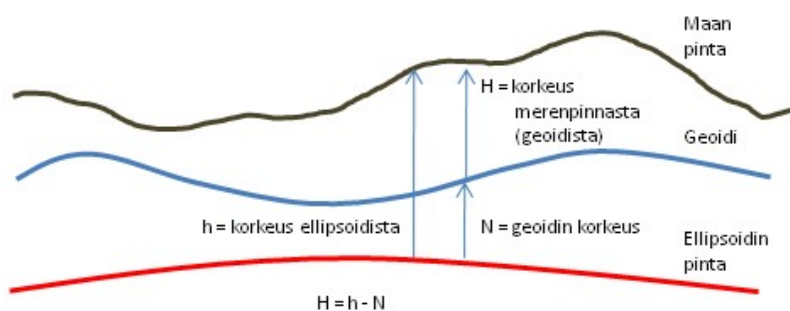
Höjden över GRS80 kallas ellipsoidhöjd (h). Då man talar om höjder så syftar man vanligen på höjd över havet (H). Höjd över havet är mera praktiskt användbart med tanke på avrinning och dränering. Den teoretiska havsytan avbildas som en geoid vars yta är kopplad till tyngdkraften. Eftersom tyngdkraft är relaterat till massa, och jordens massa är ojämnt fördelat, blir geoidens yta bucklig. Bilden nedan visar skillnaderna mellan geoiden och ellipsoiden. (Lantmäteriverket, n.d.)



Figur 4 Geoid jämfört med ellipsoid

(NASA, 2002)

Den verkliga jordytans höjd över ellipsoiden kallas h , geoidens höjd över ellipsoiden kallas N . Höjd över havet (H) blir då $H = h - N$. Relationen beskrivs i bilden nedan.



Figur 5 Relationen mellan ellipsoid, geoid och verklig jordyta

3.2.1 N2000

Eftersom det förekommer landhöjning i Finland så ändras höjden över havet för en punkt med åren. På grund av detta så måste vi beräkna egna geoidmodeller med hjälp av precisionsavvägningar. Det äldsta höjdsystemet (NN) baserar sig precisionsavvägningar som är utförda mellan 1892 och 1910. Efter det har det gjorts två avvägningar till. Den andra gjordes mellan 1935 och 1975. Under arbetets gång gjorde man ett temporärt höjdsystem

med namnet N43, det slutliga resultatet blev N60 som har nollhöjden vid normalvattenståndet i Helsingfors 1960. Detta system används fortfarande i en del av Finlands kommuner. (Geodetiska institutet, n.d.)

Den tredje och senaste precisionsavvägningen gjordes 1978–2004 och resulterade i höjdsystemet N2000. I detta system har man anslutit det finska avväggningsnätet till grannländerna och till havsytan via mareografer vid våra kuster. Det går inte att mäta höjder med GPS direkt i N2000, men höjderna kan omvandlas med hjälp av geoidmodellen FIN2005. Noggrannheten på dessa höjder är bättre än 5 cm. (Geodetiska institutet, n.d.)

4. 3D-modeller

Då man arbetar med 3D-maskinstyrning måste planeringen i något skede bli till 3D-modeller som man kan föra in i maskinstyrningen. Det som håller på att hända i Finland nu är att vi helt och hållet flyttar oss bort från pappersritningar och fokuserar på BIM-modeller även inom infra-branschen.

Fördelen med att jobba endast med BIM-modeller är att arbetet blir effektivare då man har all information om projektet i en projektbank på nätet där alla behöriga har tillgång till allting. Detta är ett framsteg jämfört med tidigare då de som planerade olika skeden, t.ex. vägar, broar, trafikmärken, rördragningar, tele och el, endast hade tillgång till den information som berörde deras områden. Om alla arbetar med samma modell är det enkelt att göra jämförelser mellan planerna för att se om de passar ihop. (Yleiset Inframallivaatimukset, 2015)

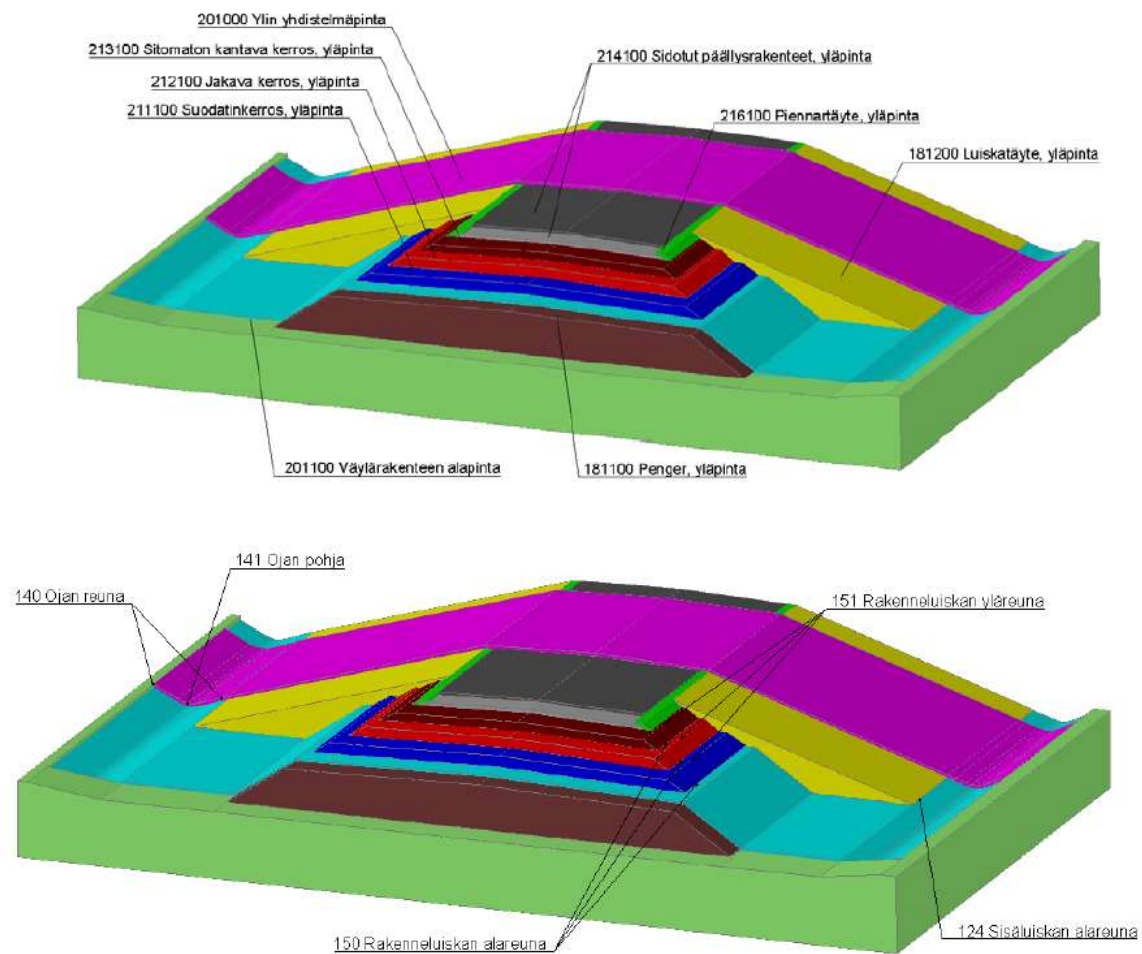
Nackdelen med 3D-modellering i dagens läge är att det finns väldigt många olika leverantörer av planeringsprogram och lika många olika format som programmen använder. Dessa program är oftast inte bra på att kommunicera med varandra och detta kan leda till problem om olika planeringsbyråer använder sig av olika program.

4.1 Inframodel 4.0

Inframodel är ett öppet fildelningsformat som baserar sig på det internationellt standardiserade Land XML-formatet. Den senaste versionen Inframodel 4.0 publicerades 2016 och målet är att den tas i bruk under 2017. Inframodel har utvecklats specifikt för informationsutbyte vid planering och förverkligande av infraprojekt. Genom att använda detta format kan man förutom själva ritningen också överföra mycket metadata, alltså data om data. Exempel på detta är information om specifikationer för en brunn i ett ledningsnätverk. Idén är att alla skall använda samma format för att flytta information så att man kan minska på fel som kan uppstå vid byte av program, eller i värsta fall förlust av data. Inframodel-filer är i textformat. Det är möjligt att öppna dem med textredigerare och editera innehållet. Detta är dock inte rekommenderat utan användaren ombeds att lita på sändande och mottagande applikationer. (InfraFINBIM, 2013)

4.2 InfraBIM nimikkeistö

Då flera aktörer arbetar med samma projekt är det viktigt att alla talar samma språk, alltså har samma benämning på olika byggnadsdelar. Med stöd av InfraRYL och med tanke på BIM-modellering har buildingSMART Finlands infra-projektgrupp utvecklat *InfraBIM nimikkeistö v1.6*. I anvisningen beskrivs ett gemensamt sätt att namnge och numrera farleder (vägar-, järnvägar-, gator-, vattenfarleder). I listan finns namnet på och numret för alla olika delar som t.ex. en väg består av. I bilden nedan visas ett exempel på en enkfildad väg med benämningar för olika konstruktionsytor samt koder för brytlinjerna. (buildingSMART Finland, 2016)



Figur 6 Enkelfilade vägars konstruktionsytor och brytningslinjer, 3D

Inframodell 4.0 baseras på denna lista av benämningar för att flytta information korrekt. En del av nyttan med maskinstyrning är att man kan mäta in förverkligade konstruktioner direkt med grävmaskinen, utan att en skild mätansvarig behöver komma ut på fältet med takymeter eller GPS-enhet och utföra mätningen. Då man mäter in punkter med grävmaskinen sparar maskinen koordinaterna för var man har skopan. Koordinaterna skall sparas med ett namn och en löpande numrering. Vid namngivning av punkterna lönar det sig att använda *InfraBIM* *nimikkeistö*, för då kan alla förstå vad punkterna är och varifrån de är tagna.

4.3 Yleiset Inframallivaatimukset 2015

Behovet av nationella standarder har uppkommit då de större beställarna av infraprodukter har som mål att flytta från 2D-ritningar till BIM-modellering. Beställare och leverantör måste ha en gemensam syn på, vad och hur man modellerar i projektets olika skeden. Förarbetet för direktiven har gjorts som ett samarbete mellan de största organisationerna inom infra i Finland: VR Track Oy, Destia Oy, Finnmap Infra Oy, Lemminkäinen Infra Oy,

NCC Roads Oy, Pöyry Finland Oy, Ramboll Finland Oy, Sito Oy, Tekla Oyj, Terramare Oy, YIT Rakennus Oy Infrapalvelut, Vianova Systems Finland Oy, WSP Finland Oy, A-Insinöörit Oy, Rakennustieto Oy och Trafikverket. Förutom dessa har flera städer deltagit: Helsingfors, Esbo, Vanda, Åbo, Tammerfors, Lahtis och Uleåborg. YIV 2015 är skrivet på finska och består av följande delar:

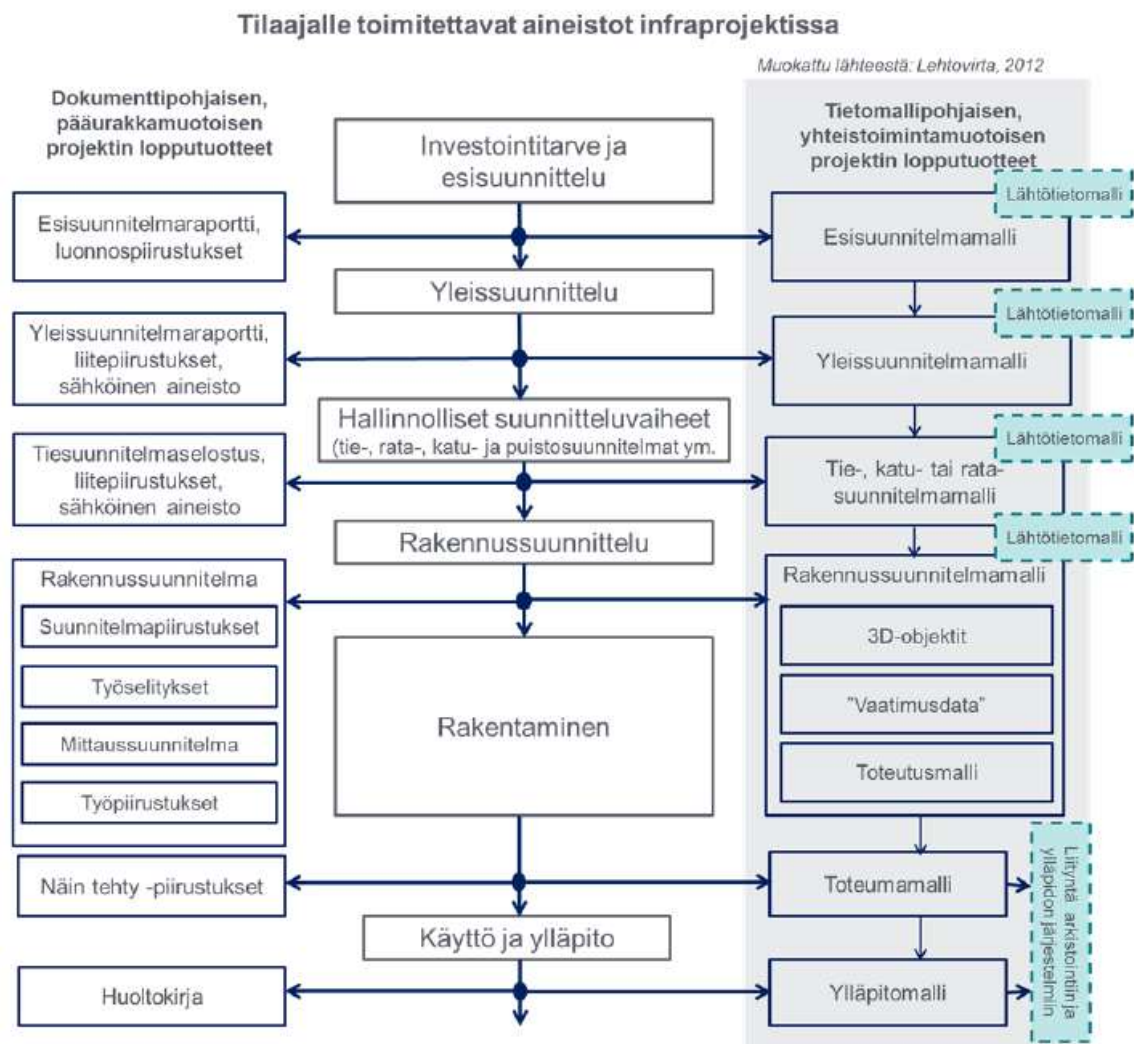
- ” 1. Tietomallipohjainen hanke
 2. Yleiset mallinnusvaatimukset
 3. Lähtötiedot
 4. Inframalli ja mallinnus hankkeen eri suunnitteluvaiheissa
 5. Rakennemallit; Maa-, pohja- ja kalliorakenteet, päälly- ja pintarakenteet ja maarakennustöiden toteutus-mallin (koneohjausmalli) ja toteumamallin laadintaohje
 6. Rakennemallit; Järjestelmät
 7. Rakennemallit; Rakennustekniset rakennusosat
 8. Inframallin laadunvarmistus
 9. Määrälaskenta, kustannusarviot
 10. Havainnollistaminen
 11. Infran hallinta
 12. Inframallin hyödyntäminen eri suunnitteluvaiheissa ja infran rakentamisessa. ”
- (Yleiset Inframallivaatimukset, 2015, Del 1, s.3)

Enligt Petteri Palviainen, (personlig kommunikation 20.03.2017) som har skrivit *YIV2015 Del 5.3 Maarakennustöiden toteutusmallin laadinta ohje*, är behovet stort att få gemensamma riktlinjer att gå efter gällande 3D-planeringen inom infra-branschen. Om vi inte har det kommer alla att göra som de själv anser att det är bäst att göra, och ingen kan säga att de gör fel. Om det finns krav på hur man ska framställa och namnge modellerna fungerar arbetsplatsen mycket smidigare. Det ger också entreprenören något att ställa sig bakom om man inte får fram de ritningar som krävs för att utföra arbetet. Alla delar av YIV2015 baserar sig på bestämmelser i InfraRYL.

Dessa direktiv är inte juridiskt bindande. De är mer av en överenskommelse mellan beställare och leverantör om gemensamma spelregler. Då man har standarder för hur man utför arbetet kan man vara säker på att alla har samma metod att genomföra projekt och därmed blir konkurrensen jämnare vilket leder till mera kostnadseffektivt byggande.

4.4 BIM-modellen genom projektets olika faser

Ett typiskt infra projekt med planering och byggande tar flera år. Övergången till BIM-format kan egentligen ske i vilket skede som helst i ett projekt. I en idealsituation går planeringen i BIM-format från ett skede till nästa och fylls hela tiden på med de senaste ritningarna. Den typiska processen för infraprojekt kan beskrivas med följande bild.



Figur 7 Jämförelse mellan traditionell ritnings process och BIM-modellen i projektets olika skeden. YIV2015 del 1

Figur 7 beskriver den typiska processen för ett infraprojekt från konstaterande av behov till färdig produkt. Figuren är också en jämförelse mellan dokumentbaserad process och BIM-modell baserad process. Vid olika skeden av planeringen utnyttjar man BIM-modellen på olika sätt. I det tidiga skedet av planeringen är utredning av den tekniska genomförbarheten samt investerings- och underhållskostnadernas trovärdiga framtagning de mest centrala delarna. Då planeringen framskrider blir kombinationsmodellen den viktigaste modellen. I den kombinerar man ihop de olika teknikområdets planering (t.ex. väg, bro, belysning,

vatten och avlopp) för att säkerställa sig om att modellerna passar ihop och ingen överlappning förekommer. Av kombinationsmodellen kan man också rendera en presentationsmodell. Till den använder man de översta ytorna för att få fram en realistisk bild av hur det kommer att se ut då projektet är färdigt. Det kan vara en viktig del av planeringsprocessen för att allmänheten skall kunna kommentera planen och myndigheterna skall godkänna den. Från kombinationsmodellen gör man också maskinstyrningsmodellen som entreprenören använder för att genomföra projektet. Eftersom projektet framskrider mäter entreprenören in det som blir byggt och denna information används sedan för att göra as built-modellen. Den utvecklas senare till en underhållsmodell som används som grund för underhållsplaneringen under produktens livscykel. (Yleiset Inframallivaatimukset, 2015)

Enligt Mats Backända (personlig kommunikation 12.04.2017) är problemen som uppstår på Tallqvists arbetsplatser idag att planeringens utgångsdata inte stämmer med verkligheten. Gamla ritningar som används är inte uppdaterade och inmätning som utförs före planeringen är minimal. Om utgångsdata inte stämmer kan omöjligen den planerade 3D-modellen bli korrekt. Upphandlingen baseras oftast på den billigaste offerten vilket kan leda till att planeringen delas in i flera delar och då kan kommunikationen mellan planerarna vara bristfällig. Vid flera tillfällen har planeringen inte överensstämmt med verkligheten, vilket leder till ändringar i byggskedet. Dessa ändringar kan medföra kostnader som inte beaktats i offertskedet för byggandet. Det är inte endast materiella kostnader som uppstår vid ändringar utan det blir oundvikligen förseningar. Med dagens pressade tidsplanering är alla förseningar kostsamma.

De förseningar som uppstår på grund av att entreprenören inte har fullständiga ritningar vid byggstarten vill man nu åtgärda genom YIV2015. I direktiven så finns det noggrant beskrivet hur planeringen med BIM-modeller inom infra skall gå tillväga. Det finns skrivet vad som skall modelleras i vilket skede och hur det skall modelleras. I *Del 5.3 Maarakennustöiden toteutusmallin laadinta ohje*, beskrivs hur man skall framställa modellen som skickas åt entreprenören som då direkt kan föra in den i maskinstyrningssystemet och påbörja arbetet.

5. Building SMART

År 1995 grundades en privat allians av Autodesk mellan 12 bolag, inom byggnadsbranschen och programtillverkare i USA, för att bevisa nyttan med ett öppet BIM-format. Företag som deltog i denna allians var Autodesk, Archibus, AT&T, Carrier Corporation, HOK Architects, Honeywell, Jaros Baum & Bolles, Lawrence Berkeley Laboratory, Primavera Software, Softdesk Software, Timberline Software och Tishman Construction. Efter ett års arbete hade de kommit fram till följande saker.

1. Ett helt öppet format var möjligt och hade stor kommersiell potential.
2. Alla typer av standarder måste vara öppna och internationella, inte privata och skyddade.
3. Alliansen måste öppna dörrarna för alla intresserade organisationer runtom i världen.

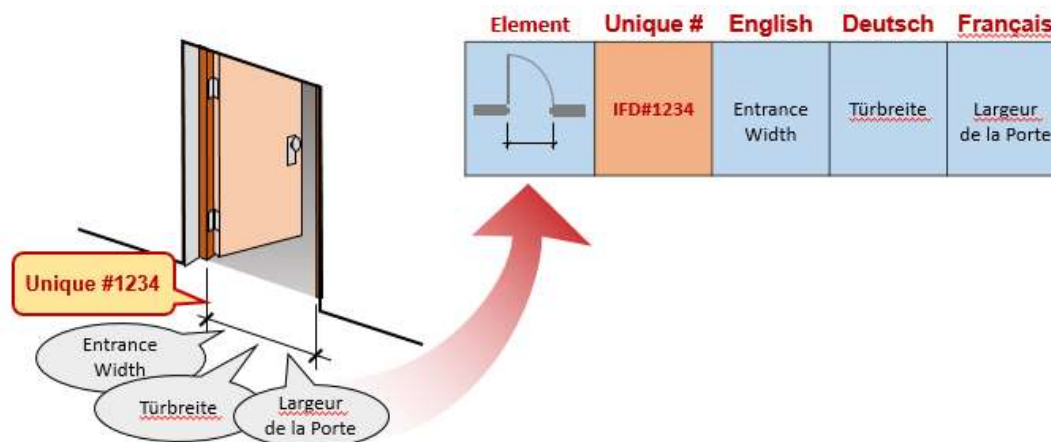
The International Alliance for Interoperability (IAI) blev grundat år 1996 i London vid ett möte mellan representanter från Nord Amerika, Europa och Asien. Organisationen grundade lokalavdelningar i olika länder, bl.a. Finland, och bildade en styrelse bestående av två representanter från varje lokalavdelning. År 2008 ändrade organisationen namnet till *buildingSMART* för att bättre reflektera organisationens mål. *Building* syftar på hela den byggda omgivningen, även infra, och *SMART* syftar på sättet man vill bygga. I dagens läge håller organisationen fast till principerna om öppenhet, neutralitet och icke vinstbringande verksamhet. (buildingSMART, 2016)

5.1 buildingSMART Data Dictionary

The buildingSMART Data Dictionary (*bSDD*) är ett bibliotek av objekt och deras egenskaper. Det används för att identifiera objekt i den byggda omgivningen och deras specifika attributer utöver språkgränserna, så att dörr betyder samma sak i Finland och i Sydkorea. Detta bibliotek är öppet och internationellt så att arkitekter och andra konstruktionsplanerare samt produkttillverkare kan dela och byta produktinformation. När alla delar samma språk blir planeringsprocessen och byggandet mer smidigt och kostnadseffektivt. (buildingSMART, 2016)

Biblioteket fungerar så att man har byggt upp en databas med namnet på ett visst mått för ett objekt på olika språk och givit måttet en unik kod. På detta vis kan planerare söka efter t.ex. dörrar med specifika mått från tillverkare i hela världen utan att behöva fundera på vad

måtten heter på olika språk. Bilden nedan är ett exempel som är taget från en PowerPoint som är producerad av buildingSMART 21.03.2016.



Figur 8 Princip för Data Dictionary

Då man tar bort språkgränsen öppnar det upp möjligheten för en större internationell handel. Det ökar konkurrensen och driver ner priset för produkter, det ger också bättre möjlighet att specialisera sig då marknaden är större.

5.2 IFC-standarder

Industry Foundation Classes (IFC) är en samling av internationella standarder för överföring av data mellan aktörer i planerings- och byggnadsprocessen. Likasom *Inframodel 4.0* i Finland är målet med dessa standarder att möjliggöra smidigt och felritt utbyte av data mellan olika program. Dessa standarder utvecklas av projektgrupper bestående av medlemmar från flera olika länder och projekten finansieras med donationer av organisationer och företag som är intresserade av att standarderna finns till. (buildingSMART, 2016)

Projekt inom infra som för tillfället är under arbete är *IFC Road*, *IFC Rail*, *IFC Bridge*. Vid förberedande av dessa projekt märkte man att alla dessa innehåller liknande arbetskedan som schaktning, dränering, överbyggnader m.m. Som en del av grunden för dessa projekt så startades ett annat projekt, *Common Definitions*. *IFC Bridge* är ett projekt som redan har en projektgrupp samt internationell finansiering och planeras bli färdig 2018. *IFC Road*, förslag av Sydkorea, och *IFC Rail*, förslag av Kina, är ännu i *Project proposal* skede och söker internationellt stöd för att kunna startas och börja söka finansiering. En uppskattning av tidtabell för dessa projekt är 2 år, om de kan startas år 2017 så kunde de bli färdiga år 2019. (Inframallentamisen päivä, 2017)

Efter att projekten är färdiga skall de testas i programmen vilket tar ungefär ett år. Om man ser på tidtabellen optimistiskt och inte räknar med förseningar kunde det finnas internationella standarder för informationsutbyte inom infraprojekt tidigast år 2020. Eftersom Finland redan är på bra väg med att utveckla våra egna standarder har vi möjligheten att påverka de internationella standarderna med det vi lärt oss från våra egna standarder. (Inframallentamisen päivä, 2017)

6. Problem och lösningar

Problemet som finns inom företaget är att få har fått någon egentlig utbildning i att använda sig av maskinstyrningssystem. Det är något som man måste lära sig själv och genom att fråga hjälp av medarbetare. Det har inte heller funnits utbildningsmaterial tillgängligt på finska. Detta har orsakat många extra arbetstimmar för mätansvarige som har blivit den som ansvarar för att systemet fungerar. Detta vill man nu åtgärda genom att framställa handböcker på finska som kan användas som utbildningsmaterial för personalen och som skall finnas tillgängligt på arbetsplatsen. Den handbok som gjorts i samband med detta ingenjörsarbete är den första av sitt slag och arbetet kommer att fortsätta med att vidareutveckla den och göra fler handböcker för andra styrsystem som används.

En av svårigheterna med att framställa handboken var min egen brist på kunskap om maskinstyrningens funktion. Det har inte talats mycket om maskinstyrning i skolan, förutom att det är något som finns och är bra att ha. Under sommaren 2016 jobbade jag som arbetsledare hos Tallqvist Infra och kom för första gången i kontakt med maskinstyrning i verkligheten. Efter att jag flera gånger hamnat att ta kontakt med firmans mätansvarige gällande problem med maskinstyrningen så blev jag själv intresserad av funktionen hos maskinstyrningen och började studera ämnet närmare.

En annan svårighet jag har haft är att Trimble's manualer för maskinstyrningen endast finns att fås på engelska. Dessa manualer är heller inte några läroböcker utan är utformade för användare med tidigare kunskap om masinstyrning. Det har varit en utmaning att först förstå det vad jag läser på engelska och sedan skriva en förenklad version av detta på finska. En positiv sak med detta är att jag har fått en fördjupad kunskap i finska och engelska.

7. Diskussion

Maskinstyrning är en viktig del av dagens byggande. En stor del av alla större infra-projekt utförs med hjälp av maskinstyrning och 3D-modeller. Det är viktigt att alla som använder sig av eller kommer i kontakt med maskinstyrning har en förståelse för hur det fungerar. Om grävmaskinsoperatören kan använda maskinstyrningssystemet effektivt så medför detta inbesparingar på både tid och pengar.

7.2 Resultat

Resultatet av detta examensarbete blev en handbok med namnet *Koneohjauksen käyttö työmaalla, laadunvalvonta ja huolto*. I denna handbok beskrivs bland annat basfunktionerna för Trimble GCS900, hur man kalibrerar en skopa, hur man mäter in en punkt, enkla felsökningar och serviceåtgärder som kan utföras av chauffören. I handboken behandlas också kvalitet och hur maskinföraren skall arbeta för att säkra kvaliteten på slutprodukten. De krav som ställs på maskinstyrningen i YIV2015 är beaktade i handboken. Den är gjord för både chauffören och arbetsledningen. Resultatet blev också en kodlista för namngivning av inmätta punkter. Listan är en förkortning på *InfraBIM_nimikkeisto_v1_6* som kan printas ut på 2 dubbelsidiga A4-papper, lamineras, och förvaras i grävmaskinen.

7.3 Utvärdering

Ibruktage av denna handbok kommer i framtiden att minska på den tid som grävmaskinen står stilla på grund av frågor kring funktioner hos maskinstyrningen. Svar på flera av de frågor som mätansvarige på företaget ofta får gällande maskinstyrningen finns nu skrivet i handboken som skall finnas tillgänglig i alla grävmaskiner. Kodlistan som gjordes kommer att förenkla arbetet med att sammanställa as built-modellen eftersom man använder samma koder för samma saker på alla byggen.

Ett möjligt problem med handboken är att det går som det brukar då man får en instruktionsbok med teknikprylar, den läggs åt sidan. Därför är det viktigt att tänka på hur man presenterar handboken för att få alla motiverade att använda sig av den.

7.4 Utveckling

På företaget kommer man att fortsätta med att göra fler handböcker för de andra systemen som används och en servicehandbok för Trimble GCS900. Handboken som nu blev gjord kommer också att uppdateras efterhand att behovet uppstår. Tekniken inom branschen utvecklas konstant med en väldig fart. Detta märktes under arbete med handboken då Trimble, den 1 mars 2017, lanserade en helt ny version av maskinstyrning som förväntas komma ut på marknaden under andra kvartalet år 2017, Trimble Earthworks. I denna version av maskinstyrningssystem har man automatiserat huvudbommen och skopan på grävmaskinen så att operatören endast behöver kontrollera stickan. Detta är den framtida utveckling vi är på väg mot.

7.5 Reflektion

Jag har under arbetets gång fått en väldigt värdefull kunskap gällande maskinstyrning och möjligheterna som den för med sig. Maskinstyrning är något som har funnits på marknaden i ca.10 år men ännu idag är de få som kan utnyttja styrningen till dess fulla potential. Det finns flera faktorer som inverkar på detta, men det som jag anser är en av de största är bristen på kunskap om maskinstyrningens funktion. Det är förståeligt att de som arbetat inom branschen i 30–40 år och är nära pensionsålder inte finner motivation att lära sig det nyaste nya. Däremot borde nyutbildade infra-ingenjörer få en mer ingående utbildning gällande 3D-modellering inom infraprojekt och möjligheterna med maskinstyrning.

8. Källförteckning

Ab Tallqvist Oy, 2013. *Ab Tallqvist Oy*. [Online]

Available at: www.tallqvist.fi

[Använd 6 Februari 2017].

buildingSMART Finland, 2015. *Yleiset inframallivaatimukset*. [Online]

Available at: <http://buildingsmart.fi/infrabim/yiv/>

[Använd 6 Februari 2017].

buildingSMART Finland, 2016. *InfraBIM nimikkeistö v1.6*, Helsinki: buildingSMART Finland.

buildingSMART Finland, 2016. *Inframodel 4.0 uudet osat*. [Online]

Available at: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2014/04/Inframodel_4_uudet_osat.pdf

[Använd 8 Februari 2017].

buildingSMART, 2016. *buildingSMART*. [Online]

Available at: www.buildingsmart.org

[Använd 27 Februari 2017].

Geodetiska institutet, u.d. *Geodetiska institutet*. [Online]

Available at: <http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/N2000.pdf>

[Använd 22 Februari 2017].

InfraFINBIM, 2013. *Inframodel käyttöönotto*. [Online]

Available at: <https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2014/04/Inframodel3-kayttoohje.pdf>

[Använd 27 Februari 2017].

Inframallentamisen päivä. 2017. [Film] Finland: buildingSMART Finland.

Lantmäteriverket, u.d. *Koordinat- och höjdsystem*. [Online]

Available at: <http://www.maanmittauslaitos.fi/sv/node/8095>

[Använd 8 Februari 2017].

Lantmäteriverket, u.d. *Satellitmätning eller GPS-mätning*. [Online]

Available at:

<http://www.maanmittauslaitos.fi/sv/fackman/terrangdata/koordinater/satellitmatning-eller-gps-matning>

[Använd 8 Februari 2017].

NASA, 2002. *Earth observatory*. [Online]

Available at: <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/GRACE/page3.php>

[Använd 22 Februari 2017].

Trimble, 2015. *Trimble GCS Grade Control System for Earthmoving Applications, Site Supervisors manual*, u.o.: Trimble.



Utlåtande

04.04 2017

Koneohjauksen käyttö työmaalla, Laadunvalvonta ja Huolto

Utlåtande:

Andreas Högnabba har som examensarbete sammanställt en handbok om Trimbles maskinstyrningssystem samt gjort upp en gemensam kodlista för olika typer av projekt, som bygger på InfraBIMs ordlista.

Tallqvist Infra har under flera års tid investerat i maskinstyrningssystem för att uppfylla de allt högre kvalitets krav som ställs idag.

Med hjälp av handboken som kommer att finnas till hands på arbetsplatsen samt ett gemensamt system för kodning av inmätta punkter för alla maskiner. Har vi tagit oss ett steg närmare ett fungerande koncept för användningen av den nya tekniken i vardagliga byggprojekt.

Andreas har visat ett stort och brinnande intresse för användningen av ny teknik samt för helheten av vad det innebär att använda maskinstyrning, för att i framtiden kunna vidare utveckla sitt kunnande.

Genom att minska tiden som går åt för service och felsökning kommer både tid och pengar att sparas. Kodlistan kommer att förenkla det så att maskinisterna som utför mätningarna i allt mindre utsträckning behöver fråga råd av arbetsledningen vilket sparar personal resurser.

Detta gör att vi i framtiden kommer att ytterligare kunna effektivisera metoderna och samtidigt säkerställa kvalitén.

Högaktningsfullt

Mats Backända