

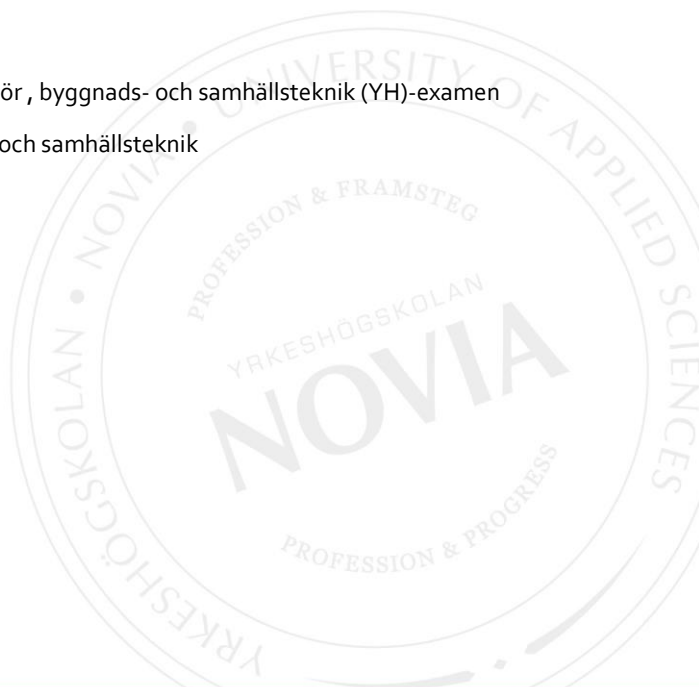
Förbättring av ett företags kvalitetsdokumenteringsprocess inom infrabranschen

Axel Nyfors

Examensarbete för Ingenjör , byggnads- och samhällsteknik (YH)-examen

Ingenjör (YH), byggnads- och samhällsteknik

Vasa 2019



EXAMENSARBETE

Författare: Axel Nyfors

Utbildning och ort: Ingenjör (YH), byggnads- och samhällsteknik, Vasa

Inriktningsalternativ: Infrabyggnad och -produktion

Handledare: Tom Lipkin

Titel: Förbättring av ett företags kvalitetsdokumenteringsprocess inom infrabranschen

Datum 4.6.2019 Sidantal 70

Bilagor

Abstrakt

Infra-branschen i Finland befinner sig mitt i en övergångsfas där man hela tiden går mot en allt mer informationsmodellbaserad produktion. I dagsläget är användning av maskinstyrning vardag på de flesta infra-projekt som byggs. Informationsmodellbaserad planering samt produktion prövas genom pilot-projekt, och en ständig utveckling pågår. BIM börjar idag bli allt mera vanligt speciellt bland de stora aktörerna inom infra-branschen.

Utvecklingen har lett till att digitaliseringen av överlåtelsematerial görs i allt bredare utsträckning. Den traditionella modellen med fysiska handlingar i papper håller på att falla bort till följd av övergången till digitalt material.

I och med Informationsmodellernas framfart inom branschen, och att de stora projekten inom en snar framtid gå mot att vara helt informationsbaserade bör även mindre aktörer inom branschen börja anpassa sig för att kunna övergå till ett informationsmodellsbaserat tillvägagångssätt.

I dagsläget har maskinstyrningen fått ett starkt fotfäste inom branschen efter att de stora beställarna inom branschen, även statliga, ställer krav på att entreprenörer skall använda sig av maskinstyrning för att ha förutsättningar att arbeta på projekt. Generaliseringen av användningen av maskinstyrning är ett av stegen i riktningen mot övergången till informationsmodellbaserade projekt.

Maskinstyrningen är rätt använd ett effektivt verktyg, men ännu är användningsprocessen dels begränsad inom de flesta företag. I detta ingenjörarbete behandlas maskinstyrningens användning samt övergången från dokumentbaserat övergångsmaterial till BIM. I ingenjörarbetet granskas ett företags befintliga kvalitetsdokumenteringsprocess för att lokalisera punkter för förbättring och utveckling mot en effektivare och funktionerande process.

Språk: svenska

Nyckelord: BIM, Infra, maskinstyrning, kvalitet, Lean

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Axel Nyfors

Koulutus ja paikkakunta: Insinööri rakennus- ja yhdyskuntetekniikka, Vaasa

Suuntautumisvaihtoehto/Syventävät opinnot: Infrarakennus

Ohjaaja(t): Tom Lipkin

Nimike: Förbättring av ett företags kvalitetsdokumenteringsprocess inom infrabranschen

Päivämäärä 4.6.2019 Sivumäärä 70

Liitteet

Tiivistelmä

Infra-ala Suomessa on keskellä muutosvaihetta, jossa ollaan siirtymässä tietomalli pohjaiseen tuotantoon. Koneohjauksen käyttö työmailla yleistyy ja on nykyään arkipäivää infra-alalla. Tietomalli-pohjainen suunnittelu ja tuotanto kehitetään ja pilotoidaan jatkuvasti eri hankkeissa. BIM:in käyttö on yleistymässä alan isojen toimijoiden joukossa.

Kehitys on johtanut siihen pisteeseen, että luovutusaineisto teetetään yhä laajemmin digitaalisessa muodossa. Perinteinen toimintapa paperisine asiakirjoineen on digitalisoinnin myötä poistumassa. Tietomallien yleistyessä alalla ja isompien hankkeiden siirtyessä lähitulevaisuudessa tietomallipohjaiseen toimintamalliin pienemätkin toimijat joutuvat sopeuttamaan toimintansa ja siirtymään tietomallipohjaiseen menettelytapaan.

Koneohjaus on vakiinnuttanut asemansa alalla sitä myöten että suuremmat tilaajaorganisaatiot, valtio mukaan lukien, asettavat yhä useammin vaatimuksia koneohjauksen käyttöönotosta hankkeillaan. Koneohjauksen käytön yleistyminen on askel kohti siirtymistä tietomallipohjaiseen toimintatapaan. Koneohjaus on oikein käytettynä tehokas työkalu, mutta toistaiseksi käyttöprosessi on rajoitettua monessa yrityksessä.

Tämä opinnäytetyö käsittelee koneohjauksen käyttöä sekä siirtymistä asiakirjapohjaisesta toimintatavasta tietomallintamiseen. Opinnäytetyössä tarkastellaan yrityksen nykyistä laatudokumentointiprosessia löytääkseen kehitettäviä ja parannettavia kohtia saadakseen toimivamman ja tehokkaamman prosessin.

Kieli: Ruotsi

Avainsanat: BIM, infra, Lean, laatu, koneohjaus

BACHELOR'S THESIS

Author: Axel Nyfors

Degree Programme: Bachelor of civilengineering

Specialization: Infrastructure

Supervisor(s): Tom Lipkin

Title: Förbättring av ett företags kvalitetsdokumenteringsprocess inom infrabranschen

Date 4.6.2019

Number of pages 70

Appendices

Abstract

The infrastructure-industry in Finland is in the middle of a developmental stage towards becoming information model based. The use of machine control is common in larger infrastructure-projects today. Information model-based planning and production is developed constantly through research and piloting. The use of BIM is increasing especially within larger corporations in the industry.

The development has led to a wider digitalization of the transfer material. The traditional method with paper-based documents is slowly evaporating due to the digitalization within the industry. The increasing of usage of information models and the fact that the larger projects in the close future being substantially information model based is leading to smaller actors in the industry will have to adjust to the transition towards basing their operation towards information modelling.

In the current situation the machine controlling systems have increased their presence within the industry following larger corporations including governmental clients are demanding the usage of machine control as a condition for being able to work on their sites. The machine control becoming more common within the industry is a step towards the transition of projects being information model based. Properly used the machine control systems is a rather efficient tool though the usage is still partly limited within the most part of the companies in the industry.

This thesis focus is on the usage of machine control systems and the transition from document-based transfer material to BIM. The thesis investigates a company's existing quality management process to locate action points for development of a more functional and efficient process.

Language: Swedish

Key words: BIM, quality, Lean, infra, machine control

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Problemformulering	1
2	Kvalitet	1
3	Kvalitetsmätning- och säkring inom jordbyggnad.....	2
3.1	Kvalitetssäkringsplan	3
4	Styrande handlingar.....	4
4.1	InfraRYL.....	4
4.2	YIV 2015.....	5
5	Sammandrag av kvalitetsrapportering och -dokumentering	6
5.1	För-rapportering (Esirapportointi)	7
5.2	Snabbrapportering (Pikarapportointi)	8
5.3	Delrapportering (Osarapportointi).....	8
6	Överlåtelsematerial	9
6.1	Handlingar som hör till överlåtelsematerialet.....	10
6.2	Digitalisering av överlåtelsematerial.....	10
6.2.1	Projekt databank.....	11
7	BIM.....	11
7.1	Infra BIM.....	12
7.1.1	För- och nackdelar med BIM inom infrabranschen	13
8	Lean	14
8.1	Leans 14 principer	15
8.2	Lean inom byggnadsbranschen	17
8.3	Värde	18
8.4	Slöseri	18
9	Maskinstyrning	19
9.1	Satellitsystem.....	20
9.2	Platsprecision	21
9.3	Maskinstyrningens funktion i praktiken.....	21
9.4	Maskinstyrningens komponenter och deras funktion.....	22
9.5	1- och 2-dimensionella maskinstyrningssystem	23
9.6	3-dimensionella maskinstyrningssystem	24
9.7	Exempel på användningsområden för maskinstyrningen	25
9.7.1	Tillverkare	26
10	Allmänt om maskinstyrningsmodeller.....	27
10.1.1	Tillverkning av modeller för maskinstyrning.....	27

10.2	Kvalitetssäkring utgående från maskinstyrningsmodellen.....	29
11	Maskinstyrning som mätredskap.....	30
11.1	Maskinstyrningen som mätredskap i praktiken.....	31
11.2	Mätdata producerad med maskinstyrning.....	32
11.3	Mätpunkter.....	33
11.3.1	Massaberäkning.....	33
12	Mätingenjörens förändrade roll.....	34
12.1	Mätansvarig.....	34
13	Kostnader till följd av införskaffande av maskinstyrning.....	35
14	Kostnadsbesparingar med maskinstyrning.....	36
14.1.1	Beräkningsexempel.....	37
15	Infrakit.....	38
16	Förslag till utvecklingspunkter där Lean kan anpassas.....	39
16.1	Säkerställning av modellernas kvalitet.....	40
16.2	Funktionssäkring för mätningsarbete.....	41
16.3	Informationshantering.....	41
16.4	Uppföljning.....	42
16.5	Kvalitetsrapportering.....	43
16.5.1	TQM.....	43
16.5.2	Kanban.....	44
16.6	Kaizen.....	46
16.6.1	Personalen.....	46
16.6.2	Samarbetspartners.....	47
16.6.3	Manualer "Vårt sätt att arbeta".....	48
16.6.4	Granskning av nyttan.....	48
16.6.5	5S.....	48
16.6.6	VSM.....	49
16.6.7	PDCA.....	51
16.6.8	Rotorsaksanalys.....	53
17	Reflektion.....	53
17.1	Jämförelse mellan BIM och traditionellt överlåtelsematerial.....	54
17.2	Samverkan mellan maskinstyrning och BIM.....	54
17.3	Samverkan mellan BIM och Lean.....	55
18	Sammanfattning och diskussion.....	57
19	Reflektion.....	59
20	Referenser.....	60

1 Inledning

Detta ingenjörsarbets tema är tillämpning av 3D-maskinstyrning i kvalitetsdokumenteringsprocessen i ett jordbyggnadsprojekt. Målsättningen var effektivisering och standardisering av kvalitetsdokumenteringsprocessen under ett infra-projekt.

1.1 Bakgrund

Ett möte hölls angående examensarbetet och dess tema i februari 2018 närvarande var Sundströms dåvarande VD Mika Mäenpää och arbetschef Emil Sundström. Temat var redan före mötet relativt klart, examensarbetet skulle behandla 3D-maskinstyrning. Eftersom temat i sig är brett beslöts det att examensarbetets fokus skall läggas på en effektivisering av användandet av 3D-maskinstyrning i kvalitetsdokumenteringsprocessen.

1.2 Problemformulering

Kvalitetsdokumenteringen utgör en stor del av helheten i ett jordbyggnadsprojekt. Allmänna anvisningar för hur kvalitetsdokumenteringen skall verkställas har givits ut i form av en handbok av Vägförvaltningen (Vägförvaltningen, 2009). Det finns gott om anvisningar för hur kvalitetsdokumenteringen skall utföras samt för hur överlåtelsematerial skall sammanställas, problemet är att dessa anvisningar i regel är projektspecifika. Vilket är en konsekvens av jordbyggnadsbranschens karaktär som projektbaserad näringsform.

Hård konkurrens inom branschen, pressade priser och allt stramare tidtabeller driver mot ett brådslande färdigställande av projekt. Det successiva arbetet med kvalitetsdokumenteringen åsidosätts relativt frekvent under byggskedet, vilket ofta resulterar i en stor arbetsbörda vid projektets slutskede, alternativt efter färdigställandet av själva projektet. Följder av försummandet av kvalitetsdokumenteringen kan orsaka uteblivna kvalitetssäkrings åtgärder resulterande i dolda fel i konstruktioner vilka uppdagas långt efter projektets överlåtande.

2 Kvalitet

Ordet kvalitet härstammar från det latinska ordet *qualis*, vilket fritt översatt från latin står för ”så som saken verkligen är”. Begreppet kvalitet kan beroende på kontext ha ett flertal

olika betydelser. Internationellt uttrycker begreppet kvalitet, överensstämmelsen av produktens centrala egenskaper. För att kunna uppnå uppsatta målsättningar för kvalitet bör organisationer och samfund ha en gemensam enhetligt bestämd definition på vad begreppet kvalitet innebär.

Talrika definitioner på kvalitet kan generellt sammanfattas till två slags basklasser. Kvalitetens betydelse blir således antingen uppfyllandet av förutbestämda krav eller tillfredställandet av kundens behov. Ifall kvalitet bestäms utgående från förutbestämda krav, exempelvis styrande handlingar, förutsätts att kraven skall vara entydiga. Då kvalitet bestäms utgående från tillfredställandet av kundens behov, bestämmer kunden definitionen på vad god kvalitet innebär. Teknisk kvalitet kan definieras vara uppnådd då förverkligat arbete motsvarar vad som nämnts i entreprenadavtalet, projekthandlingarna och är utfört enligt god arbetssed.

Orsaker till att kvalitetssäkring och -dokumentering görs kan sammanfattas som:

- För att säkra arbetsplatsens säkerhet.
- För att försäkra sig om att arbetet är gjort, ett dokumenterat arbete är ett utfört arbete.
- För att säkra underhållets förutsättningar.
- För att påvisa att arbetet är utfört enligt entreprenadavtalet.

3 Kvalitetsmätning- och säkring inom jordbyggnad

De allmänna avtalsvillkoren YSE1998 (Yleiset sopimusehdot) ligger ofta som grund för kvaliteten på ett byggnadsprojekt, dessa tillämpas även inom infra-branschen. YSE1998 kapitel 1 tar upp kvalitetssäkringen som en helhet, och en del av entreprenadens innehåll samt omfattning. Kvalitetssäkringen beskrivs ur såväl entreprenörens som byggherrens perspektiv. För byggnadsbranschen beskrivs entreprenadens kvalitetssäkringsvillkor i YSE1998 kapitel 1 i paragraferna:

§9 Tilaaajan laadunvarmistus,

§10 Urakoitsijan laadunvarmistus

§11 Urakoitsijan laadunvalvonta.

Entreprenören är enligt YSE1998 skyldig att följa avtalsenlig kvalitetssäkring samt avgöra och redovisa för förverkligandet av den avtalsenliga kvalitetssäkringen. Entreprenören skall själv granska och styrka det utförda arbetets resultat, samt korrigera eventuella avvikelser, fel och brister före överlåtandet till beställaren. Beställaren kan ställa särskilda krav utöver de krav som påverkar slutprodukten. Sådana krav kan vara för arbetets utförande, arbetsprestationer och arbetsmetoder. Detta omnämns i YSE1998 paragraf 11.

De allmänna avtalsvillkoren ställer följande krav och bestämmelser på kvalitetssäkringen:

- Identifierade allvarliga kvalitetsavvikelser samt deras korrigeringsåtgärder ska omedelbart meddelas åt beställaren.
- Byggnadsmaterial samt byggdelar ska före installation granskas, samt odugliga byggnadsmaterial och byggdelar ska omedelbart avlägsnas från arbetsplatsen.
- System och utrustning funktionsduglighet ska granskas genom besiktning och prövning.
- De kvalitetssäkringsåtgärder som nämns i kontraktet ska utföras på entreprenörens bekostnad. Sådana kvalitetssäkringsåtgärder som ej står nämnda i kontraktet ska bekostas av beställaren utifall entreprenörens arbete motsvarar kvalitetskraven.

Oberoende om YSE1998 tillämpas i entreprenaden eller inte ska entreprenören redovisa för beställaren att förverkligandet skett enligt gällande normer och krav. Entreprenadavtalets omfattning och innehåll styr i huvudsak projektets kvalitetssäkring och förverkligande. (Asiamies Karri Kivioja, 2004) (Ilpo Peltonen, 2014) (Rakennustieto, Rakennusalan yleiset sopimusehdot, 1998)

3.1 Kvalitetssäkringsplan

Före arbetet påbörjas ska entreprenören ha utarbetat en projektspecifik kvalitetssäkringsplan, ofta enligt YSE1998. Utöver kvalitetssäkringsplanen ska arbets- och kvalitetsplaner för enskilda arbetsskeden enligt överenskommelse göras enligt behov.

Kvalitetssäkringsplanen ligger som grund för hela projektets kvalitetssäkring, och blir därför ett av projektledningens viktigaste verktyg då den fyller en funktion som en slags förteckning för kvalitetssäkringen och -dokumenteringen på projektet.

Entreprenören redovisar i planerna de tillvägagångssätt som valts för att uppnå projektets kvalitetskrav- och målsättningar. Planerna framställs utgående från de kvalitetskrav och tillvägagångssätt som anges i projektets ursprungshandlingar.

Ursrungsplanerna är mestadels baserade på gällande normer och styrande handlingar inom branschen. Dock bör det erinras att varje projekt är unikt, och även ifall hänvisningar till styrande handlingar må vara gjorda har varje enskilt projekt specifika särdrag vad beträffar kvalitetssäkring.

Den färdiga konstruktionens kvalitet skall styrkas och konstateras genom mätning, s.k. totematieto och tarkkeet. Eventuella avvikelser rapporteras omgående till beställaren. Entreprenören bär huvudansvaret över de kvalitetssäkringsåtgärder som utförs på arbetsplatsen liksom olika mätningar, syner, granskningar etc. (Rakennustieto, 2018) (Rakennustieto, 1998)

4 Styrande handlingar

Inom infra-branschen utförs kvalitetssäkringen oftast enligt anvisningar givna i InfraRYL, men till följd av projektens temporära karaktär varierar kvalitetskraven för varje enskilt projekt.

För vägkonstruktioner finns i InfraRYL förordat funktionella- samt tekniska krav, respektive inom husbyggnadssektorn MaaRYL och spårbyggnadssektorn RATO. I detta examensarbete har det valts att fokusera på InfraRYL.

4.1 InfraRYL

InfraRYL, (Infrarakennuksen yleiset laatuvaatimukset), publiceras av Rakennustieto Oy. InfraRYL innehåller allmänna funktions- och kvalitetskrav för olika byggdelar inom infrastrukturbyggande. I InfraRYL beskrivs allmänt accepterade och sunda byggsätt samt processer. Funktionalitetskrav definieras utgående från strukturens beteende och dess komponenter genom konstruktionens livscykel. Sådana är vägkonstruktionens funktion liksom vägytans jämnhet. Konstruktionen skall uppfylla angivna tekniska krav under byggtiden. De tekniska krav som ställs på vägkonstruktionen innefattar krav på använda material, mätning och täthet vilka slutprodukten skall uppfylla. De tekniska kraven fastställer tillåtna avvikelser för konstruktionen liksom behovet och mängden samt intervallet för utförandet av kvalitetsmätningar. (Rakennustieto, 2018)

4.2 YIV 2015

Rakennustietosäätiön utskott buildingSMART Finland (bsF) har gett ut anvisningarna Yleiset inframallivaatimukset 2015 (YIV 2015). Delarna 1-7, 5.5.2015 samt delarna 8-12, 11.2.2016. Behovet till anvisningarna är ett resultat av de större infra-beställarorganisationernas målsättning att övergå till informationsmodeller. Ett för gemensamt synsätt på hur modelleringen skall utföras och vad som skal modelleras i projektets olika skeden bör etableras för beställare och leverantörer. YIV 2015 är ämnat att användas som allmänna tekniska referenser och inframodellerings anvisningar på projekten (YIV2015, 2015). Dock bör i modelleringen beaktas att varje enskilt projekt är unikt, och varje projekt har sina specifika särdrag. Nedan finns samtliga delar ur YIV listade. Tidsenlig information beträffande YIV finns tillgänglig i PDF-format på buildingSMART Finlands webbsidor.

- osa 1: Tietomallipohjainen hanke, informationsmodellens baserade projekt.
- osa 2: Yleiset mallinnusvaatimukset, allmänna krav på modellering.
- osa 3: Lähtötiedot, ursprungsmaterial.
- osa 4: Inframalli ja mallinnus hankkeen eri suunnitteluvaiheissa, Inframodellen och modellering i projektets olika faser.
- osa 5.1: Maa-, pohja- ja kalliorakenteet, päälly- ja pintarakenteet, olika byggnads lager och dess modellering.
- osa 5.2: Maarakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje, anvisningar för tillverkning av modeller för maskinstyrningsmodeller.
- osa 5.3: Maarakennustöiden toteutumamallin laadintaohje, anvisningar för tillverkning av modeller för förverkligande av jordbyggnads arbeten.
- osa 6: Järjestelmät, system.
- osa 7: Rakennustekniset rakennusosat, byggnadstekniska byggdelar.
- osa 8: Inframallin laadunvarmistus, kvalitetssäkring av inframodeller.
- osa 9: Määrälaskenta, kustannusarviot, mængdberäkning och kostnadskalkyler.
- osa 10: Havainnollistaminen

- osa 11.1: Inframallinnus päällysteiden korjaamisessa, inframodellering vid korrigerering av beläggningsskador.
- osa 12.1: Maarakentamisen mallipohjainen laadunvarmistusmenetelmä, jordbyggnadens modellbaserade kvalitetssäkringsmetoder.

Anvisningarna har i dagsläget getts ut på ursprungsspråket finska, samt att en översättning till engelska gjorts 2019. Dessutom har en uppdatering av anvisningarna påbörjats och getts ut som ett utkast. (Rakennustieto Oy, 2019)

5 Sammandrag av kvalitetsrapportering och -dokumentering

Kvalitetsrapporteringen och -dokumentering består inom infra-branschen av följande steg:

1. Byggnadsplanerings material
2. Överlåtelsematerial sammanfattat i en kvalitetsmapp (laatukansio) eller alternativt en projektdatabank
3. Projektets arbetsskedes- och kvalitetsplaner (TLT).
4. Material och dokument från arbetstida förrapportering (esiraportointi)
5. Material och dokument från arbetstida snabbrapportering (pikaraportointi)
6. Material och dokument från arbetstida delrapportering (osaraportointi)
7. Material och dokument för överlåtelse och slutrapport till beställaren m.a.o. det färdigställda projektets överlåtelsedokument (Loppuraportti)
8. Garantitidens kvalitetsrapportering och -dokumentering sammanställs och bifogas i kvalitetsmappen eller -databanken (Takuuajanraportointi).

För viktiga byggdelar och deras kritiska egenskaper krävs ett aktivt kvalitetsrapporteringsarbete under byggnadsskedet. Den byggnadstida kvalitetsrapportering består av:

- Förrapportering (esiraportointi).
- Snabbrapportering (pikaraportointi).

- Delrapportering (osaraportointi).

Byggnadsskedets rapportering berör främst sådana byggdelar och deras egenskaper vilka:

- Täcks över med jordmassor.
- Vars brister i funktion och hållbarhet inte kan konstateras under garantitiden eller under de första 1-5 åren.
- Byggdelar vars brister i funktion och hållbarhet har stor betydelse för entreprenadens kostnader.
- Byggdelar i vilka det allmänt förekommer brister.

Oftast rapporteras enbart byggdelarnas avvikelser till beställaren, samt korta kvalitets sammanfattningar. Även rapporterna ska bifogas i projektets kvalitetsmapp (laatukansio) eller i projektdatabanken. I kvalitetsmappen eller projektdatabanken ska samtliga kvalitetsdokument från projektet förvaras, och finnas tillgängliga för samtliga parter i projektorganisationen under projektets livscykel. De sammanställda dokumenten fungerar som en grund för slutrapporten som utgörs när projektet är färdigt, och entreprenören överlämnar projektet åt beställaren. (Vägförvaltningen, 2009)

5.1 För-rapportering (Esiraportointi)

Före påbörjandet av byggnadsskedet av specifika byggdelar som exempelvis trumkonstruktioner, stabiliserade konstruktioner, arbetstida trafikarrangemang och På grunder, bör entreprenören göra upp en arbets-, kvalitets- och byggnadsplan samt leverera kvalitetsdokument för använda material för arbetsskedet i fråga åt beställaren. Med hjälp av för-rapporteringen säkerställs att viktiga byggdelar uppfyller en sakenlig nivå på kvaliteten, samt ges en möjlighet att undvika eventuella fel och brister i konstruktionen. (Vägförvaltningen, 2009)

Arbets-, kvalitets- och byggnadsplanen för byggnadsskeden är för projektledningen ett ytterst viktigt verktyg, då där finns beskrivet för byggdelen viktiga aspekter som kvalitetskrav, krav på dokumentation samt tillvägagångsätt för kvalitetssäkring under arbetet. Dokumentet fyller även en funktion som ett underlag för introduktion till arbetsskedet.

5.2 Snabbrapportering (Pikaraportointi)

Snabbrapportering görs i huvudsak utifrån de konstruktioner och byggdelar vilka har en betydande inverkan på slutproduktens kvalitet, och sådana konstruktioner som är svåra att korrigera i efterhand. Exempel på dylika konstruktioner är det fördelandelagrets skick före byggande av bärande lager, markkablar, beläggningsarbeten samt kringfyllnad av fundament. I normala fall skall entreprenören rapportera dessa arbetsskeden med ett intervall av tre dagar, om inte annat nämnts. Rapporten är kortfattad, några meningar, med bifogade bilder av konstruktionen. Ur rapporten bör framstå vem, när, vad som rapporteras. Rapporten skall i regel inte innehålla analyser eller siktkurvor.

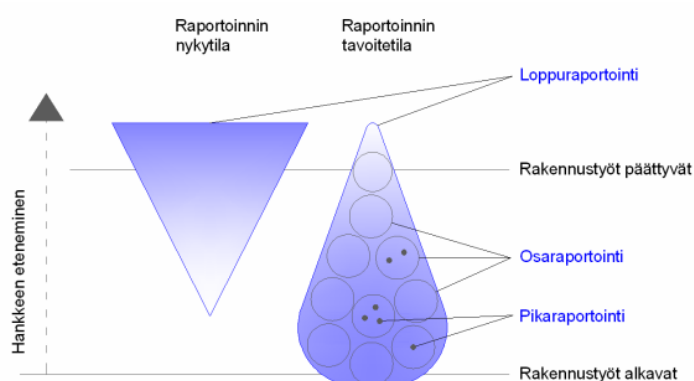
Utifrån dessa rapporter kan beställarens representant ta ställning till arbetets förlopp samt reagera på eventuella fel och brister i konstruktionen. (Vägförvaltningen, 2009)

5.3 Delrapportering (Osaraportointi)

När en byggdel konstateras vara färdigställd låter entreprenören utföra kvalitetsmätning av objektet, varefter resultatet skall godkännas av beställaren. Efter resultatens godkännande kan entreprenören göra en delrapport av byggdelen eller konstruktionen. Även ofullständiga byggdelar kan rapporteras förutsatt att byggdelens brister är obetydliga och tydligt redovisade i rapporten. Delrapporterna bifogas beroende på projektet antingen i laatukansio eller projektdatabanken. Grundtanken är att delrapporteringen skall ske successivt under projektets gång och ej efter avslutat projekt. (Vägförvaltningen, 2009)

Raportointitapa	Mitä koskee ja tavoite	Raportoittavat asiat	Raportointiaika
Esiraportointi	Työ- ja laatusuunnitelman sekä rakennussuunnitelman ne kohdat, jotka ovat laadun varmistuksen kannalta tärkeimpiä ja herkimpiä.	Työsuunnitelma, laatusuunnitelma, rakennussuunnitelma, eräät materiaalihankinnat, ym.	2 pv - 2 vko ennen työn/työvaiheen aloittamista. Määritetty rakennusosittain
Pikaraportointi	Maahan peitetyt rakennusosat	Lopputuotteen kannalta herkimät ominaisuudet.	1 - 3 vrk työvaiheen tekemisestä
Osaraportit	Tärkeimmät rakennusosat, raportointi VALMIISTA rakennusosista valitulla paaluvälillä	Lopputuotteen ja kustannusten kannalta herkat ominaisuudet	Urakan raportointitai maksuaikataulun mukaan
Loppuraportti	Kootaan pika- ja osaraportit sekä muiden rakennusosien laatumittauksen tiivistelmät. Osoitetaan, että ne kattavat koko hankkeen.	Kaikki rakennusosat	Koko työn ajan. Valmis normaalisti 2 vko ennen urakan luovuttamista
Takuuajan raportointi	Osoitetaan lopputuotteen takuuaikainen laatu.	Lopputuotteen ja kustannusten kannalta herkat ominaisuudet	Liitetään myöhemmin urakan loppuraporttiin

Figur 1. Sammanfattning av rapporteringens faser.



Figur 3. Illustration av rapporteringens ideella förlopp.

6 Överlåtelsematerial

Entreprenören sammanställer en mapp alternativt en databank med en logisk, kronologisk innehållsförteckning av samtliga byggdelar, från grundförstärkning till beläggning. Omfattningen på kvalitetsmappen eller databanken bestäms utifrån InfraRYL alternativt andra kvalitetsbestämmelse dokument som projektet innefattar. Laatikansio skall sammanställas enligt företagets standardiserade mappstruktur om inte annat anges.

I laatikansio eller databasen samlas data som mätningar och kvalitetsdokument vilka samlas in under arbetets gång. Laatikansio skall innehålla dokument som arbetskedets

kvalitetsplan förutsätter så som avvikelserapporter, inventarier, kvalitetsdokument för använda material, kvalitetsmätningar och ritningar, mätningssloggar och -rapporter samt diverse rapportmaterial.

Slutdokumenterings materialet behöver enligt anvisningen inte överlätas åt beställaren, utan en slutrapport utgörs över laatumkänslighet innehåll. Slutrapporten gäller generellt projektet som helhet, och entreprenören skriver slutrapporten utifrån delrapporteringen som gjorts under projektets gång. I slutrapporten presenteras byggdelens giltighet, mätningarnas omfattning samt avvikelserna. (Vägförvaltningen, 2009)

6.1 Handlingar som hör till överlåtelsematerialet

Förutom kvalitetssäkringsplanen som nämns i punkt skall följande handlingar bifogas i överlåtelsematerialet:

- Arbetskedes-plan (TLT), ska göras för varje enskilt arbetsskede som förverkligas. Planen beskriver arbetskedets förverkligande samt fungera som underlag för arbetskedets kvalitetsdokumentering.
- Teknisk arbetsplan, görs för särskilt krävande arbetsskeden liksom sprängning, beläggning, stabilisering etc Fås ofta av underleverantör.
- Underleverantörens kvalitetsplan, görs av underleverantören för arbetsskeden som utförs av underleverantören i fråga. Med planen påvisas underleverantörens kompetens för förverkligandet av ifrågakvarande arbetsskede, samt beskriver underleverantörens kvalitetssäkring samt -dokumentering.
- Arbetssäkerhetsplan med tillhörande bilagor, beaktar arbetssäkerhets- och miljöaspekter på arbetsplatsen så som krav på arbetssäkerhet, skyddsutrustning samt riskidentifiering- och hantering. Bilagor som följer med arbetsplanen kan vara exempelvis MVR-mätningsskema, introduceringsskema, maskinbesiktningsskema m.fl.

6.2 Digitalisering av överlåtelsematerial

Planering och produktion inom infrastruktur-branschen är i ett utvecklingsskede mot att bli informationsmodellbaserad. Därför har det ansetts att även överlåtelsematerialet bör sammanställas i ett digitalt format. (Kivimäki, 2017)

Jämfört med det traditionella fysiska överlåtelsematerialet är det i digitalt format betydligt kompaktare, inte enbart till utformningen utan även innehållsmässigt. Den bidragande orsaken till detta är bortfallet av vissa arbetstida kvalitetsdokument, vilka kan låtas helt förbli. Exempel på dokument som utesluts är tidtabell, arbetsplatsplaner, kvalitetssäkringsplaner samt projektets kvalitetsplaner. Resultatet är att fokuset flyttas alltmer till slutprodukten kvaliteten samt dess funktion, istället för att som tidigare fokusera på tillvägagångssätten i produktionen.

Trafikverket har ännu inte satt upp konkreta riktlinjer för hur data skall hanteras på projektet, utan tyngdpunkten anses ligga på att överlåtelsematerialet uppfyller ställda krav på entydighet och tydlighet. (Vägförvaltningen, 2009) (Ville Suntio, Anna Partainen, 2017)

6.2.1 Projektdatabank

En projektdatabank definieras vanligen som en webb- eller molnbaserad applikation som används för projektstyrning eller för ett enskilt projekt.

Till projektdatabanken delas samtliga handlingar som berör projektet i fråga. Alla parter som är delaktiga i projektet skall ha tillgång till projektbanken samt de senaste versionerna av handlingar som berör projektet. Att använda en projektbank bringar nytta till samtliga parter i projektet då de senaste handlingarna ständigt finns tillgängliga för alla användare oberoende tid och ort. Det finns specifika tjänster och program för projektdatabanker så som Buildercom och Sokopro, men i sitt simplaste format kan även Google Drive- mappar eller Microsoft onedrive tjäna som projektbank förutsatt att länken delas till berörda parter.

7 BIM

Building Information Modelling, BIM, har under det senaste decenniet spridit sig och tagits i bruk av allt fler aktörer inom byggnadsbranschen globalt.

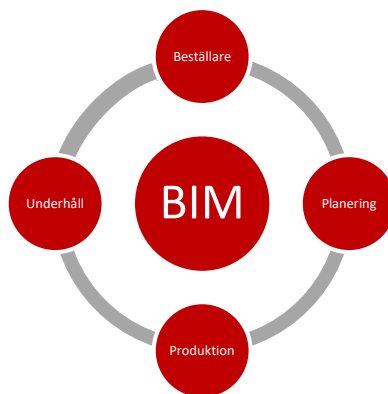
Grundtanken inom BIM är ledning av ett projekt genom hantering av information på ett strukturerat och planerat sätt. BIM som process omfattar utvecklandet och användningen av digitalt framställda modeller för virtuell simulering av ett projekts byggnadsskeden.

Kortfattat innebär BIM övergången från 2-dimensionella ritningar och CAD-planering till 3-dimensionella informationsmodeller. Informationsmodellerna innefattar samtliga arbetsskeden genom projektets livscykel.

Modellering innebär att man skapar en digital objektbaserad modell, där objekt i modellen representerar objekt i verkligheten, tex en vägg, en bropelare eller en vägbana. Objekten ser visuellt verkliga ut, och kan förses med både geometrier eller andra egenskaper för att motsvara objektets verkliga fysikaliska egenskaper. Således kan informationen flexibelt användas till många ändamål och av många aktörer.

Informationsmodellen kan även fungera som ett underlag redan i upphandlingsskedet då man utgående från modellen kan räkna ut mängder, och därifrån göra kalkyler. Det finns risk för att planeringsmodellen i vissa fall kan vara bristfällig, men som helhet ger den en övergripande blick över materialåtgången.

Informationsmodellen ska finnas tillgänglig för hela projektorganisationen under projektets livscykel. Tillgängligheten och åtkomsten görs möjlig genom gemensamt uppsatta normer för kommunikation och dataöverföring. För att lyckas skapa ett transparent och effektivt informationsflöde bör systemoberoende format nyttjas genom vilka data producerat av olika aktörer kan presenteras. (Modig, 2014) (Buildingsmart Finland, 2019)



Figur 4. BIM-cykeln illustrerad.

7.1 Infra BIM

Liksom övriga byggnadssektorn innebär BIM inom infra-branschen en digital 3-dimensionell helhet av ett projekt.

Planeringen av vägar och infrastruktur har övergått från 2D CAD-planering och pappersritningar till att planeringen utförs i 3D-format, dock har denna övergång skett

betydligt senare än inom husbyggnadssektorn. Orsaken till den fördröjda övergången till BIM inom infra-branschen beror främst på projektens omfattande och invecklade karaktär. Redan anskaffning av relevant information för förverkligande inom infra-branschen är tidskrävande och avancerat.

Under senare år har utvecklingen av informationsmodells baserade tillvägagångssätt och modellering avancerat och drivits fram betydligt inom infrabranschen. Med en inframodell menas liksom inom byggsektorn konstruktionens digitala 3-dimensionella helhet genom dess hela livscykel från utgångsinformation till underhåll.

Det pågår ett ständigt utvecklingsarbete med informationsmodeller, och de blir allt allmännare inom infra-branschen som i sig själv går mot en standardisering inom användandet av informationsmodeller. En standardisering av BIM inom infra-branschen i Finland är att vänta i framtiden. I Finland drivs utvecklingsarbetet av organisationer som exempelvis buildingSmart Finland som bland annat för arbete med uppdatering av YIV samt utvecklingen av inframodel4 formatet.

7.1.1 För- och nackdelar med BIM inom infrabranschen

Exempel på fördelar med BIM:

- + Informationsmodellerna reducerar tidsåtgången vid byggnation. Exempel på områden som effektiveras är bl.a. planering, mängdberäkning samt indelning av arbetsskeden i projektstyrningen.
- + Möjlighet till analys och simulation i modellen redan i projektets tidiga skeden.
- + Projekteringen blir effektivare då samverkan mellan olika aktörer i projektorganisationen blir effektivare. Liksom kvalitetssäkringen blir bättre då den skapas visuellt och i real-tid.
- + En 3D-visualisering är mer lättförstådd än en 2D-ritning.
- + Informationsmodellen säkrar ritningarnas överensstämmelse sinsemellan. Exempelvis förekommer inga deviationer mellan plan-ritningar och skärningar.
- + Det finns möjlighet att stänga av de visuella bildernas lager så att enbart relevant information för det aktuella arbetsskedet blir synligt, vilket underlättar tolkningen av ritningar märkbart.

- + Användning av informationsmodeller möjliggör användningen av 3D-maskinstyrning på arbetsplatsen.
- + Maskinstyrningen bidrar till en bättre mätprecision vilket bidrar till effektivare arbetssätt.

Exempel på nackdelar med BIM:

- BIM sätter höga krav på beställarorganisationen.
- Stora variationer och även brister i relevant kompetens för användning av utrustning och program, samt begränsningar i tillgänglighet av kompetent arbetskraft.
- Kostnader för utbildning av personal.
- Investerings- och licenskostnader för utrustning och programvaror gör att projekteringen blir kostsammare.
- Svårt att samverka och ta fram en gemensam plattform för modeller.

8 Lean

Adjektivet Lean översatt från engelska betyder ”Smal och frisk” (Cambridge dictionary). Inom produktionen är Lean en produktions- och styrfilosofi som har sin grund i Toyotas produktionsfilosofi TPS (Toyota Production System). Strategin fokuserar på att identifiera och maximera kundvärdet genom en konstant förbättring av flödet i produktionsprocessens.

Lean-filosofin bygger på att skapa värde genom hela produktionsprocessen, grundtanken är att eliminera all aktivitet som ej medför direkt värde för slutprodukten. Genom att reducera avfall, aktivitet som inte medför värde, kan processflödet effektiveras. Målsättningen är att åstadkomma effektivare processer med mindre resurskrav.

För att kunna identifiera och eliminera dylika aktiviteter som ej medför värde för slutprodukten bör dessa skiljas åt från de aktiviteter som medför värde. Identifieringen av värde är enbart möjlig förutsatt att det finns en medvetenhet om vad och vilka aktiviteter som medför ett direkt värde till slutprodukten ur kundens perspektiv.

Lean-filosofin är anpassningsbar och kan implementeras in i befintliga processer. Implementeringen av Lean-filosofin i en befintlig verksamhet är tämligen komplicerat, då

filosofin fordrar god organisationsförmåga, skapande av nya rutiner samt verktyg genom vilka effektivare processer kan verkställas praktiskt.

Processerna i verksamheten ska arrangeras så att ej värdebringande aktiviteter överhuvudtaget utförs. Förutsättningarna för att en maximal nytta ska kunna uppnås genom en implementering av Lean-filosofin förutsätter en konstant utveckling av verksamheten. Fokuset ska ligga på att driva verksamheten mot ett ständigt strävande mot förbättrande av prestationer, samt mot uppnåendet av felfrihet i processerna.

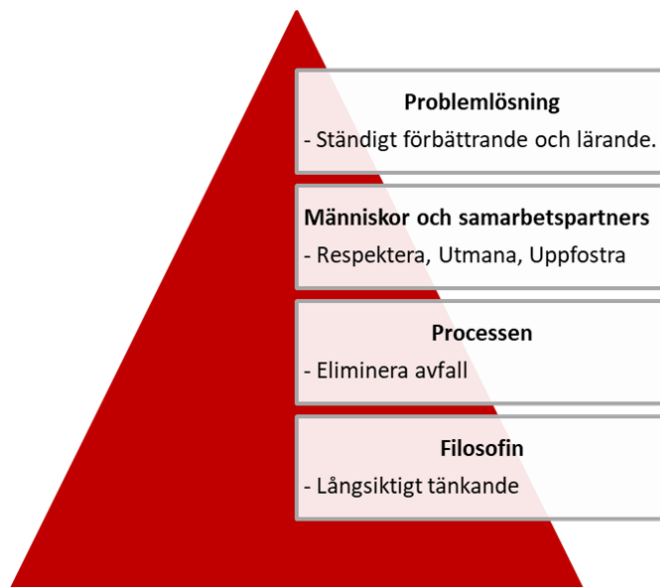
Ett tätt samarbete med samtliga parter under hela processen är en kritisk framgångsfaktor för att den maximala nyttan skall åstadkommas. Vilket även bidrar till företagets samt samarbetsnätverkets utveckling mot effektivare processer.

8.1 Leans 14 principer

TPS (Toyota Production System) bygger förutom skapandet av värde på 14 principer som redovisas nedan:

1. Uthållighet och långsiktigt tänkande i beslutsfattandet, även på bekostnad av ekonomiskt kortsiktiga mål.
2. Upprätta transparenta och kontinuerliga processflöden där problemen synliggörs och blir åtkomliga. (VSM = Value Stream Mapping)
3. Använd dragstyrning och låt efterfrågan styra för att undvika överproduktion. (Kanban)
4. Balansera produktionen genom en utjämning av arbetsflödet (Heijunka).
5. Gynna och stöd en kultur där man vid behov kan stoppa processen för att lösa problem så att det blir rätt från början (Jidoka).
6. Standardisering av verksamhetsmodeller utgör grunden för en ständig förbättring, involvera personalen i standardiseringen.
7. Använd visuell styrning så att inga problem förblir dolda.
8. Använd bara pålitlig, väl utprovad teknik som stöder personalens arbete och processerna.

9. Lev som du lär, utveckla ledare som verkligen förstår arbetet, lever efter filosofin och lär ut det till andra.
10. Utveckla enastående människor och team som följer företagets filosofi och policy.
11. Respektera det utökande nätverket av partners och leverantörer genom att utmana dem och hjälpa dem att bli bättre.
12. Gå till arbetsplatsen och se med egna ögon för att verkligen förstå situationen. (Genchi genbutsu).
13. Fatta beslut långsamt och i konsensus, överväg noga samtliga alternativ, för besluten snabbt i mål.
14. Bli en lärande organisation genom att oförtröttligt reflektera, och ständigt förbättra (Kaizen).



Figur 6. Lean pyramiden.

8.2 Lean inom byggnadsbranschen

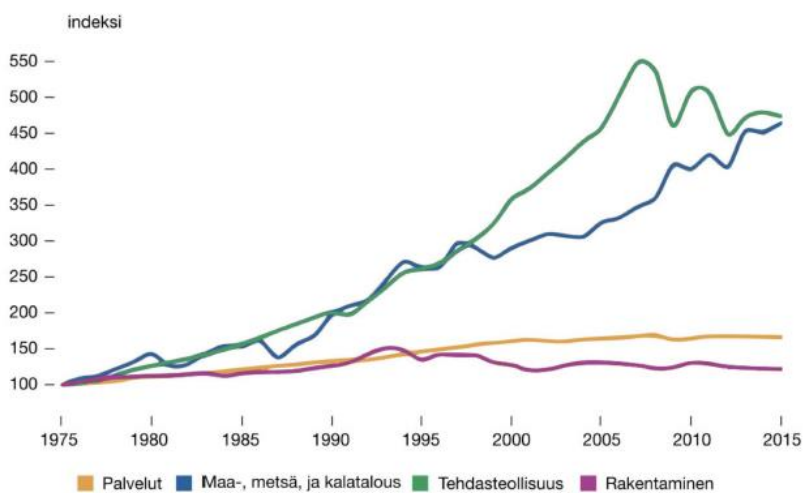
Även om Lean ursprungligen tagits fram för industrin kan Lean tankesättet direkt anpassas till byggnadsbranschen. Byggnadsindustrins tankesätt kan i allmänhet liknas med Lean filosofin genom byggnadsentreprenörernas strävan efter effektivitet ur kostnadsperspektiv.

Genom en tillämpning av det allmängiltiga Lean-tankesättet inom byggnadsindustrin har Lean-construction tagits fram som ett specifikt verktyg inom branschen. Metoder och verktyg har utvecklats för att möjliggöra implementering av Lean i projektbaserad näringsverksamhet, vilket byggnadsbranschen i sig självt är.

Lean-constructions verktyg inriktar sig på integrering av olika byggnadskeden och parter samt tidig involvering av olika aktörer. Genom en tidig involvering av projektets parter kan kundvärdet definieras gemensamt, gemensam planering av slutprodukten samt planering av produktionsprocesser synkroniseras. Med integreringen eftersträvas ett förutsägbart slutresultat, enhetliga och transparenta processer med möjlighet till ständig förbättring och effektivisering av processflödet. (Institute, 2018)

Arvonlisäykseen perustuva työn tuottavuus toimialoittain

Työn tuottavuuden indeksi 1975=100



Lähde: Tilastokeskus

Figur 7. Graf över värdeproducerade arbete inom olika branscher.

8.3 Värde

I Leans tankevärld producerar leverantören värdet medan kunden definierar värdet. Ur detta perspektiv betyder det att kunden definierar termen värde. Med andra ord en specifik produkt som uppfyller kundens behov, levererad i rätt tid till rätt pris. Med detta i åtanke är det synnerligen viktigt att ha en kännedom om vad som klassas som värde, och inte enbart för elimineringen av avfall utan för verksamhetens överlevnad i sin helhet.

Ett kundorienterat tankesätt är en fundamental egenskap inom Lean-filosofin. Därför läggs en stor vikt vid att identifiera och definiera vad termen ”kund” egentligen innebär. I Lean-världen finns det både externa- och interna kunder, de externa kunderna kan vara exempelvis beställare och slutanvändare, medan interna kunder kan anses vara olika steg inom produktionsprocessen.

När processens olika steg identifieras och behandlas som kunder ska varje enskilt steg i processen ses som en separat kund, och därmed förses med rätt resurser i rätt tid för att kunna avancera vidare till nästa steg i processen.

Inom kvalitetsdokumenteringen inom infra-branschen kan detta tankesätt liknas vid en självöverlåtelse av en färdigställd byggdel. Detta vill säga att vid det tillfälle då arbetet i sin helhet är utfört, inmätt och samtliga resultat godkänts av beställaren kan påbörjandet av nästa byggdel inledas.

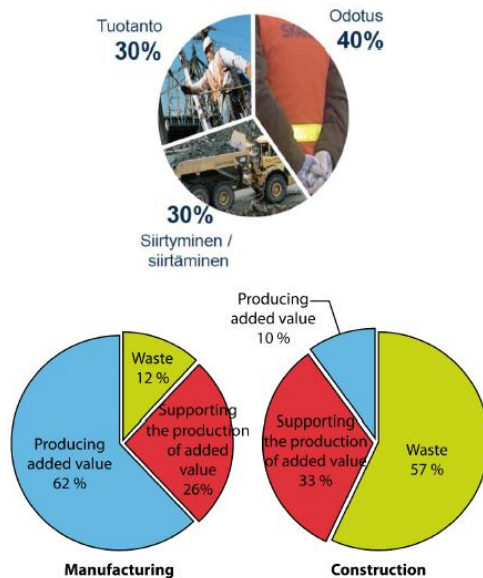
8.4 Slöseri

Ett flertal studier har gjorts för att kartlägga kostnader samt tidsåtgång till följd av slöseri inom byggnadsbranschen det har konstaterats att enbart 17,3% av projektets totala tid används till direkt värde ökande aktivitet. Kostnader för defekter uppgår till mellan 6-11% av det totala entreprenad priset.

Konkreta exempel på aktiviteter vilka kan klassas som slöseri inom infrastruktur-projekt är bland annat:

- **Transport:** Transport och hantering av material som lämpar sig till återanvändning till avstjälningsplats. Långa och opraktiska rutter bidrar till onödiga transportkostnader. Även onödig flyttning av maskiner och material på arbetsplatsen är slöseri då det vållar kostnader i form av bränslekostnader och förlorad tid för värdeproducerande.

- **Lagring:** På trånga arbetsplatser kan ett överskottslager av material på arbetsplatsen vålla kostnader i form av överflödig hantering på området, samt transport.
- **Defekter:** Korrigering av defekter vållar kostnader i form av material, tid och resurser.
- **Överproduktion:** Producering av för kunden värdelösa produkter eller utförande av arbete som ej bringar ekonomisk vinning utan tär på resurser exempelvis schaktning med ett överdjup.
- **Väntetid:** Väntetid till följd av arbetets stagning orsakar kostnader i form av inaktiva resurser då värde ej kan produceras.



Figur 8. Cirkel-diagram som beskriver tidsanvändningen inom ett byggprojekt.

9 Maskinstyrning

Maskinstyrning har tagits fram för ett flertal anläggningsmaskiner exempelvis grävmaskiner vilka detta examensarbete främst behandlar, men även bandschaktare, väghyvlar styrda med takymeter, även asfalteringsmaskiner kan utrustas med maskinstyrning.

Maskinstyrning förekommer i olika steg av automation inom infra-branschen främst i vägledande form där maskinstyrningssystemet vägleder operatören, men även i en integrerad form där maskinstyrningen styr själva maskinen. Den sistnämnda fungerar inte helt utan operatör, mer exakt följer systemet operatörens rörelser, sådana exempel är bl.a. maskinstyrnings automation för bandschaktare samt vägghylars bett och asfalts bredare.

För grävmaskiner gäller det att maskinstyrningssystemet vägleder operatören. Funktionsprincipen kortfattat är att aktuell terrängmodell för byggandet av byggdelen ifråga väljs. På maskinstyrningsenhetens skärm syns sedan maskinens samt arbetsredskapets position i förhållande till terrängmodellen. Därförutom syns även annan information som arbetsredskapets lutning, havsytans nivå eller rör och ledningars egenskaper mm.

Maskinstyrnings systemet består av GNSS- eller GPS-mottagare, sensorer samt en dator som installeras på maskinenheten. Systemet möjliggör en automatisk- eller manuellstyrning av maskinens grävaggregat. (Novatron Oy, 2019) (Leica Geosystems AG - Part of Hexagon, 2019) (Trimble, 2019)

9.1 Satellitsystem

Satellitsystemen utvecklades kraftigt under 1990-talet på samma gång som användningen av satellitsystem blev allt allmännare både inom det civila och det militära. Idag har ofta elektronisk apparatur och -system inbyggda mottagare för platsprecision, exempelvis mobiltelefoner. Satellitsystemen ligger även som grund för maskinstyrningens platsprecision.

Användningen av 3D-maskinstyrning i bredare utsträckning har möjliggjorts tack vare att satellitpositioneringen blev tillgänglig för civiltbruk under den senare delen av 1990-talet. Med satellitpositionering syftas det ofta på GPS (Global Positioning System), som officiellt syftar på det system som tagits fram för den amerikanska försvarsmakten på 1980-talet. Den forna Sovjet-unionen utvecklade ungefär samtidigt ett motsvarande system vid namn GLONASS. Både GPS- och GLONASS-systemen har senare uppdaterats och utvecklats.

Den Europeiska-Unionen (EU) beslöt under 1990-talet om grundandet av ett eget satellitpositioneringssystem för att förbättra den europeiska konkurrenskraften, resulterande i utvecklingen och framtagningen av det europeiska satellitpositioneringssystemet Galileo. Galileo har tagits i bruk vid årsskiftet 2016-2017, och är i dagsläget relativt begränsat i förhållande till andra satellitpositioneringssystem. Utvecklingsarbetet med Galileo-systemet

har dröjt ut på tiden då det ursprungligen skulle vara helt klart till år 2020. Det är tänkt att Galileo-systemet ska kunna uppnå en tiofaldig noggrannhet jämfört med de för civilt bruk redan existerande GPS och GLONASS utan korrigering.

9.2 Platsprecision

Satelliter som bidrar med platsprecision cirkulerar kring jorden på en höjd kring 21 000 km ovanför jordens yta. Avståndet från satelliten till jorden gör att signalerna kan påverkas negativt och försvagas till följd av att den på vägen kan utsättas för olika störningsmoment som minskar precisionen på signalerna. (Maanmittauslaitos, 2019)

Precisionen som uppnås ifall positioneringen tas direkt från satelliterna kastar på över 1 meter i snitt, förmodligen mera. Därför krävs ett särskilt system för att korrigera och precisera informationen som fås från satelliterna. Till detta används GNSS-mottagare (Global Navigation Satellite System) som använder sig av information från minst 4 satelliter åt gången.

RTK-korrigering (Real Time Kinetic) kan precisera positionen till en noggrannhet av +/- 1cm. Maskinen tar oftast upp RTK-signalen från stationära basstationer installerade på arbetsplatsen. Basstationen behöver nödvändigtvis inte vara installerad direkt på arbetsplatsen utan kan fungera på en radie kring 15km från basstationen.

Andra källor för RTK-signal är korrigeringsdata via radio- eller GSM-modem exempelvis Geotrim's Trimnet som är ett nätverk av VRS-basstationer bestående av ett hundratal GNSS-basstationer. Leica Geosystems har även upprättat ett nätverk av basstationer i Finland. Dessa nätverk av basstationer kan fungera som substitut för fasta basstationer på arbetsplatsen.

9.3 Maskinstyrningens funktion i praktiken

Maskinstyrningens platsprecisions process kan delas in i tre steg:

- Yttre orientering.
- Inre orientering.
- Maskinstyrningssystemets beräkningsenhet.

Där den yttre orienteringens syfte är att kartlägga maskinens position utgående från ett koordinatsystems koordinater vartefter den inre orienteringen fastställer maskinens väsentliga komponenters dimensioner och dess rörelser i förhållande till en punkt definierad av den yttre orienteringen. Maskinstyrningssystemets beräkningsenhet bestämmer därefter utgående från tillgängliga data från orienteringen grävaggregatets eller bettets position i förhållande till det aktuella koordinatsystemet och den aktuella ritningen.

Maskinstyrningens yttre orientering utförs antingen genom satellitpositionering eller med hjälp av takymetermätning. Valet av positioneringsmetod väljs utgående från de toleranser och krav som ställs på den av maskinen producerade slutprodukten. I praktiken innebär detta att maskiner som utför ett arbete med ett toleranskrav i klassen kring $\pm 2\text{cm}$ behöver takymetermätning som positioneringsmetod för att uppnå krävda resultat, exempel på sådana maskiner är bla väghyvlar. Arbeten med en grövre tolerans kan skötas helt via satellitmottagare. Detta varierar dock från fall till fall och är mycket beroende på vad beställaren sätter för krav på toleranserna i projektet. Ofta ska arbetsresultatet ytterligare kontrollmätas med takymeter av en mätingenjör för att bekräfta riktigheten i resultaten uppnådda med maskinstyrningen.

9.4 Maskinstyrningens komponenter och deras funktion

Positioneringssystemen monteras på ett sådant ställe på maskinen att de inte löper risk för att skadas när arbete utförs med maskinen. Dessutom ska de placeras på ett sådant ställe på maskinen att sikten från alla väderstreck är obegränsad, exempelvis på grävmaskiner gäller det att GNSS-antennerna oftast monteras på maskinens bakparti ovanför motorutrymmet. Se positionen på bilden över Novatrons maskinstyrningssystem där olika komponenters placering beskrivs.

Som tidigare nämnts behöver maskinstyrningssystemet förutom en yttre orientering även en inre orientering för att funktionerna korrekt. De centrala komponenterna för den inre orienteringen är IMU-enheterna (sensorer) s.k. tröghetsnavigeringssystem-enheter vars uppgift är att mäta maskinens lägesändringar under rörelse och utifrån dessa beräkna dess position. Utgående från denna data kan maskinens dator modellera de rörliga komponenternas rörelse på maskinen i sitt system. Tröghetsnavigerings enheter monteras på samtliga sådana komponenter vars rörelse och position direkt påverkar arbetets resultat. Exempelvis är sådana komponenter på en grävmaskin följande:

- Sensorn i maskinen stomme, modellerar maskinens stommes längd och maskinens rörelser och lutningar i sidled som orsakas av ojämnheter i terrängen.
- Sensorer i grävaggregatets bom och sticka, har som huvuduppgift att modellera grävaggregatets rörelser.
- Sensorer i skopans, modellerar skopans position och lutning samt naturligtvis skopans rörelser.
- Utifall att maskinen är utrustad med tiltrotator kan sensorer även installeras på denna för att modellera tiltning (lutning) och rotation som görs med tiltrotatorn.

Maskinstyrningssystemet behöver även information om maskinens relevanta mått för att systemets dator ska kunna räkna ut exempelvis skopans eller bettets samtliga hörns koordinater. För grävmaskiner betyder detta att mätaggregatets mått och antennernas avvikelser från grävaggregatets mitt och infästningspunkt ska matas in i maskinstyrningssystemet, detta kallas kalibrering och utförs oftast av en mättingenjör.



Figur 9. Illustration över maskinstyrningssystemets komponenter.

9.5 1- och 2-dimensionella maskinstyrningssystem

Den allra enklaste typen av maskinstyrning består av sensorer, mottagare, fästa på grävmaskinens grävaggregat och en planlaser. Detta system kallas för 1- eller 2D-

maskinstyrning. Funktionsprincipen för ett 1- eller 2D-system är att mottagaren på grävaggregatet tar emot planlaserns stråle, och därifrån kan maskinoperatörer få uppgifter om grävaggregatets höjdläge och lutning i skärmen. Maskinoperatören matar in höjdvärdet som tas från en referenspunkt på arbetsplatsen manuellt i systemet. 1- och 2D-system kan användas av ett antal olika anläggningsmaskiner som grävmaskiner, bandschaktare och väghyvlar.



Figur 10. Skärm från 2-dimensionellt maskinstyrningssystem.

9.6 3-dimensionella maskinstyrnings-system

3D-maskinstyrning är mera avancerat än 2D-systemet. 2- och 3D-systemen har samma grundfunktioner, men 3D-systemet är längre utvecklat och ger en noggrann platsprecision via användning av olika satellitpositioneringssystem. Ett 3D-maskinstyrningssystem monterat på en grävmaskin består av ett positioneringssystem, sensorer för rörelse och lutning samt ett datorsystem monterat inuti grävmaskinen. Platsprecisionen fås antingen med hjälp av GNSS- samt RTK-teknik alternativt robotkymeter, bägge alternativen kan dock användas samtidigt. Genom positioneringssystemet och sensorerna kan maskinstyrningssystemet lokalisera grävaggregatets samt bettets X-, Y- och Z-koordinater i realtid. I princip kan man veta grävaggregatets position på jordklotets yta på ungefär en centimeters noggrannhet.

3D-maskinstyrning sammanfattat fungerar genom att ladda upp triangulerade terrängmodeller via internet eller USB-minne till skärmen i maskinens hytt.

Kommenterad [ÅF1]: lhop utan bindestreck

Kommenterad [ÅF2]: rätta

Maskinstyrningen är ansluten till en server varifrån maskinoperatören kan ladda ner modeller för projekt till maskinens skärm. Operatören kan även överföra dokumenterade mätdata via servern. Utgående från modellen kan maskinoperatören producera konstruktioner baserat på informationen som finns på skärmen. Systemet gör det möjligt för operatören att följa grävaggregatets rörelser och position i förhållande till terrängmodellen på skärmen i realtid. Operatören ser därmed hela tiden hur arbetet framskrider mot önskade nivåer samt gränslinjer, och med detta kan operatören reagera på och minimera överschakt.

Det bör inte förbises att trots maskinstyrningen utför operatören fortfarande själva arbetet med maskinen, men med terrängmodellen som stöd för arbetet. Då maskinoperatören ha tillgång till modellen i realtid samt maskinens positionering kan traditionellt mätarbete som höjdflaggor och utpålning i terrängen som utförs av mättekniker lämnas bort.

Kommenterad [ÅF3]: dokumenterade



Figur 11. Skärm från 3-dimensionellt maskinstyrningssystem.

9.7 Exempel på användningsområden för maskinstyrningen

Vid dikning och profilering kan systemet användas för styrning av grävdjup med en noggrannhet på under en centimeter för samtliga tillämpningar. Önskat djup och lutning matas in i skärmen i hytten, alternativt kan arbete göras direkt mot de ursprungliga 3D-terrängmodellerna. Mättekniker behöver inte längre gå in i själva utgrävningsområdet.

Blind grävning och undervattensarbeten görs möjligt tack vare vattentäta sensorer. Möjligheten att följa redskapets position via skärmen utgör en stor fördel vid muddring, röjning och andra arbeten i vatten.

Hantering av flera lager vid fyllning av material i rördiken eller andra slags formationer matas önskat materialdjup och lutning in. Systemet kan lagra flera olika djup och lutningar för flera lager.

Avjämning av ojämna ytor genom att mata in önskat djup och lutning i skärmen i hytten, alternativt går det att arbeta direkt med GNSS-koordinater.

Användning av höjdlarm, en säkerhetsfunktion som kan appliceras vid grävarbeten i miljöer där det finns potentiellt farliga objekt ovanför grävmaskinen, som t.ex. strömkablar. I sådana kan ett höjdlarm ställas in som varnar om bommen, skopan eller stickan går för högt.

Dokumentation, maskinstyrningen möjliggör att information om konstruktionen kan samlas in och dokumenteras utan skilda mättingsåtgärder i terrängen. Dokumentationen sker genom att föra grävaggregatet till önskad punkt för att sedan spara punktens koordinater. Dokumenterad information kan föras vidare trådlöst till beställare vartefter den mäts in. (Novatron Oy, 2019) (Leica Geosystems AG - Part of Hexagon, 2019)

9.7.1 Tillverkare

Nedan beskrivs de på finska marknaden största leverantörerna av maskinstyrningssystem.

Amerikanska Trimble, grundat 1978, är en av föregångarna inom GPS-positionering, -mätning samt inom maskinstyrning. Trimble har under årens gång expanderat och köpt upp ett flertal företag inom branschen. Under 2000-talet har Trimble främst koncentrerat sig på byggnadsmätningar, maskinstyrning och informationsmodeller. Företaget har riktat sig in mot BIM, och betydande investeringar har gjorts under 2010-talet i form av bla Googles SketchUp samt Tekla. Globalt kan Trimble anses vara branschledande med ett brett samarbete med maskintillverkaren Caterpillar för utveckling och försäljning av utrustning för jordbyggnadsmaskiner. (Trimble, 2019)

En annan stor aktör inom tillverkning av maskinstyrningssystem är Leica Geosystems, ägt av Hexagon group. Leica har ett starkt fotfäste i Europa, och speciellt i Norden, med stora marknadsandelar inom infra-branschen främst i Finland och Sverige. Leica Geosystems

kändes fram till 2016 igen som Scanlaser på den nordiska marknaden, och levererade främst maskinstyrningssystem till grävmaskiner. (Leica Geosystems AG - Part of Hexagon, 2019)

Finska Novatron grundades 1991 i Pirkkala, och började i slutet av 1990-talet använda sig av GPS-system i positionssystemen för sina produkter. Under 2000-talet har bolaget gjort satsningar och deltagit starkt i utvecklingsarbetet med 3D-maskinstyrningssystem för olika anläggningsmaskiner. I dagsläget är Novatron en betydande aktör på den finska marknaden, och expanderar även utåt. (Novatron Oy, 2019)

10 Allmänt om maskinstyrningsmodeller

Maskinstyrningsmodellerna som används inom infra-byggnad består av geometrilinjer, 3-dimensionella brytningsinjer (taiteviiva) samt deras triangelnätsmodeller liksom material i punktmolnsformat.

Med andra ord är en maskinstyrningsmodell en arbetsplats data och ritningar i ett 3-dimensionellt digitalt format. 3D-maskinstyrningen förutsätter en maskinstyrningsmodell för att ha förutsättningarna att fungera fullt ut.

Maskinstyrningsmodellerna består av noggranna mått- och positions data i XYZ-koordinater för att möjliggöra visningen av samtliga modeller i 3D-format. 3D-formatet bidrar liksom informationsmodeller i BIM med en möjlighet att granska ritningar i ett tidigt skede för att ge en överblick om eventuella kollisioner och avvikelser.

I varje maskin som använder maskinstyrning finns en dator som läser data från maskinstyrningsmodellen, och därefter skapar en bild i real-tid av arbetsplatsen utgående från data i modellen. Maskinens sändare och sensorer bidrar med platsprecisionen för att kunna följa maskinens position i förhållande till modellen. Detta möjliggör att maskinföraren utgående från detta kan följa maskinens rörelser och läge i förhållande till modellen från skärmen i maskinen.

10.1.1 Tillverkning av modeller för maskinstyrning

När modeller ämnade för användning med maskinstyrning tillverkas tillämpas YIV-2015 samt anvisningar beträffande byggdelars kvalitet ur InfraRYL, I dagsläget finns ännu ingen

för planeringen framtagen programvara som kan producera modeller som uppfyller YIV kraven rakt av utan modellerna ska editeras i efterhand.

Även om en stor del av planeringsarbetet görs i 3D-format levereras fortfarande ritningar i 2D-format till arbetsplatser. Då ritningarna levereras i 2D-format innebär det extra arbete vid tillverkning av modellen då modellen måste byggas av plan- och skärningsritningar. Exempelvis om ritningarna vid ett vägbyggnadsprojekt levereras i 2D-format krävs vägens planeringskarta, längd- och tvärskärningar, ritningar över ledningar och kommunalteknik samt vägens terrängmodell för att kunna tillverka en maskinstyrningsmodell. Maskinstyrningsmodeller tillverkas i olika programvaror vanligen i 3D-Win eller olika CAD-program.

I vissa fall levererar beställarens planerare maskinstyrningsmodellen före projektstarten, vid andra fall kan de beställas av företag som specialiserat sig på maskinstyrningsmodeller exempelvis företag som erbjuder mätingenjörstjänster. Alternativt kan företagets egen mätansvarige eller projektledare editera modellerna om det inom företaget finns tillgång till relevant programvara för editering.

Maskinstyrningsmodellen kan vara en yt- eller linjemodell, men även punktfiler. Nedan definieras olika modelltyper:

- Ytmodeller, kan vara exempelvis modell över grundsulans underkant, vägkonstruktionens överbyggnadslager och slänter. Ytmodeller kan göras utgående från brytningslinjer eller triangelnät.
- Linjemodeller, innefattar ofta modeller över olika ledningar så som regnvatten- och avloppsledning. En linjemodell kan även göras från vägkonstruktionens mittlinje eller geometri liksom från olika ytors brytningslinjer.
- Punktfiler, innefattar konstruktioner som exempelvis brunnar, belysningsfundament och trafikmärken.

Bakgrundskartor liksom situationsplaner, vägplaner eller kabelritningar kan läggas till som bakgrund i maskinstyrningsmodellen. Som en underlättning för grävarbetet kan varningsmodeller läggas till där maskinstyrningssystemet varnar för områden som innehåller befintliga underjordiska konstruktioner så som kabel- och ledningsnät finns insatta. Dock är

ofta informationen om befintliga underjordiska konstruktioner bristfällig och det är skäl att beställa kabelvisning.

YIV ställer i del 5.2, *osa 5.2: Maarakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje*, olika krav beträffande innehållet i maskinstyrningsmodellen. Enligt kraven i YIV del 5.2 ska samtliga byggdelar som produceras med hjälp av maskinstyrning modelleras. För sådana byggdelar ska både under- och övre kant modelleras. I regel ska för varje yta modelleras de linjer som har en brytning eller de linjer som är relevanta för andra byggdelars förverkligande.

För stora plana ytor som typ parkeringsplatser modelleras endast brytningslinjer dvs där lutningen i planet ändras. När en körbana modelleras ska alltid vägens mittlinje modelleras oavsett om lutningen ändras eller inte.

Namngivningen av lager och brytningslinjer ska göras enligt YIV-2015 InfraBIM-nimikkeistös anvisningar för numrering och namngivning. I YIV-2015 anges även kraven för noggrannheter för kontinuiteten för brytningslinjer och lager samt krav beträffande deras geometri. Enligt kraven för kontinuitet ska samtliga brytningslinjer och lager vara så sammanhängande och kontinuerliga som möjligt. Det får inte förekomma lodräta kastningar i lagren, och för brytningslinjerna gäller det att de inte får vara placerade ovanpå varandra. För geometrin gäller det att en enskild brytningslinje inte får avvika mer än 3mm från den beräknade geometrin i modellen. Vad beträffar brytningslinjernas längder får en enskild linje inte överskrida 10m, medan minimilängden ligger på 0,5m. När man följer de anvisningar för linjers längder som anges i YIV-2015 kan en för maskinstyrningsmodellen tillräckligt regelbunden triangelmodell tillverkas. Byggdelens slutliga krav på kvalitet bestäms ändå utgående från InfraRYL. (YIV2015, 2015)

10.2 Kvalitetssäkring utgående från maskinstyrningsmodellen

Som nämnt i kapitel 3, ligger kvalitetssäkringen som grund för att förebygga uppkomsten av fel, samt för att försäkra att slutprodukten motsvarar de krav på kvalitet som uppges i handlingarna.

Med maskinstyrning görs en modellbaserad kvalitetssäkring vilket betyder att maskinstyrning och modellering används för att säkerställa slutproduktens kvalitet att motsvara beställarens behov. Detta görs genom att mäta in arbetsprestationer och därmed producera data från förverkligande (toteumatieto). Modellbaserad kvalitetssäkring sker inte

enbart genom mätning ute på arbetsplatsen utan innefattar även kvalitetssäkringen och dokumenteringen av maskinstyrningsmodellen som används på arbetsplatsen. Uppföljning av maskinstyrningens noggrannhet samt eventuella GNSS-basstationer hör även till kvalitetssäkringen.

YIV-2105 anvisningar om kvalitetssäkring kan anpassas till byggdelar som hör till jordbyggnad. Där till kan kvalitetssäkring av geometri dels anpassas till kvalitetssäkringen. Förutsättningarna för att användningen av modellbaserad kvalitetssäkring ska vara möjlig är att maskinstyrningsmodellen är gjord enligt anvisningarna i YIV-2015 del 5.2, samt att maskinerna är utrustade med maskinstyrning. Maskinstyrningen ska användas vid producerande av byggdelar, samt maskinernas noggrannhet ska uppfylla kraven i tabell 1, dessutom bör slutprodukten uppfylla kvalitetskraven i InfraRYL. Förutom dessa krav bör för projektet utnämnd mätansvarig alternativt maskinstyrningsspecialisten ha en utbildning om minst yrkesnivå inom lantmåteri, och en arbetserfarenhet om minst 2 år inom relevant bransch.

11 Maskinstyrning som mätredskap

I dagsläget (2019) ligger mätprecisionen i maskinstyrningssystemen kring +/- 10mm. Den teoretiska platsprecisionen enligt tillverkarna uppnås till 10mm + 1ppm i planläge och 20mm + ppm i höjdläge.

Teoretiskt sett kan platsprecisionen anses tillräcklig för produktion av byggdelar samt för inmätning av kontrollpunkter. För att en autenticitet ska kunna uppnås i resultat som mäts med maskinstyrning som mätredskap är en förutsättning att maskinens precision regelbundet bör följas upp genom regelbundna kontroller utgående från kontrollpunkter på projektet. Denna kontroll gör för att säkra att maskinens precision motsvarar projektets. (Liikennevirasto, Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot, 2017).

När toleranser som uppnåtts med maskinstyrning ställs mot kvalitetskrav för den färdiga konstruktionen kan det konkluderas att maskinstyrningens toleranskrav i regel bör vara striktare än slutproduktens tillåtna avvikelser. Utöver denna konklusion bör maskinen samt dess maskinstyrningssystem vara lämpligt utgående från toleranserna för ifrågavarande konstruktion.

När mätning utförs med maskinstyrning har medianavvikelserna i tabell 1. en större betydelse än större enskilda avvikelser i terrängen som är okulärt identifierbara. De medianavvikelser som

framkommer i Tabell 1. är relativt små vilket resulterar att kraven som ställs på maskinstyrningens precision blir striktare.

InfraRYL erfordrar i dagsläget inget specifikt krav på maskinstyrningens precision, maskinstyrningens precisionskrav finns angivna i YIV 2015, vilka redovisas i tabell 1. (YIV2015, 2015):

Taulukka 1. Maarakenteiden mittavaatimukset ja työkoneautomaatiojärjestelmältä vaadittava tarkkuus.

Rakenneosa	Suurin sallittu yks. sijainnin poikkeama (InfraRYL)	Suurin sallittu yks. korkeuden poikkeama (InfraRYL)	Työkoneautomaatiojärjestelmältä vaadittava mittaustarkkuus toteumamittauksia varten XY;Z
	mm	mm	mm
Maaleikkaus (201100), maatai louhepenger(18100), tie ja rata	- 0 / +200	+ 0 / -100	+ 100; +-30
Suodatinkerros, tie/rata (211100)	- 0 / +150	+ 40	+ 100; +-30
Jakavakerros, tie (212100)	- 0 / +150	+ 30	+ 100; +-30
Kantavakerros, tie (213100)	- 0 / +150	+ 20	+ 50; +-20
Eristyskerros yläpinta, rata (212200)	- 0 / +100	+0 / -50	+ 50; +-20
Välikerros yläpinta, rata (212300)	- 0 / +50	+0 / -20	+ 50; +-20

Figur 2. Tabell 1 ur YIV-2015.

11.1 Maskinstyrningen som mätredskap i praktiken

Maskinens samtliga redskap skall kalibreras och överförs i maskinstyrningens system för att det för maskinoperatören skall vara möjligt att utföra mätningar oberoende av arbetsredskap. Orsaken till att varje enskilt redskap bör kalibreras separat är redskapens variation i storlek och utformning. Grundprincipen är gemensamt oberoende av redskap då varje redskap har tre mätpunkter, bettets mitt samt bägge hörn. Operatören kan växla mellan mätpunkterna enligt behov. De vanligaste konstruktionerna och objekten som skall mätas in på ett infra-projekt är exempelvis:

- Vägens överbyggnadslager.
- Vatten och avlopp.
- Kablar och kabelskyddsror.
- Slänter.

- Dikesbottnar.
- Berg- och betongkonstruktioner.

En överbyggnads lager skall mätas i 3 punkter per tvärskäring enligt angivet intervall. Rör och ledningar skall med maskinstyrning mätas från röret eller ledningens övre kant. För att underlätta hanteringen av inläst data skall konstruktioner namnges enligt InfraBIM nomenklatur.

11.2 Mätdata producerad med maskinstyrning

Med maskinstyrning mäts data för förverkligande (toteumatieto) utifrån vilken konstruktionens kvalitetssäkring under byggnadsskedet sker.

Toteumatieto kan även fungera som ett underlag då arbetsprestationer och arbetets framskridande vid exempelvis schaktning följs upp. Mängder och framskridande kan följas upp via mjukvara eller molntjänster, exempelvis Infrakit, allteftersom maskinerna producerar Toteumatieto från schaktet.

Det bör observeras att begreppen Toteumatieto och Tarketieto har en skild innebörd då:

Kontrollpunkter (Tarketieto):

- Oftast är en XYZ-koordinat
- Kan dels vara Toteumatieto

Förverkligande data (Toteumatieto) innefattar betydligt mera än enbart koordinatdata. Har oftast en betydligt bredare innebörd än enbart med maskinstyrning framställda mätdata det kan innebära exempelvis:

- Konstruktionens bärrighet
- Materialens täthet
- Materialens egenskaper så som kornstorlek, siktkurvor, CE etc

- Avvikelse rapporter
- Bilder av konstruktionen

11.3 Mätpunkter

Traditionellt görs inmätningen med takymeter, men under senare tid har maskinstyrning börjat tillämpas allt mer för inmätning. Dock kontrollmäts arbetsresultat producerade med maskinstyrning i efterhand med takymeter för att styrka mätningens riktighet.

Inmätningen görs i tvärled i tre punkter, en punkt från konstruktionens bägge ytterkanter samt ett från konstruktionens mitt. Genom punkterna försäkras riktigheten av att höjd, bredd och lutning utgående från planeringen. Kontrollpunkter (tarkkeet) ska mätas av konstruktionens samtliga byggdelar, lager, schaktbottnar, ytor, monterade brunnar och rör samt övriga tekniska anordningar. Tekniska delar skall mätas in enligt följande; vid mätning av avlopp mäts tarkkeet utgående från rörets utlopp, medan tarkkeet av vatten- och elledningar mäts från rörets överkant.

11.3.1 Massaberäkning

Uppföljning av mängder och kostnader är ett mycket centralt instrument inom projektledning. Genom en kontinuerlig uppföljning av mängder på arbetsplatsen kan en överblick över byggtida kostnader skapas. Ett projekts primära ekonomiska målsättning är att kostnaderna ska motsvara det angivna entreprenadpriset.

Mängduppföljningen sker genom en jämförelse av prestationer mot en ursprunglig kalkyl som framställts för projektet i fråga. Genom att kontinuerligt övervaka och följa upp produktionens prestanda via maskinstyrningen kan projektets massor följas upp i real-tid.

Massaberäkning med maskinstyrning beräknas utgående från mätpunkter maskinen mäter från en specifik yta, exempelvis ett massabyte eller en bergsyta. Utgående från dessa mätpunkter kan ett noggrant värde för massorna kartläggas. Insamlad data från mätningarna överförs och sammanställs av mätansvarig till en As-built modell, ur vilken mängderna kan erhållas. As-built modellen delas via molntjänsten så att projektledningen på arbetsplatsen ges tillgång till mätdata varifrån mängder kan jämföras mot den ursprungliga kalkylen. Med detta ges en möjlighet att reagera på exempelvis defekter eller överproduktion.

Kostnader till följd av mätning och sammanställning kan minskas då metoden inte kräver särskilda fysiska resurser för utförande av mätningen.

12 Mätingenjörens förändrade roll

Mätingenjörens arbete faller dock ej helt bort till följd av att maskinstyrningssystem tas i bruk. Maskinstyrningen är enbart ett verktyg som är framtaget i egenskap av stöd för operatören samt effektivisering av arbetet därför kan det inte till fullo ersätta mätteknikerns arbete.

Mätingenjörens roll och arbetsbild kommer därför att ändras med anledning av att maskinstyrning tas i bruk. Ändringar i den mån att arbetet blir alltmer administrativt och fokuset flyttas till granskning av mätresultaten som producerats med maskinstyrningen, kontrollmätningar (tarkkeet), granskning samt redigering av modeller samt uppgifter med avvikelshantering och kvalitetssäkring. Detta innebär att mätteknikern fortfarande har mycket uppgifter, men arbetets art är annorlunda då det fysiska mätarbetet ute på fältet minskar.

12.1 Mätansvarig

I och med bortfallet av det fysiska arbetet med mätning i terrängen, och mätingenjörens arbete flyttas allt mer till kontoret bildas nya arbetsbefattningar för mätingenjören denna kan kallas mätansvarig eller modellkoordinator.

Till mätansvariges primära uppgifter hör mätning och tillverkning av modeller för maskinstyrning samt datahantering och -överföring. Mätansvarige för ett tätt samarbete med maskinoperatörerna som använder maskinstyrning liksom med projektledningen.

Mätansvarige kontrollerar och editerar modeller i olika datorprogram exempelvis 3D-win. Fjärrsupport är en annan uppgift som hör till mätansvarige detta innebär problemlösning och vägledning av operatörer när problem med maskinstyrningssystemet uppstår.

Mätansvarige sammanfattar och editerar data producerat av maskinerna på arbetsplatsen. Data samlas in från samtliga maskinstyrningsförsedda maskinenheter samt resultat av mätningar utförda av mättekniker. Efter insamlingen av projektets mätdata ska insamlad data hanteras och granskas i 3D-Win programmet. Mätansvarig hanterar och sorterar mätdata för

att sedan överföra och sortera data enligt kvalitetsdokumenteringens mappstruktur vilken utgår från inmätta objekt.

13 Kostnader till följd av införskaffande av maskinstyrning

Maskinstyrningen är en separat investering, då det liksom andra tillbehör och verktyg införskaffas separat, och blir därmed en bikostnad till exempelvis en ny grävmaskin.

Färdigmonterat ligger kostnaden för ett maskinstyrningssystem beroende på egenskaper och tillverkare i dagsläget på ett ungefärligt pris kring 26 000–32 000 euro, priset kan bli högre beroende på graden av utrustning. I förhållande till investeringspriset på en ny maskin är maskinstyrningssystemet inte dyrt då en ny grävmaskin kostar ungefär 200 000 euro. Dock är priset för ett maskinstyrnings system högt för mindre aktörer som kanske sällan använder systemet. Detta gör att små aktörer ofta avvaktar med införskaffandet på grund av det höga investeringspriset. Investeringspriset kan skäras ner då det är möjligt att hyra maskinstyrningsutrustning, vilket gör det möjligt att enbart använda utrustning när det finns behov. Långsiktigt lönar det sig att investera i egna system.

När maskinstyrningens egenskaper utnyttjas tillfullo och användningen är effektiv, även på mindre projekt som utförs med maskinen, tenderar den dock att betala av sig relativt snabbt. För att användningen ska vara effektiv krävs det att användaren får tillräcklig utbildning för att ha en möjlighet att utnyttja systemet till fullo.

Tillverkningen av modeller till maskinstyrningen kräver även resurser i form av arbetstimmar och kostnader för programvara och licenser, även ifall modeller beställs av underleverantör bildas kostnader.

Kostnaderna kan sammanfattas i tekniska investeringar och mänskligt arbete nedan redovisas olika kostnader som bildas vid i bruk tagning av maskinstyrning:

- Anskaffning av maskinstyrningssystem, investering eller hyra av maskinstyrningssystem samt tillkommande underhållskostnader.
- Tredjepartskostnader för framställande av modeller när tjänsten köps in.

- Eventuella kostnader vid anskaffning eller hyra av basstation, samt kostnader för installation av basstation.
- Kostnader för nätverks- och molntjänster.
- Kostnader vid eventuell anskaffning av planeringsprogram (exempelvis 3D-Win, Tekla m.fl.).

När arbetet sker enligt ett informationsmodells baserat arbetssätt faller en del fysiskt arbete med mätning på arbetsplatsen bort. Vilket resulterar i minskad stagnation och väntetid för utförande av mätarbete på arbetsplatsen exempelvis till följd av utpålning. Även om arbetet i terrängen minskar ökar det administrativa arbetet för mätarbetet. Kostnadsaspekter för dylikt arbete kan sammanfattas som:

- Tidsåtgång för framställning av modeller.
- Installation, kalibrering och uppföljning av maskinstyrningssystem samt tillkommande avgifter för service.
- Utbildning av användare.

14 Kostnadsbesparingar med maskinstyrning

Även om investeringskostnaden är relativt hög då den uppgår mot cirka 10% av priset på en ny grävmaskin kan den använd inom produktion kan maskinstyrningen öka grävmaskinens arbeteffektivitet med tiotals procent vilket leder till att den betalar tillbaka sig själv relativt snabbt. Fördelar vid effektiv användning av maskinstyrning är själva effektiveringen av arbetet och förhöjningen av utförandets kvalitet, samt att materialåtgången i produktionen kan minskas vilket bidrar till reducerade kostnader. Exempel på områden maskinstyrningen rätt använd inbringa inbesparingar är bla:

- Fysiska mätarbeten samt material som går åt till utpålning, höjdflaggor mm. Vilket innebär ett mindre resursbehov på arbetsplatsen. Det reducerade resursbehovet resulterar i en ökad arbetssäkerhet i och med att mindre folk arbetar inom maskinens räckvidd.
- Materialåtgång exempelvis krossgrus och asfaltsmassa kan minskas då mängder kan uppföljas utgående från vad maskinerna mäter på arbetsplatsen.

- Bränslekostnader kan reduceras till följd av mindre maskinflyttar och väntetid.

Exempel på kostnadsinbesparingar för ett projekt med kombinerat mänskligt- och maskinellt arbete när maskinstyrning används effektivt kan följande punkter nämnas:

- Maskinenheten kan uppnå en effektivitet upp emot tre gånger jämfört med ett projekt var det traditionella arbetssättet nyttjas.
- Arbetet fordrar mindre resurser för utförande av mätning, i detta fall enbart en mätarbetare dvs den mätansvarige för projektet.
- Smidigare delning och hantering av handlingar då operatörerna inte är i behov av separata pappershandlingar.
- Smidigare övergång mellan arbetskedan och -uppgifter i förhållande till den traditionella metoden då operatören själv har direkt tillgång till handlingarna i maskinens skärm.
- Möjligheten att göra inmätningen direkt med maskinen gör att väntetid till följd av utförande av inmätning kan lämnas bort.
- Trådlös delning och redigering av modeller rakt i maskinstyrningssystemet. Användarsupport kan göras på distans vilket gör arbetet flexiblere och tidsåtgången kan reduceras ytterligare.

Med ovanstående punkter kan det påvisas att rätt använd kan maskinstyrningen reducera tidsåtgången markant och därmed påskynda projektets färdigställande.

14.1.1 Beräkningsexempel

För att teoretiskt påvisa maskinstyrningens nyttor granskas ett schakt med ett överdjup på 100 mm på en yta av 1000 m². Som kalkylens mätvärde används Sundströms priser 2018.

Materialet som skall schaktas antas vara lera och transportkostnader är exkluderade. Enligt $5\text{€}/\text{m}^3\text{tr} \cdot (0,1\text{m} \cdot 1000\text{m}^2) = 500\text{€}$ tillkommande kostnader för det schaktade överdjupet.

Som fyllnadsmaterial används bergskross som breds ut och komprimeras. Enligt formel: $(0,1\text{m}^2 \cdot 1000\text{m}^2) \cdot 22,10\text{€}/\text{m}^3\text{tr} = 2210\text{€}$. Således kan konstateras att slutsumman på kostnaderna orsakade av överdjupet är 2710€.

Maskinstyrningen möjliggör även reducering av kostnader vid inmätning av en färdig byggdel eller kartläggning av exempelvis bergsytor. Då maskinstyrning används som mätredskap kan tredjeparts mätning och utpålning utelämnas. Återigen används arealen på 1000m² som exempel för simulering av mätkostnader. Priset för mätarbete från tredjepart ligger på 66€/h moms 0%, reseersättning exkluderad (Ostromap, 2018). Vi antar att fyra stycken mättillfällen behövs, varje enskilt mättillfälle pågår 1h. Detta resulterar i en kostnad på 264€ enbart för inmätningen på arbetsplatsen, därutöver tillkommer kostnader för maskinernas väntetid samt sammanställning och rapportering av mätresultat. Kostnader som dessa kan undvikas ifall maskinstyrningen används till mätning.

Beräkningsexemplet påvisar hur små marginaler som krävs för att externa kostnader kan bilda betydliga summor. Genom regelbunden uppföljning av prestationer medelst maskinstyrning blir produktionsprocessen mera transparent, projektledning och personal ges en bättre möjlighet att upptäcka när fel inträffar. Maskinoperatören kan följa resultaten i realtid via maskinstyrningens skärm, och projektledningen sköter uppföljningen via externa program, exempelvis Infrakit.

15 Infrakit

Infrakit är ett i Finland år 2010 framtaget digitalt molnbaserat system som fungerar som ett verktyg för styrning av infrastruktur-projekt.

Infrakit är molnbaserat och möjliggör uppföljning och informationshantering för alla parter i projektet i real-tid. I applikationen finns all data och information om arbetsplatsen och dess framskridande tillgänglig. I huvudvyn syns valda projekts bakgrundskartor, maskinenheter, toteumatieto, foton med platsinformation samt i den övre balken finns applikationen aktivitets- och verktygsfält. Applikationen tillåter iakttagelse av arbetsplatsen ur kart- eller ortofoto (korrigerad flygbild) vy.

Genom molntjänsten kan beställaren följa informationsmodell baserade projekts framskridande samt kontrollera att kvalitetskrav och tidtabeller följs. Detta förutsätter att alla parter i projektet har inloggnings rättigheter till Infrakit. Molnformatet möjliggör att Infrakit kan används både från datorer, läsplattor och smarttelefoner, detta medför en stor flexibilitet i användningen då den kan användas på distans från kontor såväl som i terrängen på arbetsplatsen. I terrängen används programmet främst från surfplatta med tillgång till kart vy och platsinformation. (Infrakit, 2018).

Utifrån programmets kart vy kan man följa upp projektets data så som massor och mätpunkter, hantera mallar samt bifoga bilder med platsinformation från projektet. Det är möjligt att göra upp tidplaner i programmet. Programmet möjliggör även kartläggning av maskinens aktivitet på projektet, i form av aktivitet och arbetstimmar.

Tidigare funktioner kombinerat med projektets mängdförteckning möjliggör uppföljning av tidplan och mängder i real-tid. En noggrann kontinuerlig uppföljning i real-tid möjliggör kortare reaktionstid för åtgärder till uppkommande avvikelser eller överproduktion. Då Infrakit har en funktion att ladda upp dokument och fotografier i PDF-format som även kan länkas till en plats via GPS möjliggör att Infrakit-projekt kan fungera som projektdatabank. Data sparas i projektet och är tillgänglig för nedladdning även efter det egentliga byggskedets slut. Data från projektbanken kan senare användas exempelvis inom underhållet.

16 Förslag till utvecklingspunkter där Lean kan anpassas

Genom att tillämpa Leans principer och tankesätt kan en stor del av den befintliga processen förbättras. Onödiga moment kan tas bort, och flödet effektivteras. Nedan följer utvecklingsförslag där Lean tillämpas.



Figur 12. Punkter att ta i beaktande vid implementering av Lean.

16.1 Säkerställning av modellernas kvalitet

För att maskinstyrningen över huvud taget ska fungera, och det som byggs ska vara planenligt bör även modellerna vara kuranta.

Typiska fel i modeller är bl.a. diskontinuitet i linjer eller ostrukturerade och diffusa namngivningar på lager och linjer. Namngivningen av lager och linjer är kritisk då information plockas från projektets modell. Detta är inget nytt problem som den nya tekniken eller modelleringen i sig medfört utan det har förekommit lika länge som byggnadshandlingar har existerat.

För att uppnå maximal nytta av maskinstyrningen bör arbetet med modeller påbörjas i god tid före projektstarten för att säkerställa funktionen samt kvaliteten i modellerna. Då modellerna i allmänhet beställs via underleverantör ifall det inte är fråga om ett BIM-projekt där fås av beställarorganisationen. När modell beställs av underleverantör är det viktigt att snarast förse underleverantören med nödvändiga handlingar för framställning av modeller. I detta fall fås mera reaktionstid att korrigera eventuella kollisioner, fel och brister i modellen i samråd med planerare, då dessa brister åtgärdas redan innan påbörjandet av själva produktionen kan produktionen påbörjas smidigare. Typiska problem och fel som förekommer i modeller är brutna och diskontinuerliga linjer och anslutningar. Ett annat vanligt problem är diffus namngivning av linjer och lager.

När underleverantören levererat modellen ska den utan dröjsmål granskas, och nödvändig redigering utföras av mätansvarige för att säkerställa modellens kvalitet och funktion före den tas i bruk. Modellens editeringsarbete innefattar ofta att sammanfoga eller ta bort linjer för att säkra funktion och tydlighet i användningen. När nödvändiga åtgärder gjorts på modellen och funktionen är säkrad överförs modellen av mätansvarig till maskinstyrningssystemet trådlöst.

En viktig detalj som bör beaktas när modeller tillverkas är utredningen av maskinstyrningens typ och tillverkare operatörerna på arbetsplatsen använder sig av. Kännedomen av använda system är avgörande då olika tillverkares maskinstyrningssystem skiljer sig från varandra i hur modellerna ska framställas.

Fast majoriteten av arbetet med maskinstyrningsmodellerna i regel ska vara utfört före själva projektstarten kan dock en del editeringsbehov förekomma under projektets gång i form av ändringar, avvikelser och uppdateringar i ritningar och planer. Detta är ett vanligt förekommande fenomen inom byggnadsbranschen i allmänhet att planer och ritningar

ändras. Nödvändiga ändringar ska uppdateras snarast möjligt för att arbetsflödet ska kunna fortlöpa normalt.

Uppdateringarna medför kostnader för entreprenören till följd av editeringsarbete, dessa ska kunna faktureras beställaren på samma sätt som övriga ÄTA-arbeten, dvs ändrings-, tilläggs och avgående arbeten.

16.2 Funktionssäkring för mätningsarbete

En annan förutseende åtgärd för säkerställandet av maskinstyrningens funktion är att före påbörjandet av arbetet låta göra en syn på arbetsplatsen. Vid synen ska förutsättningarna för maskinstyrningens funktion tagas i beaktande dessa är bla satelliternas sikt samt eventuella skuggområden samt de anslutningar som krävs för att motta platskorrigeringsdata. Miljön på arbetsplatsen kan ha negativ inverkan på maskinstyrningens funktion då vid arbete nära eller i skog samt höga byggnader eller bergväggar kan utgöra sikhinder för satelliter. I sådant fall kan arbetet behöva göras på traditionellt vis med utpålning och märkning av konstruktioner i terrängen. Fasta basstationer kan användas ifall nätverksproblem uppstår för att upprätthålla precisionen i positioneringen. Basstationen kan dock ej bidra tillförlitligt till positioneringen utifall satelliternas sikt är begränsad.

För att säkerställa maskinernas mätningsprecision bör ett tillräckligt antal fasta kontrollmätningspunkter utsätta av mätningstekniker. Genom kontrollpunkterna skall maskinens precision mätas och följas upp regelbundet för att säkerställa att maskinen kan producera korrekt mätdata. Resultaten från maskinens kontrollmätningar skall sammanställas och dokumenteras då de är del av kvalitetssäkringen på projektet. Kontrollpunkterna skall utsättas snarast möjligt helst före maskinerna påbörjat arbetet samt i samråd med projektledning och operatörer. Utsättningen bör ske så att punkterna placeras på fasta objekt som ej påverkas av arbetet samt placeras ut så att maskinerna inte behöver färdas långa sträckor för att kontrollmäta. Förutom kontroll av själva maskinenhetens precision bör redskap kalibreras och kontrolleras med regelbundna mellanrum, med orsak till slitage på redskapens bett som ständigt nöts ner.

16.3 Informationshantering

En av grundaspekterna vid arbetet med informationsmodeller är i hanteringen av informationen. Detta tåls även att tänka på när information hanteras internt inom bolag. Frågor som vart data skall lagras, hur data delas och i vilket alternativt vilka format de skall

delas samt namngivningen av datan. Därför är det ytterst viktigt att ta fram ett gemensamt tillvägagångssätt samt sätta upp standardiserade processer för en effektivare hantering av information internt inom bolaget samt externt mot kunder och beställare. Genom tydliga och standardiserade processer kan nyttan med teknologin. I och med att ny teknologi uppdateras och tas i bruk är det viktigt att utbilda ledning och personal i användningen.

Redan namngivning av mätdata borde vara standardiserat för att underlätta hantering av mätdatan. Ett förslag är att standardisera namngivningen enligt InfraBIM-nimikkeistö.

Mätansvarig på projektet hanterar och sorterar producerade mätdata för att sedan överföra data enligt kvalitetsdokumenteringens mappstruktur vilken utgår från inmätta objekt. För att detta skall vara genomförbart bör mätdata vara korrekt kodat och namngett enligt InfraBIM-nimikkeistö, vilket underlättar hanteringen i 3D-Win märkbart. Är mätdata inkorrekt namngett innebär det överlopsarbete för mätansvarig då varje punkt skall behandlas separat vilket i sin tur leder till en fördröjd process.

För en effektiv och smidig informationshantering och -delning ska en gemensam plattform väljas som projektdatabank, det är till fördel ifall denna är molnbaserad, då blir det lättare att komma åt data för samtliga parter i projektorganisationen. Som nämnts beträffande projektdatabanker ska projektdatabanken innehålla projektets samtliga handlingar. Handlingarna ska vara organiserade enligt en standardiserad mappstruktur, antingen enligt företagets eller beställarens standarder, beroende av projektets typ om annat inte angetts.

Till projektdatabanken överförs samtlig för projektet relevant data regelbundet vartefter den färdigställs. På detta sätt kan rapportering och dokumentering hållas tidsenlig och tid ges åt att reagera på avvikelser samt åtgärder.

16.4 Uppföljning

Uppsamling och sammanställning av mätdata från maskinenheterna på arbetsplatsen samt data som mätts in av mättingenjör, liksom uppföljningen av massaekonomin har växt till en stor del av kvalitetsuppföljningen i dag. As-built modeller görs i extern mjukvara, exempelvis molnbaserade Infrakit, vartefter projektet framskrider och mätdata produceras och överförs till modellen. Modellen ger projektorganisationens olika parter en möjlighet att granska produktionens framskridande visuellt med möjlighet till kommentarer. Detta innebär att As-built modeller kan användas som ett visuellt verktyg under projektets olika

skeden för att granska och åtgärda eventuella kollisioner eller avvikelser i slutproduktens kvalitet redan under byggnadsskedet.

En annan egenskap är prestationsmätning och mängduppföljning utgående från As-built modellen då modellen ger en klar bild av byggnadsskedets förlopp. Möjligheten till detta fås genom att mätdata från maskinstyrningen namnges enligt lager sedan överförs till mjukvaran antingen automatisk eller manuellt till mjukvaran där den bildar en As-built modell. Därifrån kan prestationerna på arbetsplatsen jämföras mot projektets kalkylerade mängder. Förloppet kan mätas genom att beräkna TTP% (**Producerad mängd/ beräknad mängd x 100**) alternativt kan mängder anges i programmet varifrån programmet själv beräknar framskridandet enligt samma princip. Således blir arbetets framskridande mer transparent och förutsägbart. Entreprenören ges möjligheten att reagera på eventuell överproduktion eller avvikande mätresultat i real-tid, och kan därmed vidta förebyggande åtgärder.

16.5 Kvalitetsrapportering

För att säkra att kvalitetsrapporteringen utförs korrekt och effektiv ska en standardiserad modell göras, som samtliga projektledare inom bolaget förbinder sig att följa. Detta för att uppnå enhetliga och förutsägbara processer med en möjlighet till konstant utveckling och effektivisering. Som verktyg för detta kan användas en VSM-analys för att kartlägga det befintliga förloppet, och ta bort aktiviteter som ej medför värde ur processen.

16.5.1 TQM

Implementering av Total Quality Management (TQM) i verksamheten. TQM är både en filosofi och en samling tillvägagångssätt.

Med TQM menas att organisationen ständigt strävar efter att uppnå effektiva tillvägagångssätt med hög standard i företagets samtliga driftsprocesser. Kundens behov är centralt, och målsättningen är att uppfylla alternativt överträffa kundens förväntningar. Dock bör både interna och externa kunder beaktas.

Förövrigt fokuserar TQM på lokalisering av problemets grundläggande orsaker snarare än korrigering av uppstådda fel s.k. ”brandsläckning”.

I praktiken när TQM implementeras i en kvalitetsdokumenteringsprocess skall produktens kvalitetssäkring vara utförd före produktens överlåtande vidare i produktionsprocessen.

Enligt TQM är det enbart möjligt att felfria produkter kan godkännas, detta för att undvika överflödiga processering ska felaktiga produkter omedelbart tagas ur produktion.

Personalen sätts i en central roll i TQM, då personalens ansvar för produktens samt det egna arbetets kvalitet tilltar. Detta kan jämföras med att personalens dvs maskinoperatörens ansvar över slutproduktens kvalitet tilltar till följd av att maskinstyrningen används som mätinstrument.

16.5.2 Kanban

Kanban har liksom TQM ett tankesätt att olika arbetsskeden betraktas som interna kunder. Detta passar in på kvalitetsdokumenterings processen och byggprocessen i sin helhet då ett projekt oftast består av olika delmoment som är direkt eller indirekt beroende av varandra.

I bilden nedan finns en pull-process, på svenska drag, visualiserad. Denna har sitt ursprung i Lean, och kallas, Kanban på japanska. Kanban står för kort eller signal. Kanbans funktion är att ej färdigställda komponenter styrs mellan de olika arbetsstationerna.

Draget syftar på att produktionen motsvarar den aktuella efterfrågan på marknaden. En kort förklaring av draget vore att efterfrågan på slutprodukten framkallar ett drag som går genom hela produktionsprocessen från start till mål. Draget styr materialflödet och -logistiken till att motsvara produktionens aktuella behov. Draget underlättar att hålla materiallagren minimala samt bidrar till en flexiblare produktionsprocess.

Kanban i kvalitetsdokumenteringsprocessen kan appliceras enligt följande teori om självöverlåtelse.

Då förutsättningen för att ett projekt kan överlåtas åt beställaren skall en självöverlåtelse vara gjord enligt YSE1998 kapitel 9 §71 *Rakennuskohteen vastaanottotarkastus*. Detta innebär i princip att entreprenören själv tar emot projektet. Självöverlåtelsen påvisar att entreprenören framställt kvalitetsdokument enligt kvalitetssäkringsplanen samt att eventuella avvikelser och fel i färdiga konstruktioner har korrigerats. Självöverlåtelse processen ger entreprenören en möjlighet att kontrollera och korrigera avvikelser innan den slutliga överlåtelsen till beställaren.

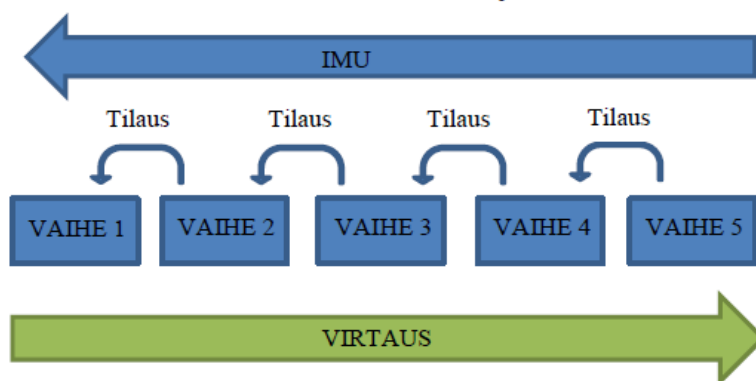
För att reducera tiden vid den slutliga överlåtelsen av projektet är det skäl att behandla varje enskilt byggskede som en skild överlåtelse, dvs man gör självöverlåtelse av enskilda byggdelar under projektets gång. Dessa självöverlåtelser sammanställs sedan till själva

överlåtelsen. För varje byggdel krävs viss dokumentering, Kanban kan här tänkas vara nästa handling som krävs för att kunna färdigställa och överlåta ifrågavarande byggdel för att sedan kunna påbörja arbetet med följande byggdel.

Självöverlåtelse processen börjar med en granskning av den färdiga konstruktionen samt sammanställning av byggdelens kvalitetsdokument. Dokument och data beträffande kvalitet bifogas i ett granskningsprotokoll (tarkastuspöytäkirja) som sedan överläts till beställaren för godkännande.

Grundtanken är att under projektets gång skall enbart mätdata samt andra nödvändiga säkerhetsmätningar samt ÄTA-arbeten rapporteras. Idealet är att sammanställningsarbetet av överlåtelsematerialet till största del skall vara färdigt före själva projektstarten och successivt kompletteras under projektets gång.

Då kvalitetsdokumenteringsarbetet i största omsättning är utfört före själva färdigställandet av projektet kan inbesparingar i både tid och pengar göras. Detta möjliggör att rapporteringen blir mera tidsenlig, samt resulterar i en effektivare och flexibel överlåtelse av projektet. Med andra ord ifall majoriteten av kvalitetsarbetet utförs före projektstarten kan man tjäna in mera tid att ägna åt projektets genomförande i sig självt.



Figur 13. Beskrivning av en pull-process.



Figur 14. Pull-processen anpassad till kvalitetsdokumentering.

16.6 Kaizen

Utgångsläget för att kunna bli en ständigt lärande organisation är att involvera samtliga i organisationen i utvecklingen. Det är ändå de som utför arbetet som har störst kännedom av utförandet av arbetet och av själva utförandeprocessen i praktiken. Kaizen bygger på ett tankesätt att processen utvecklas i mindre etapper mot att bli effektivare. Enligt Kaizen ska inte radikala och stora förändringar göras på en gång för då riskerar det att uppstå kvalitetsbrist samt stressa upp personalen. Genom att låta personalen ta del av utvecklingen av processen tillåts de att växa och ta ett större ansvar. Kaizen omfattar också arbetarnas hälsa och välmående eftersom en välmående arbetare gynnar företaget mera.

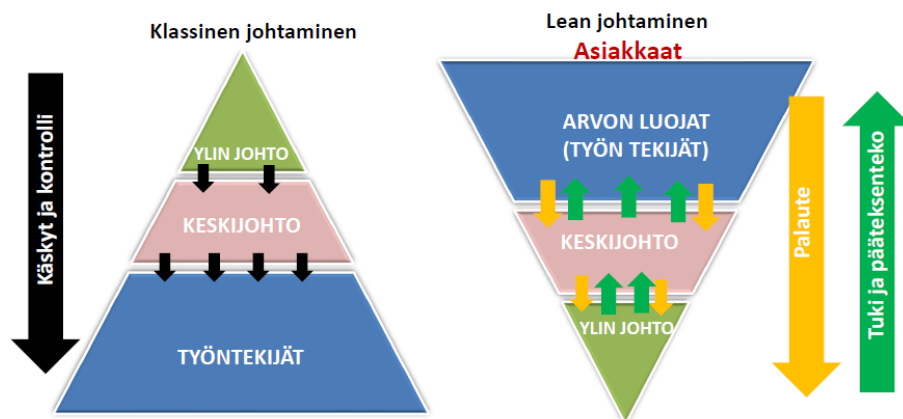
16.6.1 Personalen

Personalen är enligt Lean-filosofin företagets värdefullaste resurs, de som producerar värde. Därför är det av yttersta vikt att involvera personalen i utvecklandet av arbetsprocessen. Det är personalen som i största utsträckning utför själva arbetet, och kan bidra med spetskompetens och erfarenhet i frågor beträffande produktionen.

Det är dock viktigt att som projektledare minnas att det är projektledaren som leder projektet och inte vice versa. Det är viktigt att föra en god dialog med personalen för att kunna uppnå en ständig utveckling av arbetsprocesserna. Beträffande tåls även att ha i åtanke att vid användning av maskinstyrning till kvalitetssäkring får maskinoperatören ett allt större ansvar för slutproduktens kvalitet. Därför är det viktigt att ständigt utbilda och stärka personalens kompetenser för maskinoperatörerna är sällan utbildade mättekniker i grunden.

Attityderna till kvalitetsdokumenteringen är idag väldigt negativa, och de anses som överflödigt byråkrati och ett nödvändigt ont. Vilket resulterar i att vikten av

kvalitetssäkringen och -dokumenteringen samt dess syfte bör klargöras för personalen samt detta accepteras och implementeras av samtliga i bolaget för att kunna producera kvalitet. Detta sätter en prägel på ledningen, då de måste föregå med ett gott exempel för att förbättring skall kunna uppnås.



Figur 15. Lean-ledarskapet illustrerat.

16.6.2 Samarbetspartners

Nätverket med samarbetspartners och underleverantörer är vitalt för produktionsprocessen, även om de tillhör andra organisationer. För att klara målsättningen Lean förutsätter med minimala lager och ett störningsfritt arbetsflöde utan störningar krävs ett tätt samarbete med nätverket av underleverantörer. I detta fall är det fråga om leverantörer av maskinstyrning och modeller, samt underleverantörer som använder sig av maskinstyrning.

Förutom företagets egna personal är samarbetspartners ett viktigt värdeproducerande organ i produktionsprocessen, även om de tillhör andra organisationer. I dagsläget används allt mer inköpt arbetskraft inom byggnadsbranschen som helhet. För att inköpta tjänster och material ska ha förutsättningarna att producera värde bör pålitligheten och driftsäkerheten säkras redan i upphandlingsskedet före affär fastställs.

Ett alternativ att säkra produktionen av värde i fall där inköpt arbetskraft används är genom att bygga upp ett nätverk av underleverantörer. Detta innebär användning av särskilda underleverantörer på regelbunden basis. Underleverantörerna godkänner och implementerar företagets policy samt arbetsmetoder. Ifall denna mall används skall beställarorganisationen se till att underleverantören har tillgång till samma utbildning och introduktion som krävs

för att utföra arbetet som företagets egna personal. För att klara en sådan målsättning krävs ett tätt samarbete med nätverket av underleverantörer vilket i sin tur medför utmaningar i form av ett högt krav på tålamod och flexibilitet av bägge parter. Att upprätta ett väl fungerande nätverk av underleverantörer är en tämligen tidskrävande process vilken sätter stor prägel på samarbetet mellan beställare och underleverantör.

16.6.3 Manualer ”Vårt sätt att arbeta”

Det bör beaktas att maskinoperatörerna ytterst sällan är utbildade mättekniker. Därför är det skäl att utarbeta tydliga riktlinjer för hur maskinstyrningen skall användas för inmätning, exempelvis genom utbildning alternativt interna anvisningar (Hautamäki, 2018). Vid inmätning med maskinstyrning sätts ett allt större ansvar på slutproduktens kvalitet för maskinoperatören som utför arbetet.

En manual för företagets anställda och samarbetspartners för att man skall veta hur företaget hanterar olika situationer och problem. Det bör poängteras att en kvalitetsmanual aldrig blir komplett, precis som att ett företag aldrig blir helt Lean det finns alltid något att förbättra.

16.6.4 Granskning av nyttan

För att uppnå nytta med resultatet av detta arbete krävs tid och uppföljning. Resultaten kräver en längre tid för att uppnås då implementeringen av idén och strategin fordrar ett långsiktigt engagemang samt en allmän förbindelse inom företaget att anamma metoderna. Då den nya metoden införs bör en kontinuerlig uppföljning göras för att säkerställa förutsättningarna för en ständig utveckling. Till detta kan olika Lean-verktyg tillämpas.

16.6.5 5S

5S är ett verktyg i Lean-familjen och har fått sitt namn efter att verktyget består av fem ord vilka samtliga börjar på bokstaven S. 5 S orden på japanska är Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke. Direkt översatta till svenska betyder de fem orden följande: Sortera, strukturera, städa, standardisera och självdisciplin.

5S metoden i sig är relativt lättförstådd och därför en av de första åtgärderna som tillämpas vid implementering av Lean i en verksamhet. En nackdel med 5S är att det oftast här de flesta företagen tror att man uppnått Lean, och lämnar dvs utvecklingen tar slut.

Huvudmålet med 5S är att skapa en välorganiserad arbetsplats där varje sak har sin plats, och alla känner till var olika föremål är samt vad föremålens användningssyfte är. Redovisning av de fem S:en kan göras enligt följande:

- **Sortera** – Skilja ur och rensa nödvändiga och icke nödvändiga verktyg och material från varandra.
- **Strukturer** – Organisera verktyg, manualer samt material, varje föremål ska ha sin givna plats och vara lättåtkomlig.
- **Städning** – Regelbunden städning i form av en mindre städning varje dag, och en större städning med längre tidsintervall exempelvis månatligen.
- **Standardisering** – Skapa standardiserade och gemensamma arbetsmetoder som godkänns av samtliga i organisationen.
- **Självdisciplin** – Är avgörande för att lyckas med 5S. Detta innebär en förändring av medarbetares attityder mot ett gemensamt arbetssätt och ansvar.

Det kan ses att 5S fyller sin funktion då ett enhetligt arbetssätt arbetats fram och samtliga parter i företaget enligt förbinder sig att följa detta arbetssätt. Liksom då rollfördelningen och rutinerna i företaget är tydliga och utarbetade, var och en känner till sina uppgifter, ansvarsområden och förväntningar som ställs på uppgiften.

Den primära målsättningen med 5S är att uppnå en kontinuitet och effektivitet i själva arbetsflödet. Rätt använd möjliggör 5S lokaliseringen av flaskhalsar var ej värde medförande aktiviteter i produktionsprocessen förekommer, samt lägger en grund för ett kontinuerligt förbättringsarbete.

16.6.6 VSM

För att kunna upprätthålla en kontinuitet i utvecklingen av företagets processer borde en VSM göras med regelbundna mellanrum. Verktöget Value Stream Mapping (VSM) kommer från Lean-familjen, och betyder på svenska värdeflödesanalys. VSM är bland de första åtgärderna vid tillämpning av Lean i ett företags verksamhet.

VSM verktygets mission är att möjliggöra ett effektivt värdeflöde i processerna. När VSM utförs dokumenteras samtliga aktiviteter i en process stegvis från råmaterial till slutproduktens överlåtelse till kunden. Förutsättningen för en effektiv produktionsprocess

kräver en medvetenhet om olika arbetsskedens ordningsföljd för att möjliggöra effektivt och störningsfritt utförande.

VSM utförs i praktiken i två steg. Steg 1 är en kartläggning av befintliga processer följt av analys ur ett Lean-perspektiv. Steg 2 identifieras förbättringar och åtgärder samt målsättningar för produktionsprocessen, dessa sammanfattas till en handlingsplan.

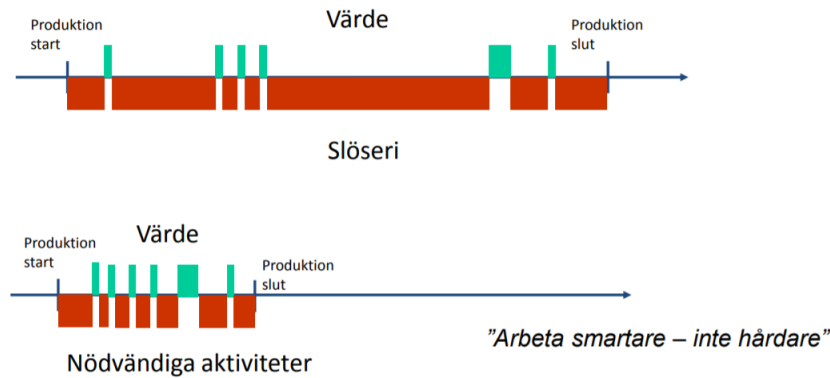
I princip kan värdeflödesanalysen sammanfattas till att samtliga aktiviteter granskas och lagertiden (väntetid) mäts, kvaliteten på aktiviteten (hur många fel, gjorda korrigeringar), samt en kartläggning av ledtiden görs (aktivitetens tidsåtgång). Vartefter processerna kan delas in i tre olika grupper.

- Värdeskapande
- Nödvändiga icke värde-skapande
- Onödiga icke värde-skapande

För att kunna skapa kundmervärde för slutprodukten samt effektivitet i processen börjar man med att eliminera aktiviteter som nämns i kategori tre, för beskrivning av sådan se kapitlet om slöseri.

Slutligen sammanställs en ny processkarta och förbättringsåtgärder verkställs med handlingsplanen som utgångspunkt. Processkartan är ett nyttigt hjälpmedel då man med denna skapar en bättre förståelse för processen genom vilket ett processtänkande kan utvecklas samt att processen i sig blir mer transparent vilket underlättar identifiering av framtida åtgärds punkter. Processkartan kan även tjäna som ett verktyg vid introducering av nya projektledare för att göra arbetsprocessen klarare samt förståeligare, och därigenom bidra till grundläggandet av ett gemensamt arbetssätt. (Pettersson, 2012) (Yrkeshögskolan Novia, 2019)

Värdeflödesanalys



Figur 16. Visualisering av en värdeflödesanalys och dess effekter.

16.6.7 PDCA

PDCA-cirkeln är ett bra verktyg för att på ett strukturerat sätt hitta lösningar på avvikelser och problem i en process. Genom att följa Leans tankesätt att sträva efter en kontinuerlig förbättring undviker man att arbetet med förbättring dör ut. PDCA är en effektiv metod för att trygga kontinuiteten i förbättringen.

PDCA-metoden bildar en cirkel som består av 4 faser:

- Planera (plan).
- Genomföra (do).
- Kontrollera (Check).
- Standardisera (Act).

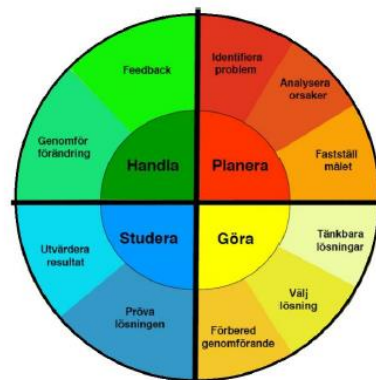
Planeringsfasen innebär förutom själva planeringen en definition av kundens behov. Till planeringsfasen hör insamling av nödvändiga data, lokalisering och analys av potentiella problem och identifikation av problemens rotorsak. Här slås även projektens mål och plan fast. I planeringsfasen spelar kommunikationen inom projektorganisationen en avgörande roll då alla bör ha tillgång till samma information, och ha en uppfattning om vad som är på gång.

Den andra fasen i PDCA är genomföringsfasen där man liksom namnet skvallrar om genomför aktiviteter som finns i planen. Ett välgjort arbete i planeringsfasen underlättar genomföringsfasen markant. En lyckad planeringsfas innebär i detta sammanhang att det finns ett tydligt definierat problem, en känd rotorsak och alla känner till sin uppgift och sitt ansvarsområde på projektet. Implementeringen börjar dock inte fullt ut i genomföringsfasen utan den fungerar som ett underlag för att testa planen.

Kontrollfasen är den tredje fasen i PDCA-cykeln, och fungerar som en mätare för effektiviteten i genomföringsfasen. Här sammanställs information från genomföringsfasen som kan vara till nytta för att effektivisera genomföringsfasen, och göra utförandet bättre. Genomföringsfasens framgång styr utvecklingsarbetet av processen, och definierar vilka punkter som ännu ska förbättras för att uppnå ett önskat resultat. Genomförande- och kontrollfasen kan upprepas tills önskat resultat uppnås.

När ett önskat resultat uppnåtts kan man gå vidare till den fjärde fasen, standardiseringsfasen. I den här fasen implementeras lösningen som skapats genom de föregående faserna för att säkra den förbättrade nivån i arbetssättet eller processen.

Då PDCA tillämpas som ett verktyg i förbättringsarbetet fungerar arbetet i cykler dvs det stannar inte av efter att en lösning hittats utan fortsätter och börjar om från början för att ständigt hitta nya områden att förbättra. (Mindtools, 2019)



Figur 17. Illustration över PDCA-processen.

16.6.8 Rotorsaksanalys

Rotorsaksanalysen eller 5 varför metoden bygger på idén för att kunna förhindra att ett fel återuppstår måste man komma åt rotorsaken till felets uppkomst. Eftersom eliminering av slöseri är centralt inom Lean är det viktigt att reda ut orsaken så att den kan elimineras. Metoden verkar i sig enkel, men har även sina svårigheter varav 3 av dessa är:

- Att upptäcka och definiera vad som egentligen är slöseri.
- Att analysera vad som är slöseri och vidta rätt åtgärder för att förhindra att slöseriet återkommer.
- Hitta en definition på vad som är normalt och vad som är slöseri.

En bra lösning på detta är standardisering genom vilken avvikelser blir lättare att upptäcka. En förutsättning för att hitta rotorsaken med hjälp av 5 varför metoden är att avvikelsen ska vara specifik. Vilket är en svaghet för 5 varför metoden då den inte rakt av kan tillämpas på problem av generell karaktär.

En viktig aspekt inom 5 varför metoden är att ”Det är inte människorna det är fel på, utan processerna”. Sammanfattat är alltså 5 varför metoden inte till för att få fram vem som har gjort fel, utan vad som är fel detta är väldigt viktigt. Detta sätter en prägel på ledarna att attityden och inställningen mot arbetarna är att de alltid gör sitt yttersta, och när fel uppstår ska man i första hand utgå från att analysera förutsättningarna till utförandet. Således bibehålls en positiv atmosfär i arbetsgruppen vilket resulterar i att arbetarna börjar upptäcka fel och avvikelser och för dem framåt åt ledningen. När fel och avvikelser börjar rapporteras kan man således bli medveten om dem, och därifrån vidta åtgärder för att eliminera dessa.

Likt andra verktyg finns det även fallgropar med den här metoden. En som kan uppstå är exempelvis att fel förstådd kan metoden generera flera vägar till orsaker i och med att olika personer har olika syn på samma problem.

17 Reflektion

BIM, Lean och maskinstyrning är idag väldigt trendiga ämnen inom infrabranschen,

17.1 Jämförelse mellan BIM och traditionellt överlåtelsematerial

Användningen av informationsmodeller skiljer sig från det traditionella dokumentbaserade förfaringssättet då projektets mera detaljerade planeringsfaser tas i beaktande i ett tidigare skede i planeringsprocessen.

Tidigareläggningen möjliggör att analyser och simulationer kan utföras på produkten i ett tidigare skede i projektets livscykel än när det dokumentbaserade förfaringssättet tillämpas. Genom simuleringar och analyser kan eventuella planeringsfel, kollisioner samt problem i informationsmodellen förebyggas redan i planeringsfasen. Identifikation och eliminering av dylika olägenheter redan i planeringsfasen bidrar till ekonomiska- och tidsmässiga inbesparingar på projektet, samt att olika alternativ på lösningar kan tas fram och jämföras resulterande i bättre och ändamålsenligare slutprodukter.

Informationsmodeller som begrepp är relativt brett, och syftar inte på en specifik produkt eller enskild programvara. Modelleringen är en processhelhet där projektets tillgängliga samt under byggnadsprocessen producerad information sammanställs och överförs till en informationsmodell. Informationen ska sedan finnas tillgänglig i informationsmodellen genom hela projektets livscykel från planering till att slutprodukten slutligen tas ur bruk.

17.2 Samverkan mellan maskinstyrning och BIM

Digitaliseringen inom infra-branschen och maskinstyrningen bidrar till en effektivisering och en ökad kvalitet på arbetsplatsen. Finland är idag ett av de ledande länderna inom digitalisering inom infra-branschen. I dagsläget inte den globala infra-branschen generellt, men inom användningen av informationsmodeller i byggnadsprocessens olika skeden. Användningen av maskinstyrning är på en hög nivå och utvecklas ständigt.

En flaskhals mellan BIM och maskinstyrningens samverkan har länge varit att ritningar gjorts i olika programvaror som inte direkt kan samverka sinsemellan. Ett gemensamt format för överföring av data har saknats. För detta ändamål har ett utvecklingsarbete mellan olika aktörer inom infra-branschen startats. Utvecklingsarbetet har resulterat i Inframodel3 dataöverföringsformatet vilket grundar sig på det internationella LandXML-formatet. Inframodel3 togs allmänt i bruk 2014, och har sedan dess varit i ständig utveckling. År 2018 har en nyare version av Inframodel3 tagits i bruk, Inframodel4, vars funktionsområde ska sträcka sig över infra-branschen som helhet såväl inom planeringsprogram som mätning- och maskinstyrningssystem.

Maskinstyrningen spelar en stor roll i modelleringsprocessen därför är det ytterst viktigt att dataöverföringen och filformaten är standardiserade och direkt överförbara från informationsmodellen till maskinstyrningen. Detta spelar en stor roll för att maskinerna ska kunna bygga enligt vad som planerats.

Då maskinstyrningsmodellen i maskinens skärm motsvarar informationsmodellen kan maskinoperatören bygga enligt ritningarna i modellen. Informationen operatören får ur skärmen möjliggör inte bara ett noggrant arbete även svårare förhållanden utan även en minskning i uppkomsten av fel och en effektivisering av arbetet. Dessutom bidrar bortfallet av fysiska ritningar till att delningen av tidsenlig information blir smidigare, och därigenom kan tid sparas in på arbetsplatsen då man inte längre behöver vänta på ritningar. (Putkonen, 2017) (Infrakit, 2018)

17.3 Samverkan mellan BIM och Lean

BIM och Lean är bägge högaktuella och trendande begrepp inom byggnadsindustrin idag. De har samexisterat under en relativt lång tidsperiod. Både BIM och Lean har sin grund i akademisk forskning varifrån de gradvis överförts till industriella syften. Idag tillämpar större aktörer inom branschen bägge alternativen sådana aktörer för att nämna några är Skanska, YIT, NRC-group, Destia m.fl.

BIM och Lean har haft sina egna nätverk av användare och följare, och ofta har de setts som två konkurrerande agendor. Under 2000-talet har det dock upptäckts att en synergi mellan BIM och Lean kan rätt använd vara tämligen effektiv. Därför har denna synergi under senare tid börjat tillämpas allt mer i praktiken, och utvecklingsarbete kring synergin har börjat göras på akademisk nivå.

Det kan anses att det finns 4 betydande länkar som binder samman BIM och Lean, varav den första är att BIM i sin helhet följer Leans-tankevärld. Detta genom att BIM möjliggör upptäckten av defekter före själva produktionen påbörjas, vilket i sin tur betyder att en del slöseri kan elimineras. Sådant slöseri kan vara försening, korrigering och defekter. Enligt studier som gjorts på projekt där 2-dimensionella ritningar använts i huvudsak påvisar att bristfälliga ritningar var en av de största orsakerna till problem och kostnader på arbetsplatsen. Orsaken är att 2-dimensionella ritningar sällan sammanlänkar olika teknikområden, och därför är det inte ovanligt med kollisioner. Sådant slöseri kan undvikas med hjälp av 3-dimensionell planering i BIM utan att det direkt sammanlänkas till någon Lean-princip.

Den andra länken är att BIM stöder användandet av Lean-principer och metoder genom att BIM funktioner används systematisk för att tillåta användning av Lean-principer och -metoder. En visuell simulation av en byggdela gjord i ett datorprogram kan exempelvis användas som ett instrument i en samordning mellan olika teknikkedjors representanter i planeringsskedet. Detta möjliggörs genom den visuella planeringen i BIM vilken därmed utgör en gemensam plattform för planeringen.

Som den tredje länken kan nämnas att BIM verktyg kan utvecklas och utvidga BIM-funktionerna för att stöda Leans principer. Data från kalkyler för kostnader och mängder på arbetsplatsen kan plockas ut direkt ur en informationsmodell över arbetsplatsen stöder detta direkt Lean-tankesättet. Utvecklingen av BIM programvara, och en ökande övergång till mobila dataplattformar öppnar nya möjligheter för flexibel överföring av data direkt från arbetsplatsen, för exempel se Infrakit kap 7. Programvaror och applikationer framtagna för visualisering och samordnad planering utvecklas flitigt.

Som en fjärde länk i synergien hävdas det ofta att Lean-principerna underlättar implementering av BIM. Påståendet kan styrkas genom att betoningen i Lean Construction ligger på förutsägbarhet, disciplin och samarbete. Dessa funktioner fungerar som ett stöd vid implementeringen BIM-baserad teknologi. Även organisatoriska lösningar som integration av arbete, och s.k. ”big-room”, där olika teknikkedjor i ett projekt fysiskt samlokaliseras för att producera högkvalitativa bygghandlingar genom ett förbättrat samarbete i multidisciplinära grupper. Genom detta kan en samarbetsmiljö genereras för att stöda implementeringen av Lean, men kan också bidra till att få ut fördelarna som erbjuds via BIM.

BIM-planeringsmetoden och Lean Construction Management-kulturen styr karaktären inom företag. Detta beror på att bägge har effekter på ledarskapet inom både projekt- och företagsledningen inom sådana företag som implementerat detta i sin verksamhet. Det grundar sig på att bägge är delar i ett företags strategi, och påverkar processerna direkt genom förändring och optimering. Lean och BIM möjliggör en högre kvalitet inom byggprojekt och bidrar till en ökad säkerhet beträffande kostnader och tidtabeller.

För BIM är kommunikation och samarbete avgörande egenskaper, men även ett tankesätt med mera fokus på livscykeln än det enskilda arbetsskedet. När det gäller Lean Construction är det inte bara processoptimering som är avgörande, utan fokus läggs även på kundernas värderingar, krav och idéer. Med att ta hjälp av båda metoderna försöker företagen sträva mot arbetssätt som är ekonomiska och hållbara. För att uppnå full potential i en synergi

mellan BIM och Lean är ett bra alternativ att Lean implementering görs parallellt med BIM. Orsaken till att implementeringen borde göras parallellt är kartläggningsbehovet av vilka Lean-processer som direkt stöds av BIM-funktionerna, och vice versa bör BIM-hjälpmodellerna även stödja Lean-processen för att fungera optimalt och ha förutsättningarna att bidra med en maximal nytta.

18 Sammanfattning och diskussion

Som tidigare i arbetet nämnts studeras Leans effekter vid tillämpning inom byggnadsprojekt flitigt. Det har konstaterats att Lean rätt implementerad är effektiv inom ett byggnadsprojekt. Detta examensarbete fokuserar endast på ett fåtal av Leans verktyg. Men rätt använda och implementerade i produktionsprocessen, i detta fall kvalitetssäkringsprocessen, kan de öka processens effektivitet märkbart.

Leans filosofi går hårt in för att identifiera fel och föra upp dem till ytan för att sedan analysera felet och därmed ta lära av felet så att de inte ska återuppträffa. Därför kan även analys av mindre störningar inom produktionsprocessen resultera i att man kommer åt större störningars rotorsaker, och därigenom kan sådana elimineras ur processen. BIM hjälper i detta fall till med att lyfta fram dessa visuellt i modellen varifrån de lättare kan identifieras utgående från information producerat med maskinstyrningen. Så med hjälp av att gå från traditionellt 2D-material mot 3D och en implementering av BIM kan maskinstyrningens liksom att nyttan med Lean konkretiseras.

Generellt inom företaget borde BIM och informationsmodeller användas aktivare och utnyttjas bättre än det görs idag. BIM medför inte enbart nytta för maskinstyrningen och kvalitetsdokumenteringen utan även som en helhet på arbetsplatsen. Det finns flera punkter som kunde utvecklas för att bidra med effektivitet i arbetet i flera olika faser under ett projekts livscykel.

Exempel på sådana aspekter är när BIM kan användas redan i upphandlingsskedet möjliggörs mängd- och offertberäkningarna göras snabbare, och noggrannare när mängderna tas direkt ur modellen. Detta medför även en möjlighet att kommentera modellen, och reagera på kollisioner och brister i modellen innan projektet startas upp, vilket ger stora besparingar i tid och resurser. För ÄTA-arbeten kan samma tillämpas, och man kan lättare påvisa var ändringen ska komma att göras genom visualiseringen. Visualiseringen bidrar även till att

det blir lättare att få ut mängder till ÄTA-arbeten ur modellen. Därför är det skäl att undersöka möjligheten hur detta kunde tas i bruk och därefter standardiseras vid beräkning av mängder och kostnader. Dock bör minnas att alla projekt, främst mindre entreprenader, ännu i dagsläget inte använder BIM. Även på en del större entreprenader finns modellerna inte tillgängliga i upphandlingsskedet, men vartefter standardiseringen inom branschen tar fart kommer de stegvis att bli allmännare.

Med hjälp av visualiseringen som modellen erbjuder kan arbetsberedningarna och säkerhetsplaneringen göras exaktare än vid planering utgående från 2D-material. Visualiseringen ger en tredimensionell och realistisk bild av arbetsplatsen varifrån en förståelse för hur arbetet ska utföras kan skapas då modellen hjälper till att identifiera olika arbetsmoment samt risker kopplade till arbetsmomenten. När detta kan tillämpas redan i anbudsskedet sparas en stor mängd tid, och snabba och förhastade beslut sk ”brandsläckning” kan minskas.

I och med att modellen åskådliggör hela projektet kan entreprenadgränser till andra projekt som finns inom samma område lättare identifieras, och därmed kan avgränsas för att undvika oklarheter. Då det finns flera entreprenader inom ett och samma område kan risker uppstå då olika entreprenörer har skilda förfaringssätt i sitt utförande, och sällan är de heller synkade med varandra, alla drar alltså åt sitt eget håll. Därför är modellen bra då genom den kan en samordning av arbetet ske genom en visualisering, och gemensamma samordningsmöten och -avstämningar vilket inte är möjligt i ett sammanhang var 2D-ritningar används då man sällan har tid över att fördjupa sig i andras ritningar och handlingar. Modellen skapar alltså genom detta en dialog mellan olika aktörer inom projektet och därigenom ge möjligheten till samordning genom att gemensamt visuellt planera arbetets genomförande och säkerhet.

Med hjälp av den visuella tydligheten BIM erbjuder kan kommunikationen mellan olika parter inom projektorganisationen förbättras. När arbetsförloppet kan följas i realtid ges möjlighet till kommentarer och granskning av arbetets kvalitet. Användningen av molnplattformar, som Infrakit, istället för enskilda lokala servrar för lagring av filer blir informationsflödet mera effektivt. Synkningen av fildelningen till en gemensam molnplattform gör det möjligt för hela projektorganisationen att få tillgång till samma information på samma tidpunkt. Vilket samtidigt minskar risken till att fel uppstår.

Kvalitetssäkringen kan förbättras genom visualiseringen då arbetets framfart blir synligt och i real-tid varpå man lätt kan följa upp om mätningar gjorts korrekt eller eventuella brister i utförandet.

Medvetenheten av fördelarna med BIM och modellering borde ökas inom företaget för att skapa förutsättningarna att utvecklas. En del faktorer som bidrar till osäkerhet kan försvinna efter att man deltagit i några projekt där BIM-använts framgångsrikt och nyttorna tydligt kommit fram dvs när man skapat en vana att arbeta med processerna. Som utgångsläge är att stegvis standardisera arbetsprocesserna genom att arbeta mot en integration och implementering av BIM och Lean i de befintliga processerna och därmed stegvis förbättra arbetet.

Summerat kan det konstateras att inte enbart företaget som fungerar som beställare i detta examensarbete utan infra-branschen som helhet måste för att utvecklas och uppnå effektivitet göra en hel del förändringar. Varav en av de väsentligaste förändringarna är just att ta i bruk maskinstyrning och därigenom implementera BIM. Teknologins utveckling erbjuder en uppsjö av möjligheter, och rätt använda kan dessa ge en ekonomisk vinning då inbesparingar på onödigt arbete möjliggörs. Det är sist och slutligen en inställnings- och attitydfråga om man är beredd att ändra sina befintliga processer och gå mot ett nytt arbetssätt där modelleringen och den ständiga förbättringen blir en del av vardagen.

19 Reflektion

Det primära syftet med utvecklingsarbetet var en undersökning av nuvarande kvalitetsdokumenteringsprocessen i företaget samt en utredning hur mätningar och dokumenteringar på arbetsplatsen kunde göras effektivare inom ramen av ett projekts livscykel ur ett kostnadsperspektiv. Examenarbetet resulterar i en utredning, och en uppdaterad handbok med ett klart tillvägagångssätt för maskinstyrning och kvalitetsdokumentering inom bolaget.

Under arbetets gång har getts möjlighet att delta i olika slags utbildningstillfällen med olika maskinstyrnings-tillverkares representanter. Intervjuer och diskussioner med företagets personal har givit en övergripande blick på det dagliga arbetet samt attityder till kvalitetsdokumentering och maskinstyrningen överlag. Liksom praktiskt arbete med kvalitetsdokumentering och maskinstyrning som utförts av skribenten under praktikperioden. Dessa har fungerat som utgångs information till utvecklingsarbetet.

På ett personligt plan har arbetet gett en större insikt i projektledningen som helhet samt fördjupade kunskaper inom maskinstyrningstekniken och dess användande. Arbetet har

bidragit till en bredare förståelse av kvalitetsdokumenteringen som begrepp och dess syfte ur ett helhetsperspektiv inom infrastrukturprojekt.

20 Referenser

- Kivioja Karri, T. r. (den 30 September 2004). YSE 1998 käyttö ja tulkinta. Kuopio, Finland. Hämtat från Rakennusteollisuus: https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/koulutus--ja-esitysaineistot/2014-09-30_karri-kivioja-yse1998-kaytto-ja-tulkinta.pdf
- Peltonen Ilpo, d.-i. (2014). *Rakennustieto*. Hämtat från Kuinka YSE 1998 toimii?: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK150104.pdf>
- Infrakit. (2018). *Infrakit*. Hämtat från Infrakit: <https://infrakit.zendesk.com/hc/fi/sections/115001617705-Yleiskatsaus-Infrakitist%C3%A4>
- Institute, L. C. (den 8 November 2018). *Lean Construction Institute*. Hämtat från <http://lci.fi/mita-on-lean-rakentaminen/>
- Kivimäki, T. (den 30 Augusti 2017). *Digitaalinen luovutusaineisto ja Infrakit*. Hämtat från Infrakit: <https://infrakit.com/fi/digitaalinen-luovutusaineisto-ja-infrakit/>
- Leica Geosystems AG - Part of Hexagon. (2019). *Leica-geosystems*. Hämtat från Leica-geosystems: <https://leica-geosystems.com/fi-fi>
- Liikennevirasto. (2009). *Liikennevirasto*. Hämtat från Urakoitsijan laaturaportointi: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/thohje/pdf/2200062-v-09-urakoitsijan_laaturaportointi.pdf
- Liikennevirasto. (2017). *Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot*. Hämtat från Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot: <http://www.liikennevirasto.fi>
- Digitaalinen luovutusaineisto. (2017). *Liikennevirasto*. Hämtat från Liikennevirasto: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts_2017-15_digitaalinen_luovutusaineisto_web.pdf
- Maanmittauslaitos. (2019). *Maanmittauslaitos*. Hämtat från Satelliittipaikannus: <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/satelliittipaikannus>
- Novatron Oy. (2019). *Novatron*. Hämtat från Novatron: <https://novatron.fi/>
- Rakennustieto. (1998). *Rakennusalan yleiset sopimusehdot*. Hämtat från Rakennustieto: <file:///C:/Users/axel.nyfors/Downloads/Rakennusurakan%20yleiset%20sopimusehdot%20YSE%201998..pdf>
- Rakennustieto. (u.d.). *InfraRYL Net*. Hämtat från <https://ezproxy.novia.fi:2201/infraryl/extra/toimivuusvaatimukset.html.stx>

- Rakennustieto Oy. (2019). *Rakennustieto*. Hämtat från <https://www.rakennustieto.fi/index/ajankohtaista/tiedotteet/uutiset/artikkelit/infrabim-nimikkeisto-julkaistu-englanniksi-090419.html.stx>
- Rodny, M. M. (2013). *BIM in Infrastructure*. Stockholm: Royal Institute of Technology (KTH).
- Trimble. (2019). *Trimble*. Hämtat från Trimble: <https://www.trimble.com/>
- Ville Suntio, Anna Partainen . (den 30 Januari 2017). *Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä*. Hämtat från Digitaalinen luovutusaineisto: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2017-15_digitaalinen_luovutusaineisto_web.pdf
- Vägförvaltningen. (2009). Urakoitsijan laaturaportointi.
- YIV2015. (2015). *Buildingsmart*. Hämtat från https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2017/07/YIV2015_Mallinnusohjeet_Osa12.1_Maarakentamisen_mallipohjainen_laadunvarmistusmentelm%C3%A4.pdf

oster.