

# Anläggningsmodell från skrivbord till maskin

– En studie om möjligheterna att effektivisera användandet av projekterade anläggningsmodeller till maskinstyrning/guidning.



LUNDS  
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Institutionen för teknik och samhälle

Examensarbete:  
Andreas Rudnai



© Copyright Andreas Rudnai

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Lunds universitet  
Box 882  
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering  
Lund University  
Box 882  
SE-251 08 Helsingborg  
Sweden

Tryckt i Sverige  
Media-Tryck  
Biblioteksdirektionen  
Lunds universitet  
Lund 2013

## Sammanfattning

Maskinstyrning har i byggsammanhang varit revolutionerande för produktionsfasen och är något som idag används uteslutande i större anläggningsprojekt. Avgörande för maskinstyrning är att maskinstyrningsmodellerna är korrekta. Det ansvaret ligger idag oftast på entreprenörernas mätningstekniker. Vanligen skapar mätningsteknikerna egna maskinstyrningsmodeller utifrån det material som konsulterna levererar. En effektivisering av datahanteringen där konsulter levererar anläggningsmodeller fullständigt anpassade för maskinstyrning skulle innebära bl.a. stora kostnadsbesparingar.

Studien baseras på datahanteringen vid maskinstyrning för vägprojekt. Från projekteringen som utförs av konsulter till utförandet som entreprenörer står för beskrivs hela processen följsamt. Tanken är att utifrån studier av hur processen ser ut idag undersöka möjligheterna att effektivisera leveransmaterialet och hur det hanteras från konsult till entreprenör. Det slutliga målet är att ta fram tydligare riktlinjer för leveranser av anläggningsmodeller anpassade för maskinstyrning. Arbetet har utförts genom att till en början inhämta information främst via litteratur och tidigare studier. Detta för att bilda en egen uppfattning om dagens situation och dess problematik. Fördjupningen grundar sig i programvaruanvändning och intervjustudien där lämpliga personer med omfattande kunskap inom området deltagit.

De slutsatser som kan dras är att branschen bör sträva mot tydligare standard avseende leveransmaterial med maskinstyrning som ändamål. Bl.a. bör samtliga maskinstyrningsmodeller, både yt- och linjemodeller slutligen ha en maximal filstorlek på 3 Mb, delas in i delsträckor där längden beror på filstorlek och avbilda ett produktionslager, närmare bestämt färdig väggyta med slänter samt terrassyta med slänter. Ytmodeller bör levereras som dwg-filer medan linjemodeller bör levereras i LandXML 1.0. De bör som minst bestå av sammanhängande 3D-linjer och triangelm modeller. För övrigt är det viktigt att det görs egenkontroller där leveransmaterialet granskas och högsta vikt bör läggas på kontroll av förekomsten av dubbelpunkter, korrekt dikesutformning och höjdskillnader främst vid anslutningar så som korsningar och cirkulationsplatser. Trots att studien begränsats till vägkroppen kan beskrivningen av leveransmaterialet appliceras till övriga objekt i anläggningsmodellerna. Detta redovisas i tabell 5-1 och 5-2 i kap. 5.6.

Nyckelord: VDC, BIM, 3D, GPS, GNSS, anläggningsmodell, maskinstyrningsmodell, maskinstyrning, maskinguidning

## **Abstract**

In the construction business machine control has been revolutionary for the production phase and it's currently used exclusively in major construction projects. Vital for machine control is that the machine control models are accurate. Currently that responsibility usually lies with the contractors surveyors. The surveyors usually create their own machine control models based on the material delivered by the consultants. A streamline of the management of data with consultants delivering construction models fully adapted to machine control would among other implicate significant cost savings.

The study is based on data management for machine control in road design. From the design done by consultants to the production done by contractors the entire process is described. The idea is to explore the possibilities to streamline delivery material and how it's handled from consult to contractor by studying how the process looks today. The ultimate goal is to develop clearer guidelines for the supply of construction models adapted for machine control. The work has been followed up by initially gather information mainly from literature and previous studies with the meaning to get an own opinion on the current situation and its problems. The careful attention in this study is based on software usage and the interviews in which suitable persons with wide knowledge in the field of study participated.

The conclusion is that the industry should strive for clearer standards regarding the supply material to machine control. Inter alia all machine control models should eventually have a maximum file size of 3 Mb. They should also be divided into sections where the length depends on the file size. It's also important that they are split up in one production layer per file. More particularly finished road surface with slopes and terrace with slopes. Surface models should be delivered as dwg while line models should be delivered as LandXML 1.0. They should at least consist of solid 3D-lines and triangle models. Finally before delivery it's very important that the delivery material is checked by examine the existence of double points, correct trench design and height differences primarily in connections like intersections and roundabouts. Although the participation in this study is delimited to the road structure the description above can be applied on other objects in the building models. This is shown in chart 5-1 and 5-2 in chapter 5.6.

**Keywords:** VDC, BIM, 3D, GPS, GNSS, building model, machine steering model, machine steering, machine guidance

## Förord

Detta examensarbete omfattar 22,5 högskolepoäng och är den avslutande delen för högskoleingenjörsutbildningen på programmet Byggteknik - Väg och trafikteknik vid Lunds Tekniska Högskola/Campus Helsingborg. Arbetet är utfört på Swecos kontor i Malmö i samarbete med Sweco Infrastructure och Institutionen för teknik och samhälle vid Lunds tekniska högskola.

Initiativet till arbetet kommer från Sweco då det ingår i deras utveckling inom arbetssättet VDC. Vissa krav och råd gällande utformning av anläggningsmodeller finns idag framtagna av Trafikverket och återfinns i deras dokument TRVK Anläggningsmodell och TRVR Anläggningsmodell. Trots framtagandet finns det luckor och oklarheter kring hur modellerna ska projekteras för att kunna användas till maskinstyrning/guidning utan bearbetning. För att komma ett steg längre i utveckling mot en effektivare byggnadsprocess krävs bl.a. tydligare riktlinjer.

Det kan nämnas att tidigare utförda studier rekommenderar vidare utveckling inom området. Ett exempel är Nilsson och Mårtensson som i sitt examensarbete *Möjligheter och hinder för leveranser av digitala anläggningsmodeller* nämner bl.a. tekniska hinder med filformat och programvaror som förslag till fortsatta studier.

Jag vill rikta ett stort tack till Per-Erik Åstrand, min handledare som verkligen bidragit med sin kunskap och sitt engagemang till denna studie. Jag vill även tacka min examinator Sven Agardh från Lunds Tekniska Högskola och slutligen även nedanstående personer som hjälpsamt deltagit i intervjuer.

- Anna Neidenström, teknisk specialist inom virtuellt byggande, NCC
- Mattias Andersson, mätspecialist, SKANSKA
- Andreas Fransman, mätchef, NCC Construction
- Fredrik Larsson, mätchef, PEAB

Vad gäller min trivsel under arbetets gång vill jag passa på att tacka samtliga på Sweco i Malmö, speciellt de på Infradesigngruppen. De alla har verkligen fått mig att trivas under min vistelse.

## Begreppsordlista

<b>2D</b>	Vektorgrafik i två dimensioner
<b>3D</b>	Vektorgrafik i tre dimensioner
<b>AB</b>	Allmänna Bestämmelser för byggnads-, anläggnings- och installationsentreprenader
<b>ABK</b>	Allmänna Bestämmelser för konsultuppdrag inom arkitekts- och ingenjörsvksamhet
<b>AIM</b>	Anläggningsinformationsmodell
<b>BIM</b>	Byggnadsinformationsmodell
<b>BKK</b>	Byggandets Kontraktskommitté
<b>Bygghandling</b>	Handling som redovisar projektets konstruktion och ligger till grund för utförandet
<b>CAD</b>	Computer Aided Design
<b>DWG</b>	Drawing, CAD-format
<b>DXF</b>	Drawing Exchange Format, CAD-format
<b>GIS</b>	Geografiskt informationssystem
<b>GLONASS</b>	Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema, satellitnavigationssystem utvecklat av ryska militären
<b>GNSS</b>	Global Navigation Sattelite System, samlingsnamn för satellitbaserade navigations- och positionsbestämningssystem
<b>GPS</b>	Global Positioning System, satellitnavigationssystem utvecklat av amerikanska militären

<b>LandXML</b>	Öppet filformat som vanligen används vid import/export mellan olika mjukvaror
<b>SBG</b>	Svensk Byggnadsgeodesi
<b>TRVK Anläggningsmodell</b>	Trafikverkets Tekniska Krav, dokument av dokumenttypen krav till för upprättande av anläggningsmodeller i investeringsprojekt Väg
<b>TRVR Anläggningsmodell</b>	Trafikverkets Tekniska Råd, dokument av dokumenttypen råd till för upprättande av anläggningsmodeller i investeringsprojekt Väg
<b>UMC 3D</b>	Universal Machine Control 3D
<b>VDC</b>	Virtual Design and Construction



# Innehållsförteckning

<b>1 INLEDNING</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Bakgrund</b> .....	<b>1</b>
1.1.1 Problemformulering.....	2
<b>1.2 Syfte</b> .....	<b>2</b>
1.2.1 Frågeställning .....	3
<b>1.3 Avgränsningar</b> .....	<b>3</b>
<b>2 METOD</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1 Förhållningssätt</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2 Fördjupning</b> .....	<b>4</b>
2.2.1 Litteraturstudie .....	4
2.2.2 Programvaruanvändning .....	4
2.2.3 Intervjuer .....	4
<b>3 NULÄGESBESKRIVNING</b> .....	<b>5</b>
<b>3.1 Entreprenadformer</b> .....	<b>5</b>
3.1.1 Totalentreprenad.....	5
3.1.2 Utförandeentreprenad .....	5
<b>3.2 Aktörer</b> .....	<b>6</b>
3.2.1 Konsult.....	6
3.2.2 Entreprenör .....	8
<b>3.3 Entreprenadmaskiner</b> .....	<b>9</b>
3.3.1 Grävmaskin.....	9
3.3.2 Bandschaktare .....	9
3.3.3 Väghyvel .....	9
<b>3.4 Maskinstyrning/guidning</b> .....	<b>10</b>
3.4.1 Positionering .....	11
3.4.2 Sensor/styrsystem.....	12
3.4.3 Styrdatorenhet .....	12
<b>3.5 Maskinstyrningssystem</b> .....	<b>13</b>
<b>3.6 Datahantering</b> .....	<b>14</b>
<b>3.7 Modeller</b> .....	<b>15</b>
3.7.1 Ytmodeller.....	15
3.7.2 Linjemodeller.....	16
<b>3.8 Programvaror</b> .....	<b>17</b>
3.8.1 Projekteringsverktyg.....	17
3.8.2 Entreprenörens programvaror .....	18
3.8.3 Programvaror för maskinstyrningssystem .....	20
<b>3.9 Styrande dokument</b> .....	<b>25</b>
<b>4 RESULTAT</b> .....	<b>25</b>
<b>4.1 Datahantering</b> .....	<b>25</b>
4.1.1 Filformat.....	25

4.1.2 Utformning.....	27
4.1.3 Dubbelpunkter .....	29
<b>4.2 Intervjuer .....</b>	<b>29</b>
<b>5 DISKUSSION OCH SLUTSATS .....</b>	<b>31</b>
5.1 Anläggningsmodellens utveckling .....	31
5.2 Entreprenadform.....	31
5.3 Programvaror .....	32
5.4 Anläggningsmodellens utformning.....	32
5.4.1 Ytor .....	33
5.4.2 Linjer .....	34
5.5 Granskning.....	34
5.6 Leveransmaterial .....	34
5.7 Rekommendation till fortsatta studier.....	38
<b>6 REFERENSER.....</b>	<b>39</b>
<b>7 FIGURER .....</b>	<b>42</b>
<b>BILAGA 1 .....</b>	<b>45</b>
<b>BILAGA 2 .....</b>	<b>46</b>
<b>BILAGA 3 .....</b>	<b>51</b>
<b>BILAGA 4 .....</b>	<b>56</b>
<b>BILAGA 5 .....</b>	<b>61</b>





# 1 INLEDNING

*Kapitlet avser att redovisa anledningen till att examensarbetet berör det gällande området. En övergripande beskrivning av dess bakgrund följs av studiens syfte och avgränsningar.*

## 1.1 Bakgrund

VDC är ett arbetssätt som blivit allt mer omtalat och framtaget i byggbranschen. Syftet med arbetssättet är att effektivisera byggprocessen med bl.a. en visuellt bättre överblick och lägre kostnader. Förutom organisation och process innefattas även produkt i form av 3D-modeller, BIM/AIM. Modellerna är informationsrika digitala modeller som återger relevant information genom hela byggnationens livslängd. Uppfattningen är att en organisation som behärskar BIM/AIM bidrar till minskad tidsåtgång, lägre kostnader, bättre samordning och mindre fel i både projektering och produktion samt ökad produktivitet och kvalitet (Sweco, 2013). Detta arbetssätt är relativt nytt i anläggningsbranschen till skillnad från husbyggnadsbranschen där det fått ett större genombrott och används mer frekvent. De projekterade modellerna är till för att bistå beställare och entreprenörer med bygghandlingar.

En anläggningsmodell är en sammansatt geometrimodell som återger den projekterade anläggningen, dvs. projektets helhet. Anläggningsmodellerna som skapas av projektörerna bidrar bl.a. till att fel kan upptäckas redan i projekteringsstadiet och på så sätt minska antalet fel som ska lösas på plats. Entreprenörerna tar även del av modellerna som i byggskedet används bl.a. som underlag till maskinstyrning. Tekniken bakom maskinstyrning/guidning är idag inom anläggningsbranschen rådande i produktionsfasen. Ett återkommande problem med utvecklingen är att dataflödet inte innehåller den information som krävs för att användas i en maskinstyrningsmodell. Det medför att entreprenörerna får bearbeta och konvertera det material som levereras av projektörerna (Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF), 2012). Samtidigt finns det en tydlig oklarhet för konsulten då det saknas kompletta krav på utformning av modeller.

### 1.1.1 Problemformulering

*Detta kapitel avser att redovisa de förekommande problem kring anläggningsmodeller, i projekt i anläggningsbranschen, vilka ska studeras och utvärderas.*

Talesättet *tid är pengar* passar väldigt bra in i anläggningsbranschen. Allt handlar om tid och ofta arbetar både konsulter och entreprenörer under tidspress; konsulter för att bli klara med handlingar och modeller och entreprenörer för att i tid få anläggningarna i bruk. Projektering av 3D-modeller och användandet av maskinstyrningssystem bidrar båda till effektivare anläggningsbyggande. I dagsläget finns det oftast inga större krav och riktlinjer på hur projekterade 3D-modeller ska levereras, om det ens framställs krav på att de ska ingå i projekteringsunderlaget, vilket leder till oklarheter kring modellerna och deras utformning. I den långsamt utvecklande anläggningsbranschen har gamla traditioner bevarats i form av 2D-modeller och i vårt digitala samhälle förekommer det fortfarande att ritningar tillhandahålls i pappersform. Ritningarna i 2D är oftast både svåra att tyda och tar onödig plats då de sammanställs i tjocka pärmar. Med digitala 3D-modeller ges en större helhetsbild samtidigt som de effektiviserar byggandet då de bland annat kan bidra till tidigare byggstart. Uppbyggnaden av maskinstyrningsmodeller är tidskrävande då entreprenörens maskintekniker ofta måste göra inmätningar för att skapa terrängmodeller som anläggningsmodellerna baseras på. Detta är något som skulle kunna göras redan i projekteringsstadiet av projektören som sedan levererar de färdiga modellerna och på så sätt spara både tid och pengar.

## 1.2 Syfte

I ett försök att klara upp de problem och oklarheter som förekommer är det bakomliggande syftet med detta examensarbete att undersöka vad som krävs för att konsulter ska kunna leverera fullständiga anläggningsmodeller färdiga att användas till maskinstyrning/guidning. Frågan är helt enkelt hur anläggningsmodellerna ska utformas och levereras för att vara användbara till maskinstyrning i byggprocessen.

### 1.2.1 Frågeställning

- Vad krävs av projektören för att kunna leverera fullständiga anläggningsmodeller redo att användas till maskinstyrning/guidning utan bearbetning och konvertering?
- Vilka brister finns i de modeller som konsulterna levererar idag?
- Vilka format bör de olika modelltyperna levereras i?
- Hur bör modellernas lageruppdelning vara uppbyggd?

### 1.3 Avgränsningar

*I kapitlet beskrivs under vilka förutsättningar och med vilka begränsningar arbetet gjorts.*

Eftersom studien är gjord på begränsad tid och för att kunna fokusera på specifika delar i det gällande området krävdes vissa avgränsningar. Gällande avgränsningarna gjordes studien med hänsyn till anläggningsprojekt med fokus på vägkroppen. Det som vidare studeras är hur modeller för vägkroppen bör levereras. Övriga ingående objekt, såsom ledningar och brunnar kommer inte att studeras närmare. Då det verkar som samtliga entreprenörer använder sig av det mätningstekniska geodesiprogrammet SBG Geo utesluts övriga program med liknande ändamål.

Maskinstyrning omfattar flera olika entreprenadmaskiner. I studien begränsades dessa till grävmaskin, vägghyvel och bandschaktare. För dessa maskiner kan systemen vara 1D, 2D och 3D. Datahanteringen och modellinformationen är likvärdig på de olika entreprenadmaskinerna. Pga. tidsbrist gjordes avgränsningen att endast beröra 3D-maskinstyrningssystem. Detta kändes relevant då arbetet ses som en studie av effektiviseringar där skapandet av 3D-modeller istället för 2D-ritningar/modeller bör främjas.

Större delen av maskinstyrningssystemen i Sverige är av märket Scanlaser som ofta används med maskindatorn GeoROG. I GeoROGen används programvaran UMC 3D till vilken denna studie avgränsas. Problemen för projektörer att kunna anpassa modeller till maskinstyrning uppstår främst vid entreprenadformen utförandeentreprenad där aktörernas samverkan är begränsad. Därför berör studien endast hantering av modeller vid utförandeentreprenad trots att processen vid totalentreprenad vidare beskrivs. Den juridiska inverkan berörs ytligt utan ingående fördjupning.

## 2 METOD

*Detta kapitel redogör vilka metoder som använts för att sätta sig in i arbetsområdet och slutligen komma fram till de resultat som redovisas i kap. 4.*

### 2.1 Förhållningssätt

Examensarbetet grundar sig i ett induktivt förhållningssätt, dvs. att en teori skapas efter att information inhämtats. Grunden för studien är en förändringsinriktad forskning då resultatet är avsett att påverka anläggningsbranschen genom att effektivisera vissa specifika processer. Informationen är inhämtad via djupare intervjuer från ett begränsat antal personer och kan därför beskrivas som en kvalitativt inriktad studie. För att undvika ett vinklat resultat har hänsyn till de olika aktörernas perspektiv tagits.

### 2.2 Fördjupning

#### 2.2.1 Litteraturstudie

I förberedande syfte gjordes en litteraturstudie för att få en inblick i arbetsområdet och bilda en uppfattning om vilka problem som förekommer och varför de uppstår. Detta gjordes med hjälp av böcker, produktblad, manualer, broschyrer och tidigare utförda studier men främst av allt publikationer på internet. Litteraturstudien ligger till grund för den information som tagits fram för att beskriva teorin i nulägesbeskrivningen och delar av bakgrunden till examensarbetet. Informationen som inhämtats via litteraturstudien är främst information om processen mellan de olika aktörerna, programvaror och maskinstyrningssystem med dess olika komponenter.

#### 2.2.2 Programvaruanvändning

Viss information som krävs för fördjupning inom just detta arbetsområde är svår att läsa sig till och därför krävdes viss kunskap om de olika programvarorna. Sedan tidigare utbildning fanns viss förkunskap av projekteringsverktyg så som AutoCAD och Novapoint, dock ej mätningstekniska programvaror. För att få en förståelse kring mätningsteknikers användande av dessa typer av program utfördes tester i geodesiprogrammet Geo 2012 framtaget av SBG.

#### 2.2.3 Intervjuer

För att få med samtliga parter syn har även intervjuer inkluderats i studien. Intervjuerna är de som gör studien till en kvalitativ studie. Med Swecos



kundkrets har lämpliga personer kunnat väljas ut för att delta i djupgående intervjuer. Intervjuerna ses i Bilaga 2-5 och analysen av dessa redovisas i kap. 4.2.

### 3 NULÄGESBESKRIVNING

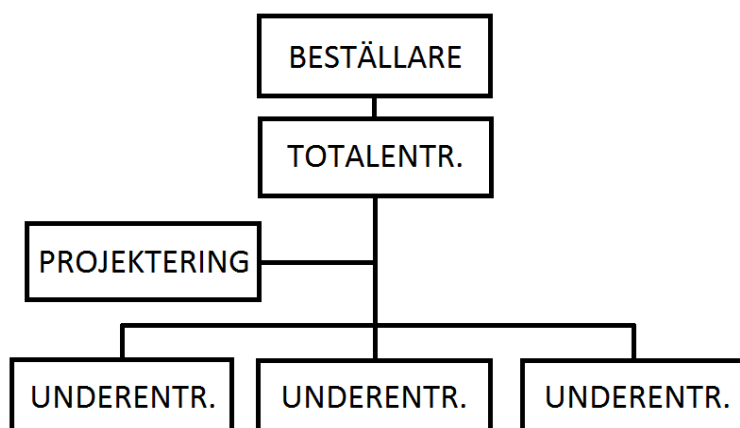
*Vidare berörs relevanta områden där en beskrivning om situationen i dagsläget redovisas. De områden som tas upp är entreprenadformer, aktörer, entreprenadmaskiner, maskinstyrning/guidning, maskinstyrningssystem, datahantering, modeller, programvaror och styrande dokument.*

#### 3.1 Entreprenadformer

Konsultföretag åtar sig årligen flera olikartade projekt. Trots att olika projekt kan vara av samma karaktär skiljer de sig alltid åt i något avseende. Förutsatt att konsulten vet på vilket sätt anläggningen kommer att byggas kan 3D-modellerna mer eller mindre anpassas. Anpassningen är alltså beroende på hur upphandlingen sker.

##### 3.1.1 Totalentreprenad

Vid entreprenadformen totalentreprenad är det en funktion som beställaren köper. Totalentreprenören svarar för alla ritningar och handlingar då större frihet av utformningen ges. Det är även totalentreprenören som handlar upp egna underentreprenörer och konsulter, se figur 3-1. Vid totalentreprenad skriver beställaren avtal med endast en aktör.

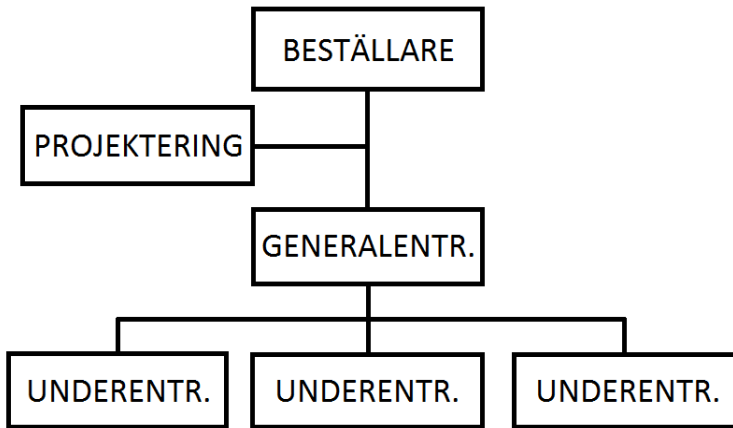


Figur 3-1: Totalentreprenad.

##### 3.1.2 Utförandeentreprenad

Till skillnad från totalentreprenad är det vid utförandeentreprenad beställaren som svarar för ritningar och handlingar. Projekteringen brukar göras av upphandlade konsulter. Avtal skrivs separat för projektering och utförande.

Den mest förekommande formen av utförandeentreprenad är generalentreprenad där beställaren står för bygghandlingar men köper samordningsansvaret. Entreprenören som har samordningsansvaret brukar ofta vara den största av de upphandlade entreprenörerna och kallas generalentreprenör, se figur 3-2.



Figur 3-2: Generalentreprenad.

## 3.2 Aktörer

*Detta kapitel redovisar inom arbetets ramar de problem konsulter och entreprenörer stöter på vid anläggningsprojekt.*

### 3.2.1 Konsult

De problem som till en början uppstår för konsulten är själva oklarheten kring huruvida en anläggningsmodell ska skapas. Enligt Trafikverket (2012a) ska en anläggningsmodell vara så uppbyggd att den kan användas till bl.a. maskinstyrning/guidning. Kraven som ställs på utformningen gäller följande:

- Allmänna krav
- Redovisning av avvikelser och saknad information
- Krav på noggrannhet
- Kodning av anläggningsmodellen
- Redogörelse för anläggningsmodellen
- Leveransformat för anläggningsmodellen
- Underlag
- Kvalitetssäkring av anläggningsmodell

De olika innehållen i projekteringen ska enligt Trafikverket (2012a) redovisas i enlighet med tabell 3-1 och levereras i format enligt tabell 3-2.

Tabell 3-1: Redovisning av projekterat innehåll. (Trafikverket, 2012a)

<b>Projekterat innehåll</b>	<b>Klassificering (typ av redovisning)</b>	<b>2D/3D</b>
Ingående delar i vägkroppen med tillhörande överbyggnadslager, terrass, underbyggnad och undergrund.	Ytmodell, linjeobjekt (brytlinjer)	3D
Terrasseringsarbeten	Ytmodell, linjeobjekt (brytlinjer)	3D
Landskapsmodellering	Ytmodell, linjeobjekt (brytlinjer)	3D
Projekterad överyta samt underliggande lagerytor	Ytmodell, linjeobjekt (brytlinjer)	3D
KC-pelare, pålar och lättfyllning	Punktobjekt, ytobjekt/volymobjekt	3D
Vatten och avloppsledningar	Linjeobjekt, punktobjekt, ytobjekt/volymobjekt	3D
El- och teleledningar och - kablar	Linjeobjekt, ytobjekt/volymobjekt	3D
Övriga kablar och ledningar	Linjeobjekt, ytobjekt/volymobjekt	3D
Linjekonstruktion	Linjeobjekt (beräknad geometri)	2D (3D)
Byggnadsverk såsom huskonstruktioner, broar, stödmurar och övriga betongkonstruktioner	Linjeobjekt, punktobjekt, ytmodell/volymobjekt	3D
Anläggningskompletteringar t.ex. kantstöd, räcken, stolpar, skyltar, vägmärken, målning och belysning	Linjeobjekt, punktobjekt, ytmodell/volymobjekt	3D
Övriga installationer	Linjeobjekt, punktobjekt, ytmodell/volymobjekt	3D
Berganläggningar	Linjeobjekt, punktobjekt, ytmodell/volymobjekt	3D
Befintliga byggdelar som påverkar planerad utformning av anläggning (underlag för 3D-projektering)	Linjeobjekt, punktobjekt, ytmodell/volymobjekt	2D (3D)

Tabell 3-2: *Leveransformat av anläggningsmodell. (Trafikverket, 2012a)*

<b>Klassificering</b>	<b>Leveransformat</b>
Linjeobjekt/Brytlinje	Projekteringsverktygets format samt dwg.
Ytmodell	LandXML version 1.0, projekteringsverktygets format samt dwg.
Ytobjekt/Volymobjekt	Projekteringsverktygets format samt dwg.
Väggeometri	LandXML version 1.0 och projekteringsverktygets format
Markmodell/Bergmodell	LandXML version 1.0, projekteringsverktygets format samt dwg.

Krav från beställare kan ibland innebära dubbelt arbete för konsulten. Då det ibland ställs krav på både utförliga ritningar och modeller påträffas således samma information på fler än ett ställe<sup>1</sup>. Ett exempel är höjdsättningar. Ritningar över höjdsättningar innehåller information som även återfinns i modellen som är utformad efter xyz-koordinationer, dvs. i 3D. Frågan är då ifall det är en nödvändighet att bifoga dessa i ritningar eller om det endast är en bevarad tradition. Det största problemet för projektörer är oklarheten om vad som ska ingå i anläggningsmodellerna. Trots att projektörerna följer de beskrivande hänvisningarna som tillkommer av beställaren är de färdiga anläggningsmodellerna oftast inte fullt anpassade till maskinstyrningssystemen.

### 3.2.2 Entreprenör

För entreprenörernas del uppstår problemen vid mottagandet av modellerna. Trots att projektörerna följer de beskrivna hänvisningar som tillkommer av beställaren är modellerna oftast inte fullständigt anpassade för att användas som maskinstyrningsmodeller. Det krävs alltså att de data som konsulten levererar bearbetas och konverteras till en modell anpassad för maskinstyrning/guidning (SBUF, 2012). Det förekommer även att modeller inte levereras. Det medför att entreprenörens mätningstekniker måste bygga upp modeller utifrån de levererade ritningarna eller ut på arbetsplatsen för att göra egna inmätningar. Att entreprenören tvingas inhämta information som redan är inhämtad av konsulten innebär extra arbete vilket resulterar i senare byggstart och en merkostnad för beställaren. Beställaren får helt enkelt betala två gånger för samma arbete samtidigt som det tar längre tid.

<sup>1</sup> Åstrand, Per-Erik; projektör på Sweco Infrastructure AB. Malmö, Dialog 13 februari 2013.

### 3.3 Entreprenadmaskiner

Entreprenadmaskiner även kallade anläggningsmaskiner, är motordrivna maskiner som används som hjälpmedel vid entreprenader.

Entreprenadmaskiner avser samtliga motordrivna maskiner som används vid markarbeten, vägunderhåll, byggning och rivning. Vid användning av maskinstyrning/guidning vid vägarbeten åsyftas främst grävmaskiner, bandschaktare och väghyvlar.

#### 3.3.1 Grävmaskin

Grävmaskiner används under större delen av byggprocessen och utför uppgifter som urgrävning och schaktning. De olika referensmodellerna i GeoROG som används till grävmaskiner är:

- Väglinjer
- Terrängmodeller
- Vägbeskrivning
- Punkter
- Baslinje
- Höjder

#### 3.3.2 Bandschaktare

Bandschaktare är även de lämpade för schaktarbeten. De används till att skyffla större schakt- och jordmassor. Referensmodellerna i GeoROG som används till bandschaktare är:

- Väglinjer
- Terrängmodeller
- Vägbeskrivningar

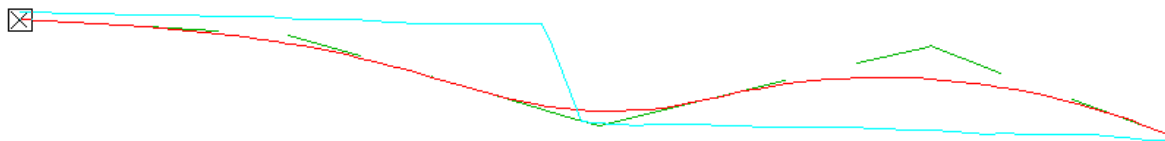
#### 3.3.3 Väghyvel

Vid vägbyggen krävs att de olika ytorna är jämna. Det åtgärdas av väghyveln som hyvlar av och jämnar ytor innan asfalt läggs på. Referensmodellerna i GeoROG som används är:

- Väglinjer
- Terrängmodeller
- Vägbeskrivningar

### 3.4 Maskinstyrning/guidning

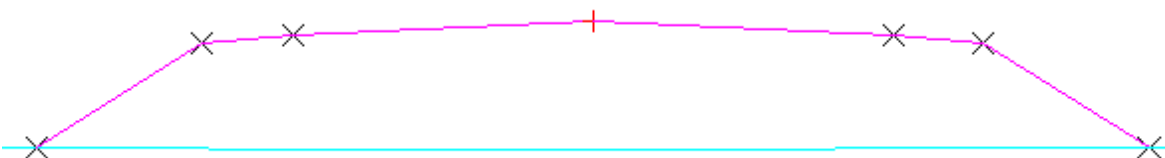
Maskinstyrning/guidning i detta sammanhang avser entreprenadmaskiner som styrs och guidas av mätinstrument. Exempel på entreprenadmaskiner är grävmaskiner, bandschaktare och väghyvel. Maskinstyrning/guidning visar i förhållande till den teoretiska modellen, skapad av projektörer, var maskinen och dess skopa/hyvel befinner sig. 3D-maskinstyrningssystem skiljer sig från 1D- och 2D-system genom att de utnyttjar satellitpositionering som gör positionering i plan och höjd möjlig. Fördelen med det är att entreprenadmaskinerna kan röra sig fritt inom arbetsområdet och samtidigt guidas kontinuerligt i realtid.



Figur 3-3: Vertikal linjeföring som redovisar behov av längsgående schaktning och fyllning. (Källa: SITECH)

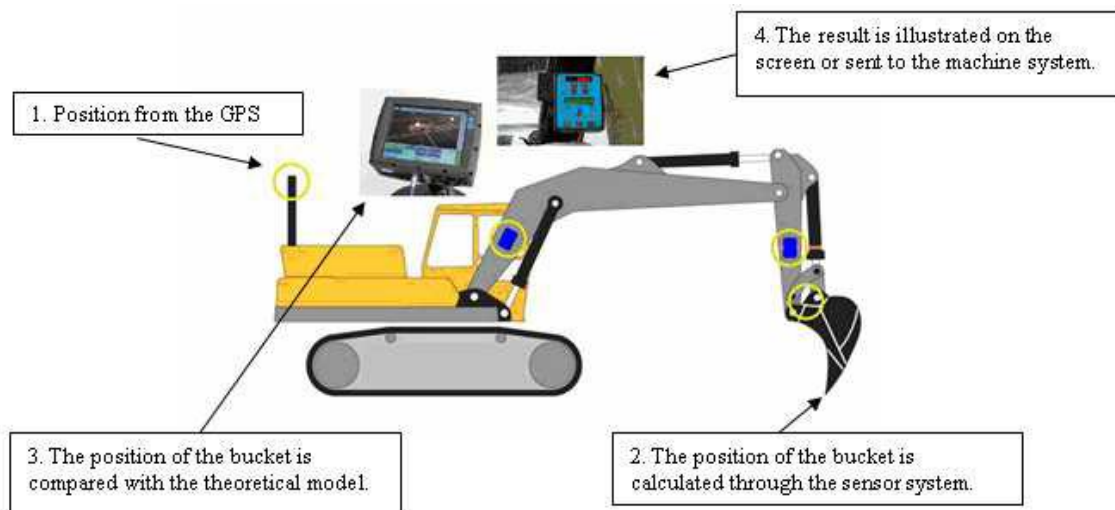


Figur 3-4: Tvärsektion som redovisar behov av schaktning. (Källa: SITECH)



Figur 3-5: Tvärsektion som redovisar behov av fyllning. (Källa: SITECH)

Vid maskinstyrning sköts höjder och lutningar av ett inbyggt signalsystem med hjälp av automatiskt styrd hydraulik (Svensk Byggnadsgeodesi (SBG), 2013). Dessa regleras manuellt vid maskinguidning av maskinisten som via styrsystemet och kontrollboxen informeras om differensen mellan den teoretiska och verkliga nivån, se figur 3-6. Maskinstyrningssystemet består av positionering, styrsystem och maskinstyrningsenhet vilka vidare beskrivs i kap. 3.4.1, 3.4.2 och 3.4.3.



Figur 3-6: Grävmaskin med maskinstyrningssystem med mjukvaran UMC 3D från SBG. (Källa: SBG)

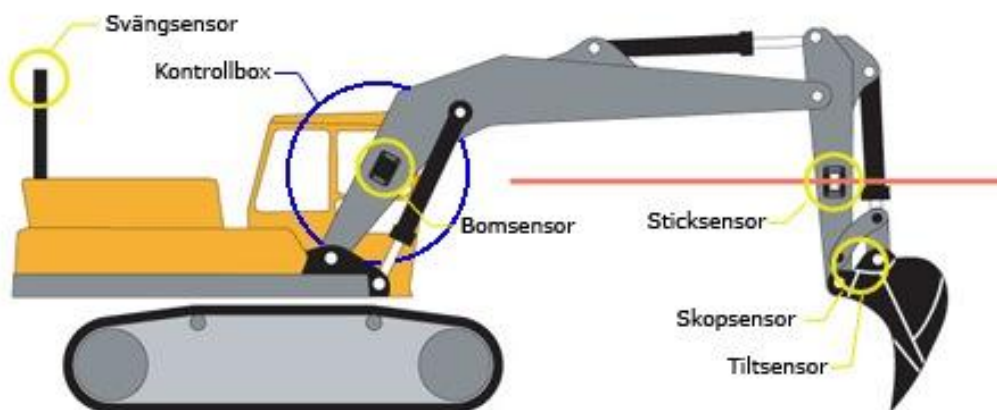
### 3.4.1 Positionering

Positioneringen av själva maskinen sker genom att entreprenadmaskiner utrustas med GNSS-mottagare. GNSS är ett samlingsnamn för satellitbaserade navigeringssystem. Två av dessa är GPS och GLONASS. Denna metod är den vanligaste men även andra alternativ så som totalstation kan förekomma. Vid totalstation används en motordriven enhet som mot prisma mäter vinklar och längder till maskinen förhållande till sina egna kända koordinater. Denna metod kan vara användbar då sikten till satelliter är begränsad, vid exempelvis tunnelarbete. Totalstation används även då högre noggrannhet krävs.

Jämförelsevis är noggrannheten i höjd och plan för bandschaktare enligt SBG (2013)  $\pm 20$  mm för GNSS och  $\pm 3-5$  mm för totalstation. Vid positionering med GNSS kan entreprenadmaskinerna utrustas med antingen en eller två GNSS-mottagare. Nackdelen med en GNSS-mottagare är att var gång maskinen förflyttas krävs att det görs en rotation av maskinen för att bestämma dess riktning. Med dubbla GNSS-mottagare undviker man detta problem (SBG, 2013). Vid användning av RTK-teknik, en noggrann form av positionsmätning, krävs en basstation utrustad med GNSS-mottagare för att uppnå optimal noggrannhet med några centimeter. Basstationen upprättas vanligen på hög höjd centralt placerad på arbetsplatsen för att kunna skicka korrekationer till samtliga GNSS-styrda maskiner inom arbetsområdet (Novatron, 2013 b). Basstationens position är känd och därför kan felmarginalen mätas och omvandlas till korrektion för att sedan skickas till maskinernas GNSS-mottagare. Vanligtvis används radiomodem för kommunikation vid basstationer. Exempel på fabrikat av positionsgivare är Leica, Spectra Precision och Trimble.

### 3.4.2 Sensor/styrssystem

Förutom positioneringen av maskinen krävs det även att skopans position bestäms. Detta görs med hjälp av styrsystemet som består av flera lutningssensorer och en kontrollbox, se figur 3-7. Vid installation av maskinstyrningssystem på grävmaskin krävs det att maskinens olika delar så som bom, sticka och skopa mäts in för att kunna lokalisera skopans position förhållande till GNSS-mottagaren (SBG, 2013).



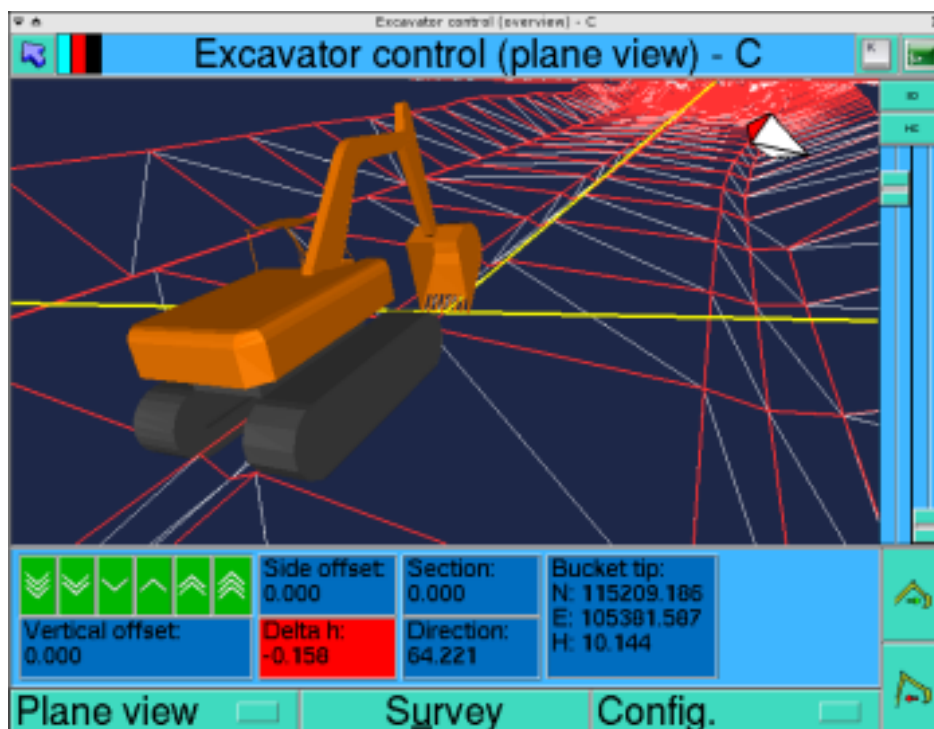
Figur 3-7: Grävmaskin med maskinstyrningssystem från Scanlaser med angivna lutningssensorer. (Källa: rudinsschakt)

Samtliga entreprenadmaskiners styrsystem består av en kontrollbox men till skillnad från grävmaskinens styrsystem består bandschaktarens styrsystem endast av en lutningssensor. Väghyvelns styrsystem skiljer sig också. Där ingår rotationssensor, lutningssensor och längdfallssensor.

### 3.4.3 Styrdatorenhet

Till maskinstyrningssystemet krävs också en enhet som tar emot den information som skickas från GNSS-mottagaren och basstationen. Informationen skickas sedan vidare till kontrollboxen som återger lägesdifferenserna mellan skopans position och den teoretiska modellen. Detta visas visuellt på en display tillgänglig för maskinisten, se figur 3-8. Med det tredimensionella maskinstyrningssystemet GeoROG behandlas information om bl.a. sektion, sidomått och tvärfall från GNSS-mottagaren eller totalstationen i styrdatoren GeoROG V8. Informationen om maskinens läge och differensen mot den teoretiska modellen som lagras i styrdatoren sänds sedan över till kontrollboxen. Vissa leverantörer erbjuder kombinerade enheter där både kontrollbox och 3D-styrdatoren ingår i samma enhet.





Figur 3-8: Planvy för grävmaskin i styrdatorn GeoROG. (Källa: SBG)

### 3.5 Maskinstyrningssystem

*I detta kapitel nämns några av de maskinstyrningssystem som är mest förekommande i anläggningsbranschen.*

#### Trimble

GSC 900 Grade Control System är ett komplett maskinstyrningssystem från Trimble som levereras av SITECH, enda svenska leverantör av Trimbles maskinstyrningssystem. Systemet används till grävmaskiner, bandschaktare och väghyvlar. Komponenterna i systemet består av en eller dubbla GNSS-antennerna, styrdatorn CB460 och ett radio/VRS-modem. Enligt SITECH (2013) är systemet lämpat för bl.a. väg-, motorvägs- och järnvägsarbeten samt stora markprojekt. Trimbles maskinstyrningssystem används ofta ihop med deras egen programvara Trimble Business Center (TBC) – Heavy Construction Edition (HCE). Programvaran är framtagen för konstruktion, beredning och hantering av 3D-data och kan bl.a. användas till att generera och exportera GIS-funktioner och CAD-element från kodad fälldata.

#### Scanlaser

Scanlaser ingår i Hexagon som är en ledande global leverantör av 3D-lösningar. Scanlaser erbjuder anpassade lösningar och helhetslösningar för maskinstyrningssystem till större delen av entreprenadbranschen och är i dagsläget största leverantör i Sverige. Förutom deras egna 3D-maskinstyrningssystem iX3D (grävmaskiner) och iG3D (bandschaktare och

väghyvlar) erbjuder de även skalbara 3D-lösningar med styrdatorn GeoROG V8 och programvaran UMC 3D som tillhandahålls av SBG (Scanlaser, 2013).

### **Mikrofyn**

Även Mikrofyn ingår i Hexagon och likt Scanlaser utvecklar, tillverkar och tillhandahåller de avvagnings- och inriktningsutrustning till bl.a. anläggningsindustrin. De utvecklar bygglasrar och maskinstyrningssystem för grävmaskiner, väghyvlar, bandschaktare och asfaltläggare (Hexagon, 2013). 90 % av maskinstyrningssystemen på svenska marknaden består av Mikrofyn och Scanlaser<sup>2</sup>.

### **Novatron**

Novatron producerar och levererar maskinstyrningssystem och är marknadsledande i Finland. Uppbyggnaden av maskinstyrningssystemet från Novatron består precis som Scanlasers system av entreprenadmaskinens sensorer, en display- och datorenhet och positioneringsutrustning. Deras system designat speciellt för GNSS-användning heter VISION 3D. Systemet kan läsa in terrängmodeller i DXF- och XML-format samt punktdata i GT- och CSV-format. De två sistnämnda formaten är text- och nummerformat som används för editering i kalkylprogram (Novatron, 2013 a).

## **3.6 Datahantering**

Vid framtagning av anläggningsmodeller i anläggningsprojekt arbetar de flesta projektörer i programmen AutoCAD Civil 3D och Novapoint<sup>3</sup>. Anläggningsmodellerna som görs är baserade på terrängmodeller som skapats efter inmätningar. Programmen genererar olika filformat, bl.a. \*.DWG och det öppna filformatet LandXML. Vid entreprenadformen utförandeentreprenad lämnas de av projektören projekterade modellerna och ritningarna till beställaren för att användas som bygghandling vid upphandling av entreprenörer. Trots att entreprenörerna tillgodoses med modeller går de ofta inte efter dessa. Istället skapar deras mätningstekniker egna maskinstyrningsmodeller som de bygger efter<sup>4</sup>. Vid totalentreprenad ansvarar entreprenören för en viss funktion och då står entreprenören för projekteringen som oftast utförs av projektörer på uppdrag av entreprenören. Efter leveransen är det entreprenörens mätningstekniker som hanterar modellerna. Dessa läggs in i deras geodesiprogram, exempelvis Geo, för att skapa t.ex. terrängmodeller (\*.trm) och linjemodeller (\*.lmd). Filerna som genereras i geodesiprogrammet Geo är färdiga för att användas i styrdatornheten, t.ex. GeoROG<sup>5</sup>.

---

<sup>2</sup> Andersson, Mattias; mätspecialist på SKANSKA. Malmö, Intervju 17 april 2013

<sup>3</sup> Åstrand, Per-Erik; projektör på SWECO Infrastructure AB. Malmö, Dialog 13 februari 2013.

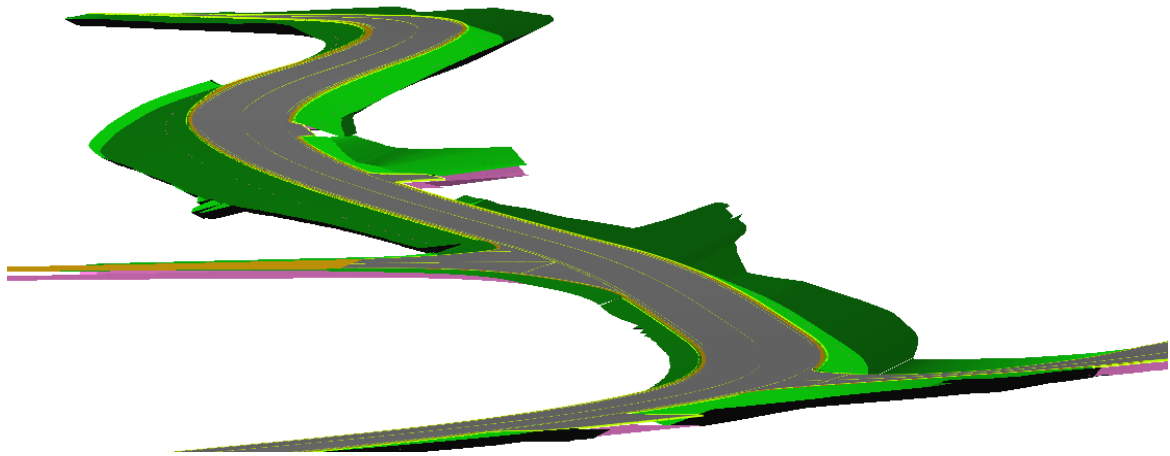
<sup>4</sup> Neidenström, Anna; teknisk specialist virtuellt byggande på NCC. Malmö, Intervju 16 april 2013.

<sup>5</sup> Nordstedt, Martin; mätningstekniker på SWECO Infrastructure AB. Malmö, Dialog 18 februari 2013.

### 3.7 Modeller

Vid skapandet av modeller bör hänsyn tas till det specifika projektet för att på bästa sätt kunna anpassa de för optimal användning. Anläggningsmodeller beskriver helheten av en projekterad konstruktion eller anläggning. Dessa modeller består av flera olika lager som representerar olika underlag, t.ex. anläggningens överyta, linjer och underliggande lagerytor. För att uppfylla kraven för anläggningsmodeller ska de enligt Trafikverket (2012 a) vara så uppbyggda att de kan användas för samgranskning/kollisionskontroll, ritningsframställning, informationshantering, tidsplanering, utsättning, maskinguidning/styrning, mängdförteckning/reglering, relationsmodell/handling, visualiseringsunderlag, kontroll och uppföljning. Anläggningsmodellerna kan bestå av följande:

- Ytobjekt: projekterade överytor, terrass, schaktbotten, bärlager mm.
- Punktobjekt: brunnar, armaturer, signalstolpar, skyltar mm.
- Linjeobjekt: väggeometrier, ledningar, kablar osv.
- Slutna linjeobjekt: underindelningar av ytan, t.ex. markanvändning.
- Volymobjekt: byggda delar.

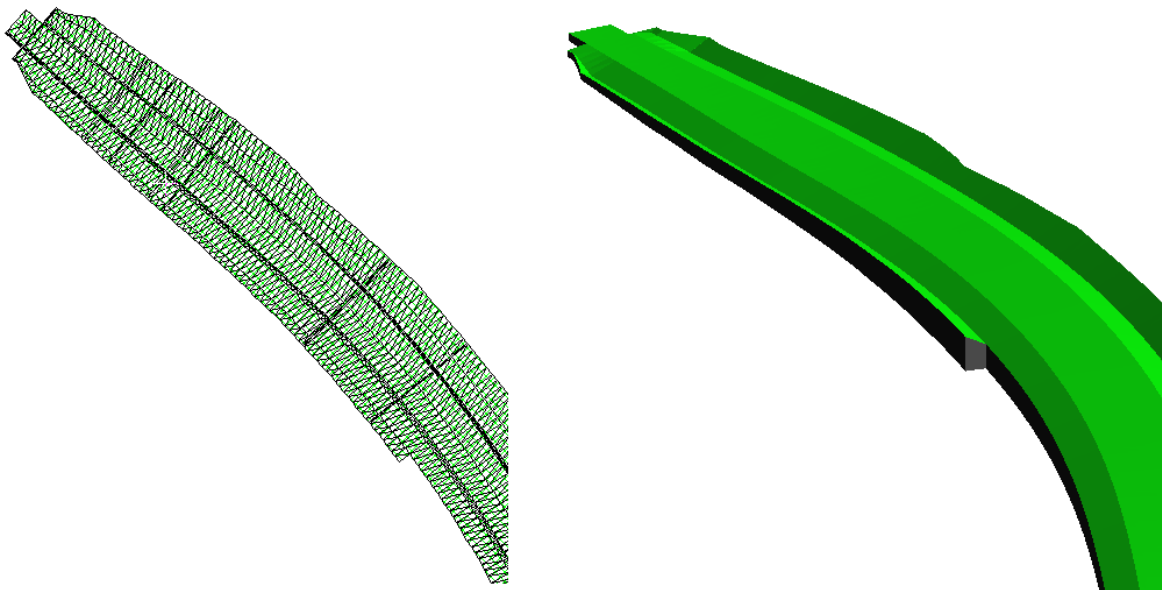


Figur 3-9: 3D-vy av anläggningsmodell med samtliga produktionslager.

#### 3.7.1 Ytmodeller

En projekterad ytmodell kallas terrängmodell eller markmodell och återger ytor digitalt. Terrängmodeller beskriver antingen det underlag som använts vid projektering eller en teoretisk yta av t.ex. schaktbotten eller vägens färdiga överyta. Modellen består av ett oregelbundet nätverk av trianglar mellan punkter där varje triangel i modellen betraktas som en plan yta, se figur 3-10. Dessa punkter kan antingen vara teoretiska punkter från ritningar eller punkter som mätts in från den befintliga terrängen. Det är endast i punkterna som geometrin är korrekt. I ojämna terränger bör punkterna därför vara tätare för att få större noggrannhet. Punkterna bör även placeras i topografins

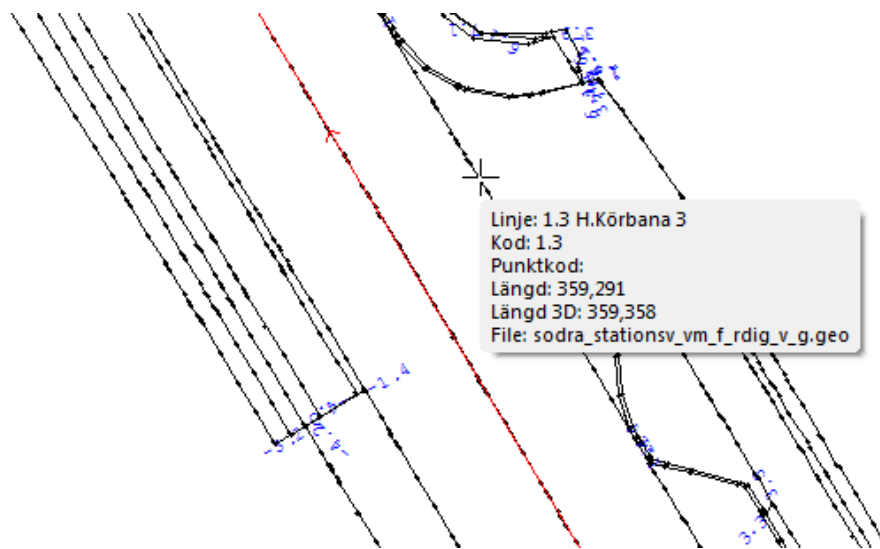
extremvärde som t.ex. dikesbottnar. Modellen kan även vara en rutnätsmodell där varje yta representeras av en ruta istället för en triangel. Terrängmodeller används till att beräkna areor och volymer och till att skapa differensmodeller. Dessa beskriver skillnaden mellan två ytor. Terrängmodeller visar även väggeometrins brytlinjer. Dessa redovisar skarpa kanter i topografin, t.ex. vägkanter och dikesbottnar. Terrängmodell kan även syfta på filformatet \*.trm från SBG Geo.



Figur 3-10: 2D och 3D-vy av terrängmodell (\*.trm) som genererats i Geo 2012 efter att ytor extraherats från AutoCAD-ritning.

### 3.7.2 Linjemodeller

Linjemodeller används vanligtvis för vägar och andra längsgående objekt och är avsedda att först och främst används i fält till maskinstyrning. Dessa benämns vanligen som trådmodeller. De redovisar vägens olika längsgående linjer så som centrumlinje och vägkant men även brytlinjer där material och lagertyp skiftar. Linjemodellernas filformat i Geo är \*.lmd. Filen är uppbyggd av linjedata (\*.lin), profildata (\*.prf) och en koordinatfil (\*.geo). För att hitta rätt linje i linjemodellen krävs det att varje linje i koordinatfilen har en unik linjekod, se figur 3-11. Modellerna är oftast trådmodeller som innehåller information om linjernas xyz-koordinater i brytlinjerna som redovisar alla kantlinjer. Trådmodeller innehåller linjer eller polylinjer och kan syfta både på triangelmodeller och på linjemodeller. De skapas då varje brytpunkt binds samman av en linje med nästkommande brytpunkt.



Figur 3-11: Planvy av linjemodell (\*.lmd.) i Geo 2012.

### 3.8 Programvaror

Den idag otroligt stora digitala marknaden erbjuder åtskilliga programvaror vilket medför goda förutsättningar för anpassning. Nackdelen är att den stora valmöjligheten leder till en stor spridning av programvaror. Beroende på bl.a. erfarenheter och arbetssätt väljer olika aktörer att använda särskilda programvaror inom organisationen. För att kunna skapa 3D-modeller krävs program som kan hantera 3D-modellering. Vidare beskrivs några av de programvaror som är mest förekommande i anläggningsbranschens olika områden.

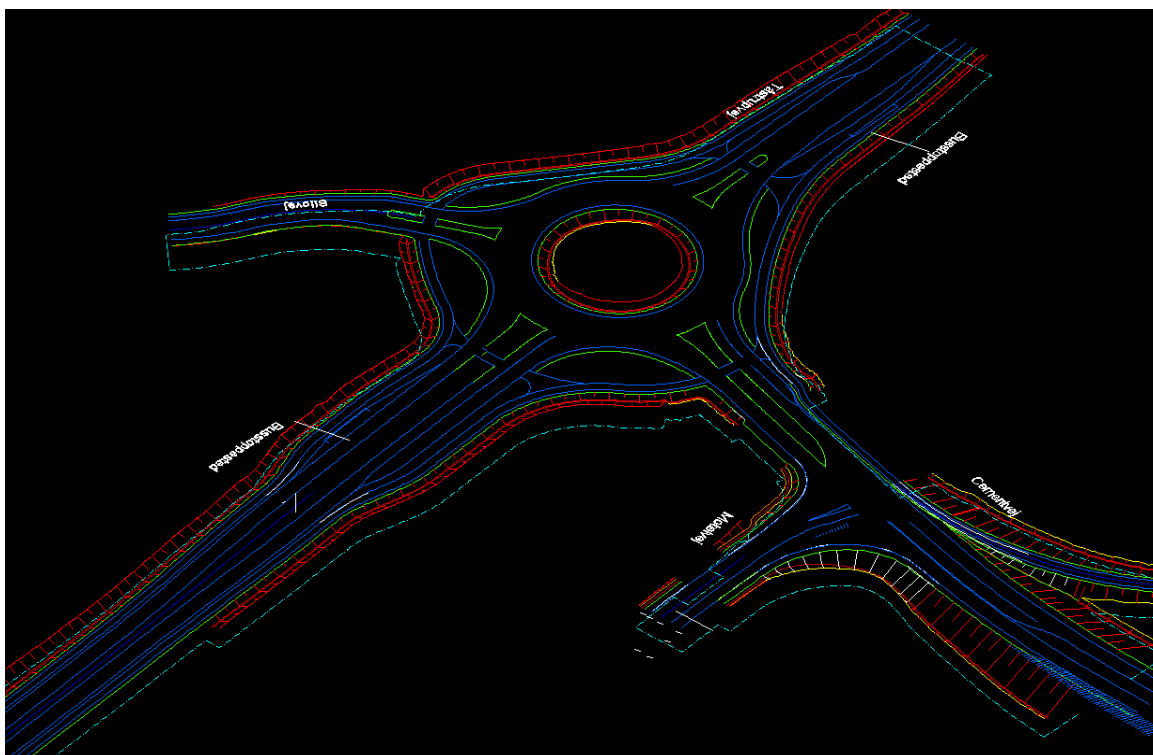
#### 3.8.1 Projekteringsverktyg

Vilket projekteringsverktyg som används kan bero på flera faktorer. De kan variera från företag till företag men även från projektör till projektör. AutoCAD Civil 3D och Novapoint är två av de mest använda projekteringsverktygen i anläggningsbranschen och beskrivs vidare.

#### AutoCAD Civil 3D

Civil 3D är ett projekteringsverktyg framtaget av Autodesk lämpat för konstruktion och dokumentation av mark-, väg- och VA-projekt. Lösningen är speciellt framtagen för att användas av projektörer, konstruktörer och tekniker verksamma i anläggningsbranschen. Med AutoCAD Civil 3D används konstruktionsverktyg för att utforma exempelvis korsningar, rondeller och vägkorridorer och även för att skapa terrängmodeller. I programmet kan kartdata inhämtas för att användas som underlag och på så sätt kunna utvärdera befintliga förhållanden. Gynnsamt för branschens aktörer är även möjligheten att beräkna jordmassor och mängduttag. Filformatet som programmet genererar är \*.DWG men möjligheten att exportera till

standardformatet LandXML finns. Väl klar med projekteringen kan AutoCAD Civil 3D redovisa den färdiga produkten med interaktiva simuleringar och visualiseringar i 3D (Autodesk, 2013).



Figur 3-12: 3D-projekterad cirkulationsplats i AutoCAD Civil 3D.

### Novapoint Väg Prof

Väg Prof är ett kompletterande projekteringsverktyg till Novapoint Bas framtaget av Vianova Systems. Verktöget utnyttjar AutoCAD-plattformen vilket gynnar projektörer då det är möjligt att importera .DWG-, .DXF- och LandXML-filer till Novapoint (Johansson, 2011, s. 7). Vid projektering i Novapoint utformas vägen utifrån väglinjen. Väglinjen kan även beskrivas som vägens mitt (centrumlinje). Utifrån denna utformas alltså vägens olika lutningar, lager och beståndsdelar. Den skapade vägmodellen även kallad VIPS-data kan användas till visualisering, massberäkningar, vägmodell, ritningshantering och utsättningsdata för maskinstyrning är några av de funktioner verktöget används till (Vianova Systems, 2013 a). Vid projektering används terrängmodeller för att anpassa anläggningen till det befintliga landskapet.

### 3.8.2 Entreprenörens programvaror

Programvaror som används av entreprenörer och deras mätningstekniker är dels till för att underlätta dataflödet, användas till inmätning och utsättning samt att användas i byggskedet. Nedan följer några exempel på verktyg som används av entreprenörer och deras mätningstekniker.

### **Novapoint Anläggning**

Till skillnad från Novapoint Väg Prof är anläggningsmodulen framtagen för användning av entreprenörer. Syftet är att underlätta dataflödet mellan projektör, beställare och entreprenör genom att använda samma plattform, CAD-plattformen. Verktöget är kompatibelt med Novapoint Väg Prof och används bland annat till att importera data till terrängmodeller, hantering av terrängmodeller samt hantering och beräkning av vägens anläggningsmodell. Likt Novapoint Väg Prof kan det även exportera utsättningsdata för maskinstyrningssystem (Vianova Systems, 2013 b).

### **Novapoint Site Tool**

Site Tool ett verktyg anpassat för att användas i byggskedet av mättekniker. Det kan användas för exempelvis volymlräkningar och kontrollering av projekterad data innan export till maskinstyrningssystem. Det kan även utföras enklare ändringar och tillägg. Med Novapoint Site Tool kan utsättningsdata exporteras direkt till olika typer av maskinstyrningssystem, bland annat Leica Road Runner och Trimble. Det finns också möjlighet att exportera till filformatet LandXML som är kompatibelt med de flesta maskinstyrningssystemen, bl.a. Geo (Vianova Systems, 2013 c).

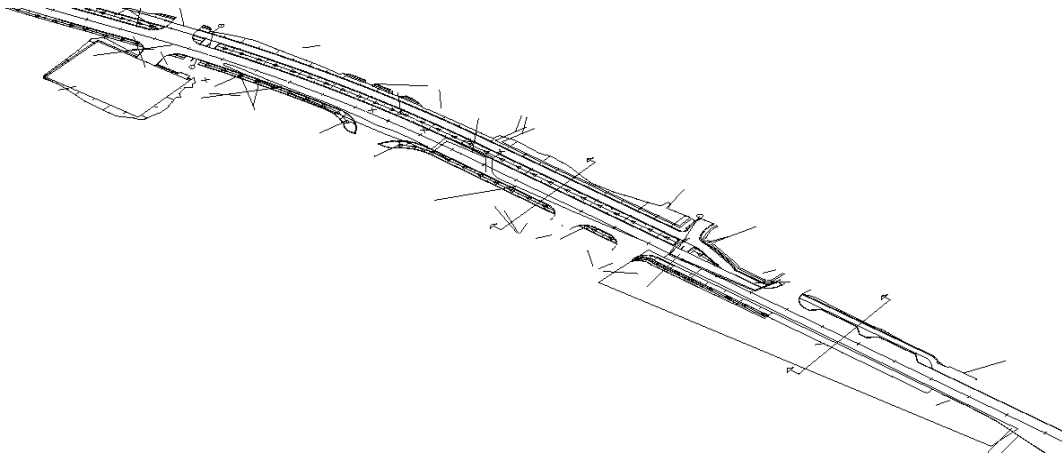
### **SBG Geo**

Detta geodesiprogram är framtaget av Svensk Byggnadsgeodesi (SBG) och är ämnat för mätningstekniker. Geo används till bl.a. inmätning, utsättning och grafisk redigering och är det mest använda programmet i Sverige vad gäller bearbetning av mätdata (Ohlson, 2009, s. 9). Konvertering från andra system är möjlig då Geo stöder import och export av bl.a. filformaten \*.DXF, \*.DWG, GEOSIS och AnPakke. Programmet är moduluppbyggt för att kunna anpassas till respektive arbetsområde. Följande grundmoduler finns i Geo:

- Kommunikation
- Inmätning och utsättning
- Koordinatsystem
- Databearbetning
- Importera och exportera data
- Grafisk redigering
- Ritningar
- 3D-grafik

Utöver dessa grundmoduler finns följande tilläggsmoduler som gör Geo till ett komplett geodesiprogram:

- Vägmodeller
- Terrängmodeller
- Tunnlar
- Volymberäkning
- Nätutjämning
- Versionskontroll



Figur 3-13: Grafisk 3D-vy av .geo-fil efter import av .DWG-fil.

### Topocad

Topocad är precis som SBG Geo ett moduluppbyggt program för mätningstekniska beräkningar. Det utnyttjar CAD-plattformen och är integrerat med dataimport, beräkningar, CAD, nätutjämning, projektering, detaljplaner, punktmoln och maskinstyrningsdata. Filformatet som genereras i Topocad är LandXML. Topocad har för tillfället inte något eget maskinstyrssystem och planerar heller inte att utveckla något. De har fältmoduler för inmätning och utsättning och fokuserar sig på att leverera data till olika leverantörer med maskinstyrssystem från Topcon, Trimble, GeoROG/Scanlaser, DigPilot och Novatron (Sandström, 2013).

### 3.8.3 Programvaror för maskinstyrningssystem

#### UMC 3D

Universal Machine Control 3D är en programvara som används i styrdatoren GeoROG. Styrdatorenhet beskrivs i kap. 3.4.3. Programvaran är utvecklad av SBG och är baserad på deras egen maskinstyrningsprogramvara GeoROG (Svensk Byggnadsgeodesi (SBG), 2011, s. 3-1). Till skillnad från GeoROG-programvaran som kan användas till bl.a. asfatsläggare och mätfordon kan UMC 3D användas endast till grävmaskiner, band/schaktmaskiner och hyvlar. De olika licensierade modulerna tillgängliga för UMC 3D är:



- 2D Hyvel/Bandare
- 3D Hyvel/Bandare Indikerande
- 3D Hyvel/Bandare Automatisk
- 3D Hyvel Sideshift
- 2D Grävmaskin
- 3D Grävmaskin

Till UMC 3D är det möjligt att importera filer av följande filformat:

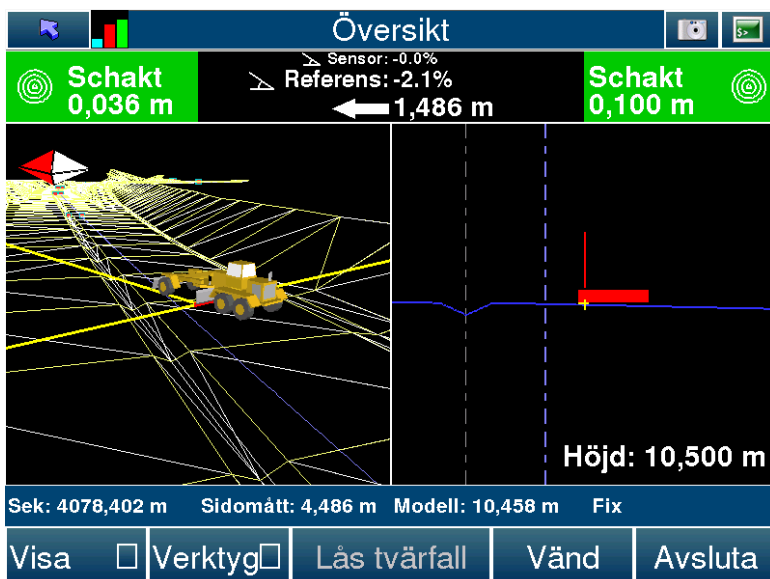
- LandXML, LandXML.org (terrängmodeller och koordinater)
- PLN, Carlson format (polylinjer i \*.geo skapas)
- CL, Carlson format (horisontella linjer i \*.lin skapas)

Utöver dessa filformat finns det även möjlighet att importera bl.a. filformaten \*.DWG/\*.DXF, EXCEL och ASCII. Dessa filformat måste däremot importeras till Geo för att konverteras till SBG-format (SBG, 2011, s. 5-8: 5-9). Tillvägagångssättet redogörs i 4.1.1. (Filformat). I UMC 3D kan olika typer av referensmodeller så som teoretiska ytor, linjer och punkter användas. En referensmodell är en terrängmodell som beskriver skillnaden mellan två modeller. Beroende på vilken modelltyp som används kan olika utdata väljas att utgå från i arbetsläget. Sektion, tvärlutning, sidomått och schakt- och fyllvärde är exempel på utdata (Åbacka, 2011, s. 23). UMC 3D arbetar med samtliga modeller skapade i Geo. Tillgängliga referensmodeller presenteras nedan (SBG, 2011, s. 5-7:5-8):

- Terrängmodell

Terrängmodellen som används i programvaran är av filformatet \*.trm och är uppbyggd av ett nätverk av trianglar. Trianglarna med dess brytpunkter gör det möjligt att beräkna lutningar och höjder över hela triangelns yta.

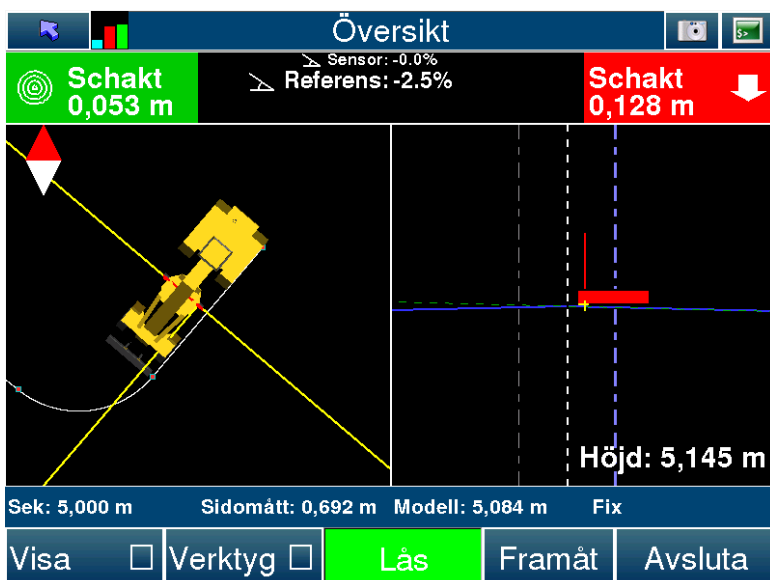
Terrängmodeller kan även innehålla brytlinjer som beskriver vägens geometri.



Figur 3-14: Arbetsläge för terrängmodellreferens med väghyvel. (Källa: SBG)

- Väglinjemodell

Modellen som beskriver vägens lutning samt horisontella och vertikala definition är väglinjemodellen. Denna återges i de tre filformaten \*.lin, \*.prf och \*.skv. Filformatet \*.lin beskriver den horisontella definitionen, \*.prf den vertikala definitionen och \*.skv tvärfallslutningen på respektive sida om centrumlinjen. För att arbeta med dessa krävs det att de har samma namn och finns lagrade i samma projekt.



Figur 3-15: Arbetsläge för väglinjemodellreferens med väghyvel. (Källa: SBG)

- Volymbeskrivningsmodell

I denna komplexa vägmodell är alla element av vägen definierade ortogonalt ut från centrumlinjen. Till skillnad från användning i Geo har modellen vissa

restriktioner i UMC 3D. Definitionsfilen är av filformatet \*.mbs och innehåller information om vilka övriga filer som är knutna till referensmodellen.

- Baslinjemodell

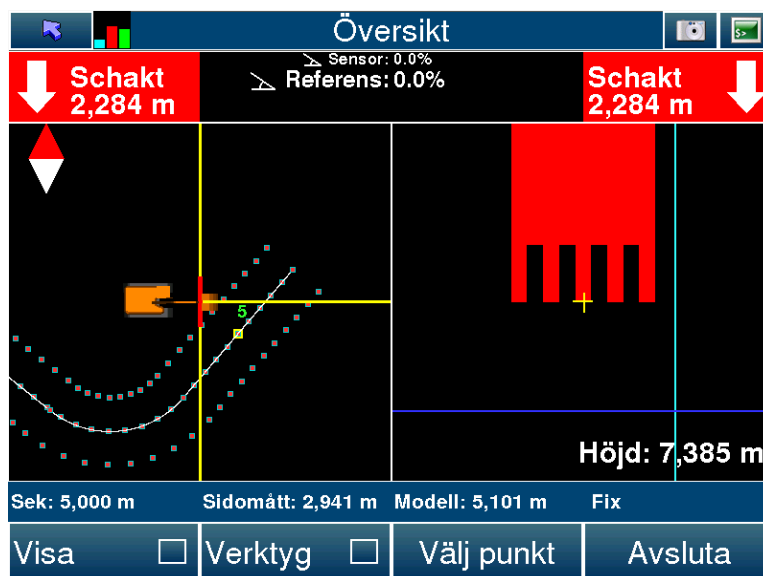
Mellan två punkter i en koordinatfil definieras baslinjen (\*.geo eller \*.pxy) som används för att få utdata ortogonalt från en lokal baslinje och beräknat utdata från förlängningen av baslinjen.

- Höjdreferensmodell

\*.hrf är filformatet som definierar höjdreferensmodellen. Den definieras som en horisontell yta med konstant höjd.

- Punktreferensmodell

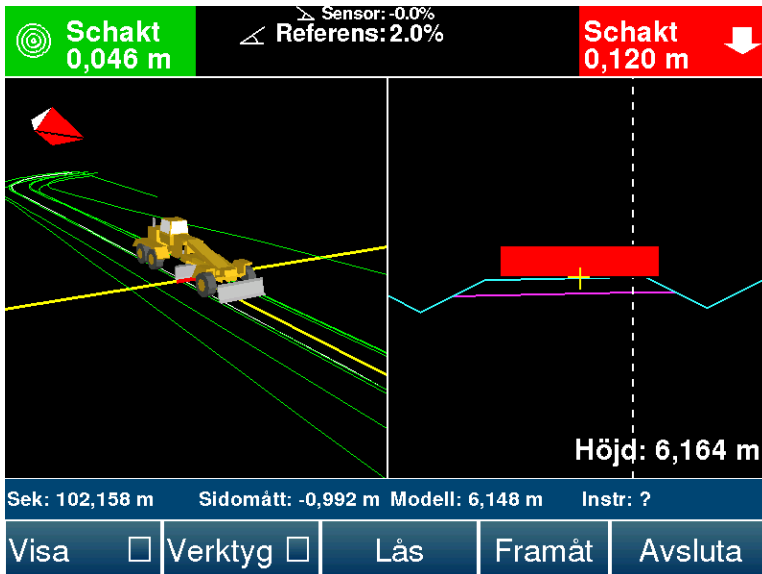
Denna typ av referensmodell är en vanlig koordinatfil i filformaten \*.geo eller \*.pxy. Här visas positionen på bladet/skopans referenspunkt i förhållande till en singelpunkt med kända koordinater, se figur 3-16.



Figur 3-16: Arbetsläge för punktreferensmodell med grävmaskin. (Källa: SBG)

- Linjemodell

En linjemodell (\*.lmd) innehåller linjedata (\*.lin), profildata (\*.prf) och en koordinatfil med polylinjer (\*.geo). Den sistnämnda innehåller brytlinjer som definierar vägkonstruktionen med dess kantlinjer. Den kan också innehålla information om överbyggnaden där man i programvaran kan välja ett av dess lager att referera mot, se figur 3-17.



Figur 3-17: Arbetsläge för linjemodellreferens med väghyvel. (Källa: SBG)

	Elementnum	X	Y	Sektion	Radie	Bäring	Parameter	Slutradie	Längd
1	1	60 443,134	4 086,958	0,000	0,000	235,4007	0,000	0,000	65,357
2	2	60 387,624	4 052,459	65,357	200,000	235,4006	0,000	200,000	135,290
3	3	60 304,529	3 948,964	200,647	-300,000	278,4646	0,000	-300,000	169,504
4	4	60 207,239	3 812,912	370,151	0,000	242,4947	0,000	0,000	220,050
5	5	60 034,419	3 676,695	590,201	0,000	242,4947	0,000	0,000	0,000
6									

Figur 3-18: Linjedata (\*.lin) innehållande linjens horisontala information. Elementen beskriver raklinjer, cirkelbågar eller klotoider. (Källa: SBG)

	Elementnum	Sektion	Höjd	Begynnelseut	Radie	Längd	Sidomått väns	Sidomått höge
1	1	0,000	49,710	-5,975	0,000	25,889	0,000	0,000
2	2	25,889	48,163	-5,975	600,000	31,690	0,000	0,000
3	3	57,579	47,109	-0,683	0,000	55,516	0,000	0,000
4	4	113,094	46,730	-0,683	-800,000	41,119	0,000	0,000
5	5	154,213	45,392	-5,833	1 000,000	61,491	0,000	0,000
6	6	215,705	43,700	0,326	0,000	205,496	0,000	0,000

Figur 3-19: Profildata (\*.prf) innehållande linjens vertikala information. Elementen beskriver raklinjer eller cirkelbågar. (Källa: SBG)

### 3.9 Styrande dokument

Utan att gå djupare in på de allmänna bestämmelser som gäller under projekt i branschen kan det nämnas att de två styrande dokument som används vid utförandeentreprenader är AB och ABK. AB beskriver de allmänna bestämmelser som gäller för byggnads-, anläggnings- och installationsentreprenader medan ABK beskriver de allmänna bestämmelser som gäller för konsultuppdrag inom arkitekt- och ingenjörsvksamhet. Dessa styrande dokument är framtagna av branchorganisationen Byggnadets Kontraktskommitté (BKK) som även förvaltar ändringar i de allmänna bestämmelserna.

## 4 RESULTAT

*Detta kapitel redovisar de resultat som grundats på erfarenhet under studiens gång. Även en sammanställning av intervjuerna redogörs.*

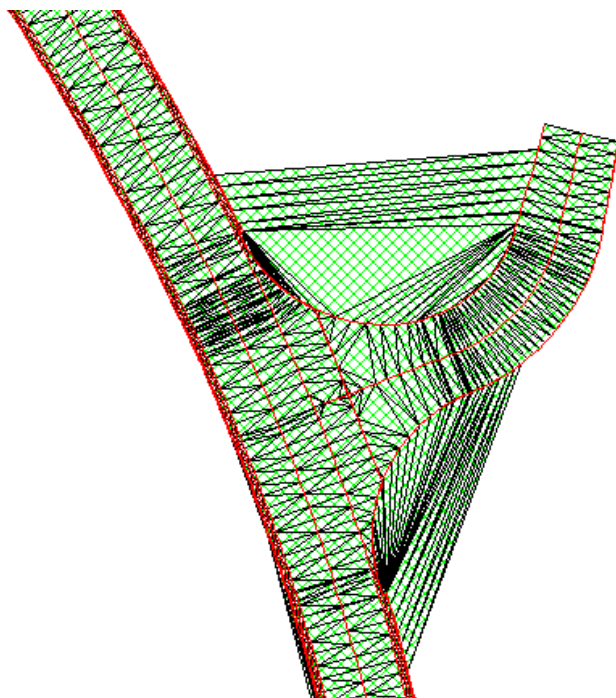
### 4.1 Datahantering

Gällande datahanteringen gjordes vissa tester av leveransmaterial. Under intervjustudien framkom det att leveransmaterialet nästan uteslutande levereras i formaten .XML och .DWG. Med tillgång till det mätningstekniska geodesiprogrammet Geo 2012 från SBG studerades .XML- och .DWG-filers funktionalitet i programmet. Olika utförande av modellerna gjordes för att undersöka hur dessa på bästa sätt bör levereras.

#### 4.1.1 Filformat

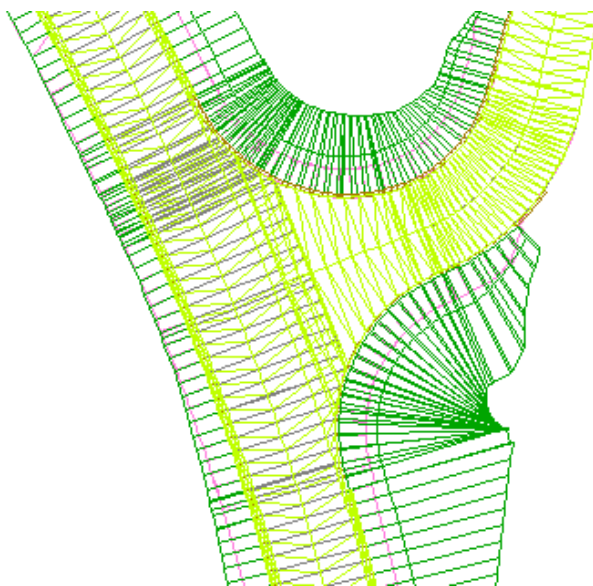
Tester av olika filformat visade att det är fullt möjligt att importera både .DWG- och .XML-filer till Geo. Det visade sig även att de filtyper som Geo genererar vid import varierade beroende på vilket filformat som importerades. Geo skapar lämpliga filformat med tanke på LandXML-filens innehåll. Ytmodeller konverteras till .trm-filer och trådmodeller till .lmd- eller .mbs-modeller. Vid import av .XML-filer skapades i detta fall .lmd- och .geo-filer men även de två filtyperna AutoCAD Linetype Definition och PICSRules. Till skillnad från .DWG-filer var det vid import av .XML-filer nödvändigt att manuellt skapa en terrängmodell utifrån den genererade koordinatfilen. Detta skedde automatiskt vid import av .DWG-filer då programmet genererade både .geo- och .trm-filer. Terrängmodellerna skiljde sig åt beroende på om de genererats efter import av .DWG-filer eller skapats manuellt från .geo-filen som genererats vid import av filformatet \*.XML med funktionen *Data > Skapa terrängmodell*. De terrängmodeller som efter import av .XML-filerna skapades från de genererade .geo-filerna med funktionen *Data > Skapa terrängmodell* innehöll missvisande information.

.XML-filerna består av linjer som går efter utsatta punkter längs t.ex. väglinje och väggkant. Dessa redovisar höjdsatta linjer och efter att de importerats till Geo utför programmet triangulering mellan de utsatta punkterna då terrängmodellen skapas manuellt. Detta medför att vissa ytor blir felaktigt triangulerade. När Geo på egen hand triangulerar ytor av importerade .XML-filer vid exempelvis en korsning skapas ytor mellan de utsatta punkterna vilket resulterar i fel avbildning av dikesutformning. När trianguleringen sker automatiskt är det endast längden på trianglarna som man som användare kan styra. Programmet triangulerar sedan mellan punkter som ligger inom den maxlängd som angetts, se figur 4-1. Storleken på den felaktigt triangulerade ytan kan alltså justeras genom att ange en viss tolerans och begränsa längderna på trianglarnas ytterkant. Trots detta krävs det att justeringar görs, efter att programmet triangulerat ytorna, för att redigera ytorna till korrekt utformning.

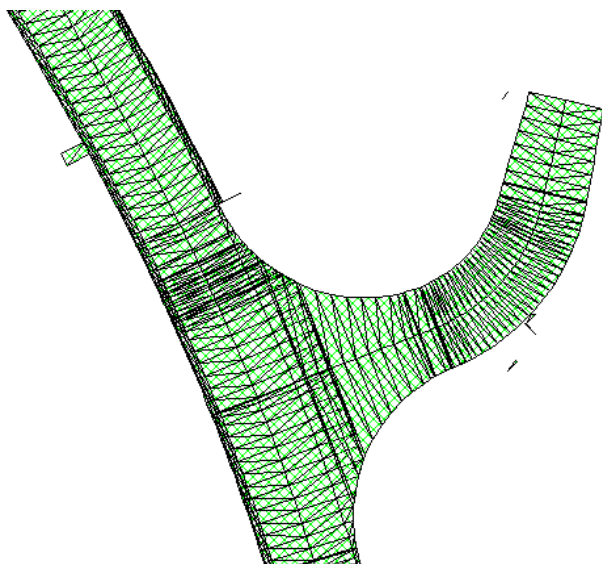


Figur 4-1: *Terrängmodell (\*.trm) i 2D-vy skapad från .geo-fil som genererats efter import av .XML-fil.*

I dem .DWG-filer som levereras är samtliga ytor redan korrekt utformade under projekteringen, se figur 4-2. Efter import av dessa verkade det dock som att viss information försvunnit, se figur 4-3. Det berodde på att där det förekommer korsande linjer bildas dubbelpunkter som gör att informationen inte kan tolkas av programmet.



Figur 4-2: Fullständig modell i filformatet \*.DWG öppnad i Geo 2012.



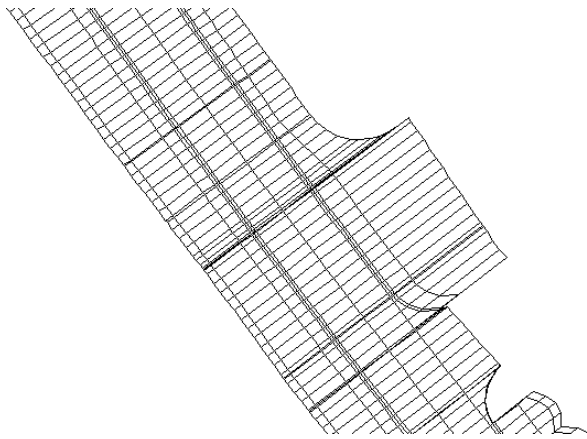
Figur 4-3: Terrängmodell (\*.trm) i 2D-vy som genererats efter import av .DWG-fil.

För hantering av linjer importerades XML-filer i Geo. Det som återgavs var bl.a. både.lin-filer som återger centrumlinjen och .lmd-filer innehållande linjedata (\*.lin), profildata (\*.prf) och en koordinatfil (\*.geo). Dessa format är Geo-format och kan användas direkt i de flesta maskinstyrningssystem.

#### 4.1.2 Utformning

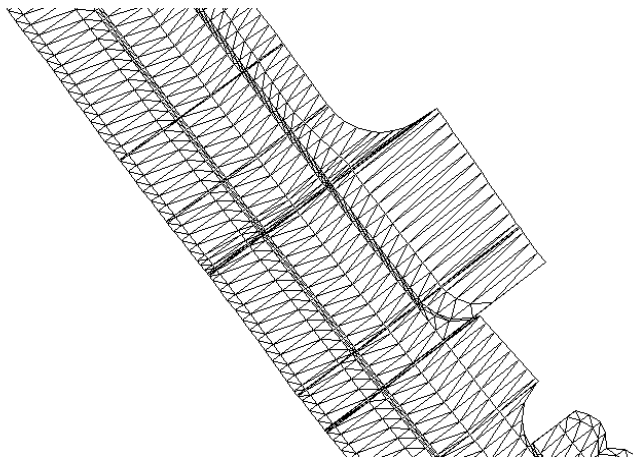
Efter kontakt med SBG:s kundsupport gavs rådet att inte använda importfunktionen vid hantering av .DWG-filer. De hävdade att viss information kan försvinna vid importfunktionen. Istället var det meningen att öppna .DWG-filerna direkt i programmet för att sedan använda funktionen *Data > Extrahera ytor från AutoCAD-ritningar* som genererar en .trm-fil. Tester med denna funktion gjordes med två olika ytmodeller. Båda modellerna

var i formatet .DWG och bestod av endast ett lager. DWG-filen som först testades var en ytmodell som bestod av rutnät, dvs. en rutnätsmodell (figur 4-4). Resultatet blev att nästan all information försvann. Det som återfanns i den genererade .trm-filen var endast små utspridda fragment i form av trianglar. Det verkade som om programmet inte kunde tolka ytor bestående av rutnät.



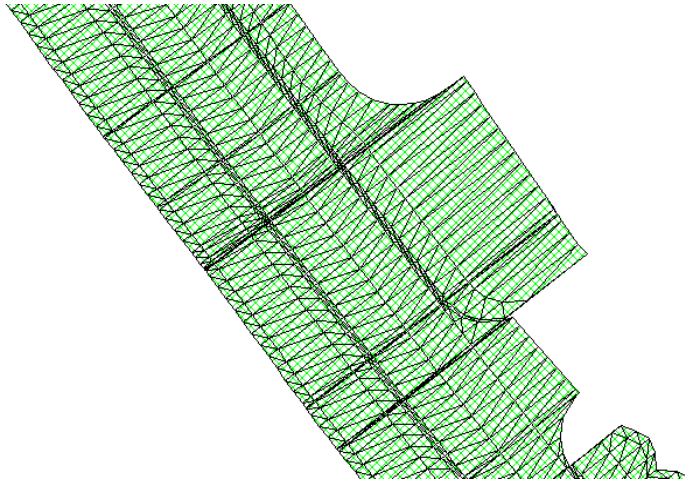
Figur 4-4: *Rutnätsmodell (\*.DWG) i 2D-vy öppnad i Geo 2012.*

Den andra .DWG-filen som testades att extrahera ytor från var en triangelmodell (figur 4-5). Programmet genererade även då en .trm-fil. Denna var en fullständig kopia av .DWG-filen där ingen information försvunnit, se figur 4-6.



Figur 4-5: *Triangelmodell (\*.DWG) öppnad direkt i Geo 2012.*





Figur 4-6: *Terrängmodell (\*.trm) som genererats efter att ytor extraherats från AutoCAD-ritning.*

#### 4.1.3 Dubbelpunkter

Då terrängmodeller skapades i Geo 2012 utifrån koordinatfiler (\*.geo) upptäcktes s.k. dubbelpunkter. Programmet angav dessa som potentiell felkälla. Dubbelpunkter uppstår när punkter förekommer mer än en gång i samma fil eller då punkter med samma x- och y-koordinat har olika höjdkoordinater. Programmet tar bort dessa eftersom terrängmodellen inte kan hantera nollavstånd eller vertikala ytor och föreslår att alltid korrigera koordinaterna genom att separera överkant och underkant av en yta med minst 0,001 mm. Det görs inte i Geo utan i projekteringsverktyget.

## 4.2 Intervjuer

*Nedan följer en sammanfattning av de mest väsentliga fakta som framkommit under intervjustudien. I bilaga 2-5 återfinns de fullständiga intervjuerna.*

Syftet med intervjuerna var att få mer information om de problem som uppfattas av personer verksamma med hantering av maskinstyrningsmodeller. Dem personer som deltagit i intervjuer är personer som har erfarenhet av hantering av maskinstyrning och maskinstyrningsmodeller. Dem deltagande är verksamma på större entreprenadföretag och har befattningar som är relaterade till maskinstyrning. Dem som deltagit är följande:

- Anna Neidenström, teknisk specialist inom virtuellt byggande, NCC
- Mattias Andersson, mätspecialist, SKANSKA
- Andreas Fransman, mätchef, NCC Construction
- Fredrik Larsson, mätchef, PEAB

Samtliga tillfrågade medger att det är väldigt sällan, om det ens har förekommit, att de får levererat anläggningsmodeller som de kan använda utan

någon som helst bearbetning. Mätteknikerna får istället skapa sina egna maskinstyrningsmodeller. Tydligt är att problemen med de levererade anläggningsmodellerna minskar ju noggrannare projekteringen är utförd. Ett problem som ofta verkar förekomma är att höjdsättningarna inte stämmer vid anslutningar, exempelvis korsningar och cirkulationsplatser. Enligt tillfrågad mätspecialist på SKANSKA kan höjden ibland skilja sig då två vägar möts.

Samtliga intervjudeltagare ser gärna att projektörerna får mer kunskap inom produktionskunskap. Då skulle projektörerna veta vad som bör läggas mer tid på och vad som kanske inte är lika viktigt. Exempelvis menar intervjuad mätspecialist på SKANSKA att han gärna vill ha väggkroppen med samtliga brytlinjer i 3D men tycker att det räcker med 2D för brunnar och liknande. Avseende maskinstyrning verkar det alltså som att alla objekt nödvändigtvis inte behöver vara i 3D. Däremot nämner tillfrågad mätchef på PEAB att han gärna vill ha allt material i 3D för att kunna göra kollisionkontroller.

På frågan om vilka data som används till de olika entreprenadmaskinerna framkommer det att linjerna är det som i första hand är mest väsentligt. Utifrån linjerna kan mätteknikerna nämligen skapa ytorna i form av terrängmodeller. Enligt tillfrågad mätspecialist på SKANSKA är det dessutom enkelt samtidigt som det går snabbt.

Majoriteten av de tillfrågade menar att de lager som är väsentliga avseende maskinstyrning är schaktbotten och färdig yta. Vanligen brukar de övriga lagren fås genom att använda offsetfunktioner där maskinstyrningssystemet refererar till antingen schaktbotten eller färdig yta och offsetar från dem.

## **5 DISKUSSION OCH SLUTSATS**

### **5.1 Anläggningsmodellens utveckling**

I AB 04 kap. 1 § 3 framgår det bl.a. att ritningar har högre tolkningsgrad än digitala modeller vilka går under övriga handlingar. För att effektivisera användandet av digitala modeller krävs möjligen ändringar i AB och ABK. Ändringar i AB och ABK förvaltas av BKK. För att kunna lyfta fram anläggningsmodeller krävs det att dessa styrks juridiskt vilket gör att det är viktigt för konsulter att kontrollgranska modellerna så att de är i enlighet med de krav som ställs. En möjlig lösning är att engagera beställarorganisationer till att ställa tydligare krav på utformningen av anläggningsmodeller; vilken information som ska ingå, vilka format som ska levereras, hur modellen ska delas in i delmodeller etc. Detta för att entreprenören ska tillhandahållas en anläggningsmodell som utan bearbetning och konvertering kan användas till maskinstyrning. Trafikverket som är en statlig beställarorganisation och samtidigt den största beställaren i Sverige är antagligen de som har störst möjlighet att påverka branschens utveckling. Genom att ställa vissa specifika krav tvingas de olika aktörerna mer eller mindre till att anpassa sig efter dessa.

Ekonomiskt är det antagligen beställare som tjänar mest på denna effektivisering. Trots det verkar beställare i allmänhet inte uppfatta lönsamheten med effektiviseringen. Möjligen kan det bero på att de inte har lämplig personal till att undersöka möjligheterna och lönsamheten. Lösningen kan i så fall vara att andra aktörer, både konsult och entreprenör, informerar beställare.

### **5.2 Entreprenadform**

Entreprenadformen totalentreprenad medför att konsulten under samråd med den upphandlande entreprenören kan anpassa projekteringen efter dennes behov eftersom de då vet vilken geodesiprogramvara och vilket maskinstyrningssystem som används av entreprenören (SBUF, 2012). Utförandeentreprenad möjliggör inte den samverkan mellan entreprenör och konsult eftersom projekteringen sker på uppdrag av beställaren innan entreprenör upphandlats av den upphandlande enheten/myndigheten. Trots detta kan det vara ekonomiskt lönsamt ifall beställare ställer krav på att det görs en anläggningsmodell anpassad för maskinstyrning/guidning. Vid upphandling av entreprenör kan beställare då ange att det finns en färdig anläggningsmodell och förhoppningsvis få in anbud med lägre produktionskostnad eftersom tjänsten som innefattar bl.a. inmätning och uppbyggnad av modeller redan är utförd i projekteringsstadiet.

### 5.3 Programvaror

De personer som deltagit i intervjustudien kommer från NCC, SKANSKA och PEAB, dvs. några av de större aktörerna inom anläggningsbranschen. Samtliga använder nästan uteslutande maskinstyrningssystem från Scanlaser. Därför bör en eventuell effektivisering av processen koncentrera sig på produkter från Scanlaser. Det samma gäller mätningstekniska program. Det mest använda är SBG Geo. För säkerhets skull vore det bra ifall entreprenörerna även har tillgång till projektörernas projekteringsverktyg samtidigt som projektörerna bör ha tillgång till de mätningstekniska programmen för att kunna kvalitetssäkra leveransmaterialet. Projekteringsverktygen kan förmodligen begränsas till AutoCAD Civil 3D och Novapoint som är två av de största på marknaden. Det stora urvalet av projekteringsprogramvaror gör att projektörer inte alltid använder sig av samma. I Bilaga 1 redovisas i vilka format överföringar mellan de olika projekteringsprogramvarorna bör ske.

### 5.4 Anläggningsmodellens utformning

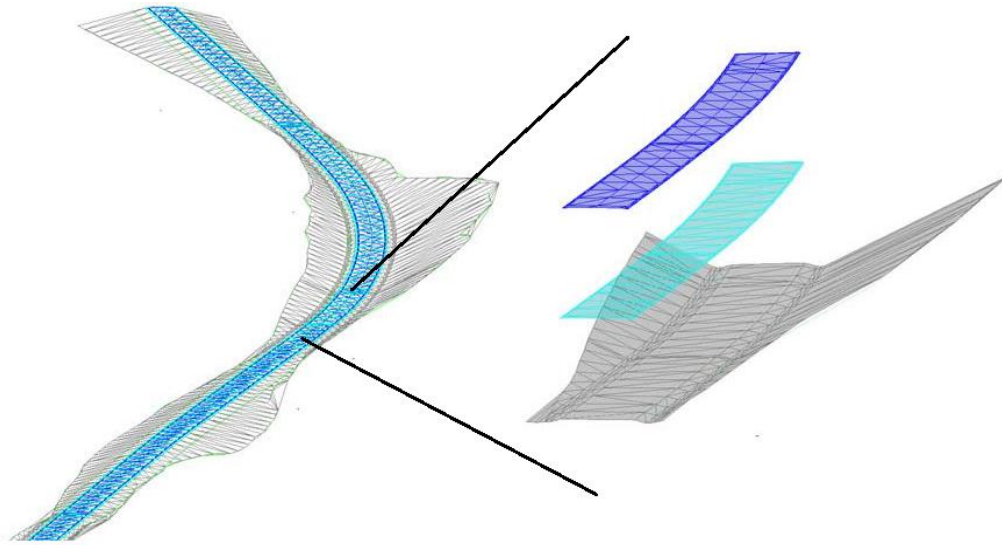
Maskinstyrningssystemen är begränsade avseende datahantering. För att motverka att filerna blir för stora bör modellerna enligt SBUF (2012) delas in i delmodeller av mindre sträckor. Enligt Trafikverket (2012b) bör exportdatafiler skapas så att de är så stora som möjligt med en maximal filstorlek på 3 Mb. Denna filstorlek sträcker sig vid ett vanligt vägbygge ca 1 km där det är bra med överlappningszoner på ca 100-150 meter<sup>6</sup>. Egentligen är det filerna som ska användas direkt i maskinstyrningssystemen, dvs. maskinstyrningsmodellerna, som bör vara begränsade till en datastorlek mindre än 3 Mb. Dwg-filerna är ofta väldigt stora men efter att ytorna extraherats och bildat terrängmodeller blir filstorleken betydligt mindre. En undersökning som gjordes under studien visade att en dwg-fil med filstorleken 2,5 Mb återgav en terrängmodell med en filstorlek på ca 700 kb.

Delmodellerna bör uppfylla av beställaren angivna toleranser. För bästa användning bör de även delas upp bestående av ett produktionslager per fil, se figur 5-1. Geo är nämligen begränsat till att skapa terrängmodeller utifrån modeller som avbildar endast ett lager. Avseende ytmodeller är det förekomsten av dubbelpunkter som gör att delmodellerna bör delas in i ett produktionslager per levererad fil och på så sätt undvika att det förekommer punkter med samma koordinater eller att vertikala ytor uppstår. För att vara generellt användbara bör modellerna levereras i formaten .DWG och LandXML (SBUF, 2012). Ifall .XML-filerna är i version 1.0 går de att köra

---

<sup>6</sup> Andersson, Mattias; mätspecialist på SKANSKA. Malmö. Intervju 17 april 2013.

rakt in i styrdatorn GeoROG som skapar antingen en terräng- eller linjemodell beroende på hur filerna exporterats<sup>7</sup>.



Figur 5-1: Uppdelning av delsträcka med produktionslagren slitlager, obundet bärlager och terrass isärtagna. (Källa: SBUF)

#### 5.4.1 Ytor

Efter att ha testat .DWG- och .XML-filernas användbarhet i Geo 2012 och analyserat resultaten drogs slutsatsen att ytmodeller bör levereras i \*.DWG-format där produktionslagren är uppdelade och samtliga ytor är triangulerade, dvs. triangelm modeller som avbildar endast ett lager. Ifall trianguleringen redan är noggrant utförd av projektören i dennes projekteringsverktyg slipper entreprenören göra någon större handpåläggning. Det enda som krävs efter leverans är då att modellerna öppnas direkt i Geo för att sedan extrahera ytorna så att en terrängmodell skapas. Vid leverans av .XML-filer krävs det istället att entreprenören redigerar de felaktigt triangulerade ytorna som Geo skapar vilket innebär handpålägg från entreprenören. Geo tolkar modellens ytor olika beroende på hur de beskrivs. För rutnätsmodeller vet programmet inte hur ytan mellan de fyra punkterna beter sig och utan en förutbestämd funktion för det kan ytan inte beskrivas. De projekterade ytorna bör därför beskrivas av trianglar. De tre punkterna varje triangel består av spänner upp en unik yta och gör att programmet inte behöver göra någon tolkning av ytan<sup>8</sup>. I ytmodellerna är geometrin korrekt endast i punkterna. Ju tätare punkter desto högre noggrannhet fås på avbildningen av ytan men det gör även att filstorleken blir större. Det är viktigt att punkterna mäts in från topografins extrempunkter som t.ex. dikesbottnar och krön. Det som maskinisten har användning av vid maskinstyrning är främst terrängmodeller av både terrass

<sup>7</sup> Andersson, Mattias; mätspecialist på SKANSKA. Malmö. Intervju 17 april 2013.

<sup>8</sup> Ström, Fredrik; Support & Training Manager på Svensk Byggnadsgeodesi AB. Huddinge. Mailkontakt 19 mars 2013.

med slänt och färdig yta med dikesklädnad. De olika produktionslagren är inte lika nödvändiga då maskinisten vanligtvis använder offset-funktioner och då använder terrassen som referens till de olika produktionslagrens tjocklek<sup>9</sup>.

#### 5.4.2 Linjer

Linjemodellerna är uppbyggda av vägens olika sektioner där noggrannheten beror på sektionensintervall. De beräknade sektionerna redovisas som tvärgående 3D-linjer mellan ytkanterna längs med modellen. Eftersom geometrin endast är korrekt i de beräknade sektionerna fås en större noggrannhet vid tätare sektionensintervall, däremot blir även filstorleken större. Tester i denna studie visade att hanteringen av linjer var smidigast vid import av XML-filer eftersom de Geo-format som skapades återgav centrumlinjer med alla nödvändiga brytlinjer och de kan samtidigt användas direkt i de flesta maskinstyrningssystem.

### 5.5 Granskning

I slutändan är det viktigaste att konsulterna kvalitetssäkrar leveransmaterialet innan det skickas vidare för användning till maskinstyrning. Projektörerna måste vara mer noggranna och samtidigt ha inställningen att det de levererar ska användas direkt och inte kommer att granskas av någon utomstående<sup>10</sup>. I dagsläget verkar det som att det är vid anslutningar så som korsningar och cirkulationsplatser som de större bristerna finns. Det gäller oftast att höjden skiljer sig när anslutande vägar möts. Avseende maskinstyrning bör projektörerna även kvalitetssäkra övriga punkter så som dubbelpunkter, datastorlek, noggrannhet efter krav och att varje leveransfil innehåller endast ett produktionslager. För att entreprenören enkelt ska kunna använda leveransmaterialet bör det även vara strukturerat och kodat.

### 5.6 Leveransmaterial

Litteraturstudien, intervjuerna samt tester i programvaror har gemensamt bidragit till det givna resultatet och att redovisade slutsatser kunnat dras. För att få en förenklad överblick av hur anläggningsmodeller bör utformas och hanteras för optimal användning vid maskinstyrning följer här en sammanfattning av leveransmaterial:

---

<sup>9</sup> Nordstedt, Martin; mätningstekniker på Sweco. Malmö, Dialog 11 mars 2013.

<sup>10</sup> Larsson, Fredrik; mätchef på PEAB. Malmö, Intervju 2 mars 2013.

**Samtliga modeller skall:**

- Ha en maximal filstorlek på 3 Mb (maskinstyrningsmodeller)
- Delas in i delsträckor där längden beror på filstorlek
- Ha överlappningszoner på 100-150 m
- Minst bestå av sammanhängande 3D-linjer och triangelmodeller
- Vara fria från dubbelpunkter

**Ytmodeller skall:**

- Utformas som triangelmodeller
- Bestå av ett produktionslager per fil:
  - Yta över färdig väg med slänter
  - Terrassyta med slänter
- Levereras som DWG

**Linjemodeller skall:**

- Innehålla samtliga brytpunkter
- Bestå av ett produktionslager per fil:
  - Brytlinjer för färdig vägyta med slänter
  - Brytlinjer för terrassyta med slänter
- Levereras som LandXML 1.0
- Vara kodade enligt av beställaren vald standard

**Vid granskning av modeller skall:**

- Triangelmodeller kvalitetssäkras
- Höjdskillnader kontrolleras vid anslutningar
- Slänt- och dikesutformning kontrolleras
- Förekomsten av dubbelpunkter kontrolleras

**Högsta noggrannhet efter uppställda krav skall eftersträvas där särskild vikt bör läggas på:**

- Anslutningar
- Slänter
- Dike

Denna studie har begränsats till att endast beröra modeller för själva vägkroppen där fokus har legat på yt- och linjemodeller. Trots det kan ovanstående beskrivning av leveransmaterial mycket väl appliceras till övriga objekt i de fullständiga anläggningsmodellerna. Exempelvis kan samtliga kablar och ledningar redovisas som 3D-linjer och levereras i LandXML 1.0 medan modeller avsedda för landskapsmodellering kan redovisas som triangulerade ytmodeller och levereras som .dwg. Tabell 3-1 s. 7, *Redovisning av projekterat innehåll*, samt Tabell 3-2 s. 8, *Leveransformat av*

anläggningsmodell, framtagna av Trafikverket hade kunnat utvecklas och förtydligas förslagsvis enligt tabellerna nedan där några exempel redovisas. Huvudsakligen ska samtliga objekt redovisas i 3D.

Tabell 5-1: Förslag på redovisning av projekterat innehåll.

<b>Projekterat innehåll</b>	<b>Klassificering (typ av redovisning)</b>	<b>Anmärkning</b>
Ingående delar i väggkroppen; yta över färdig väg samt terrassyta.	Triangulerad ytmodell, linjeobjekt	Ett produktionslager per fil. Slanter ska inkluderas. Kodade linjemodeller enligt bestämd standard.
Landskapsmodellering	Triangulerad ytmodell	Ett produktionslager per fil.
Vatten och avloppsledningar	Linjeobjekt	Kodade linjemodeller enligt bestämd standard.
El- och teleledningar och -kablar	Linjeobjekt	Kodade linjemodeller enligt bestämd standard.
Övriga kablar och ledningar	Linjeobjekt	Kodade linjemodeller enligt bestämd standard.

Tabell 5-2: Förslag på leveransformat av anläggningsmodell.

<b>Klassificering</b>	<b>Leveransformat</b>
Linjeobjekt/Brytlinje	LandXML version 1.0
Ytmodell	dwg
Väggeometri	LandXML version 1.0





## 5.7 Rekommendation till fortsatta studier

Då det ställs större krav på projekteringen bör den även stödjas juridisk. Ett förslag till vidare studier kan vara att undersöka vad som krävs för att göra justeringar i de förordningar branschen går efter.

Eftersom inga stakkäppar behövs vid användning av maskinstyrning/guidning försvinner behovet av utsättning medan kravet på inmätning och projektering ökar. Då alla stakkäppar försvinner kan det bortsett från maskinister vara svårt för övriga arbetsgrupper att navigera inom arbetsområdet. Att undersöka hur arbetsområdet påverkas vid implementering av maskinstyrning/guidning kan därför vara ytterligare ett förslag till vidare studier.

Noggrannheten i modeller beror på sektionintervallet, ju tätare sektionintervallet är desto högre noggrannhet fås. Det är oklart hur stor marginalen är, dvs. hur många procent man kan vinna. Det kan därför vara ett bra exempel till fortsatta studier. För denna undersökning krävs antagligen goda förkunskaper i projekteringsverktyg.

## 6 REFERENSER

Autodesk (2013). *AutoCAD Civil 3D. BIM för konstruktion och dokumentation av mark-, väg-, och VA-projekt*. Tillgänglig: <http://www.autodesk.se/adsk/servlet/pc/index?siteID=440386&id=14585838> [2013-02-14]

Berglund, J., Davidsson, E. (2010). *MASKINSTYRNING – Skapandet av en anläggningsmodell och dess inverkan på byggprocessen*. Luleå: Luleå tekniska universitetet, 2010. Examensarbete inom institutionen för samhällsbyggnad.

Hexagon (2013). *Mikrofynd*. Tillgänglig: <http://www.hexagon.com/sv/MIKROFYND.htm> [2013-04-18]

Johansson, J. (2011). *Effektivisering av 3D-processen inom anläggningsprojekt*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola, 2011. Examensarbete inom institutionen för bygg- och miljöteknik.

Nilsson, H., Mårtensson, O. (2009) *Möjligheter och hinder för leveranser av digitala anläggningsmodeller*. Lund: Lunds Tekniska Högskola, 2009. Examensarbete inom avdelningen för byggproduktion.

Novatron (2013 a). *Maskinstyrssystem designat speciellt för GPS/GNSS-användning*. Tillgänglig: <http://www.novatron.fi/sve/vision3d.html> [2013-02-19]

Novatron (2013 b). *Vad betyder RTK-GPS eller RTK-GNSS?* Tillgänglig: <http://www.novatron.fi/sve/faq.html> [2013-02-22]

Ohlson, D. (2009). *Maskinstyrning i 2D och 3D. Kontrollmätning av noggrannheter på grävsystem*. Gävle: Högskolan i Gävle, 2009. Examensarbete inom institutionen för teknik och byggd miljö.

Sandström, T. (2013). *Topocad och maskinstyrning*. Tillgänglig: <http://adtollo.se/mat-kart/produkter/topocad/topocads-omraden/topocad-och-maskinstyrning/> [2013-02-18]

Scanlaser (2013). *iX3D – Grävsystem 3D/GPS*. Tillgänglig: <http://scanlaser.info/se/produkter-losningar/gravsystem/gravsystem-3d/> [2013-02-25]

SITECH (2013). *Trimble GCS900 Maskinstyrning för grävmaskiner*. Tillgänglig: <http://www.sitech-sverige.com/default.asp?Action=Details&Item=388> [2013-02-28]

Svensk Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF), (2012). *Effektivare utnyttjande av geometri- och informationsmodeller för maskinstyrning/guidning*. [Elektronisk]. Stockholm: SBUF. Tillgänglig: [http://www.sbuf.se/ProjectArea/Documents/ProjectDocuments/575FE144-4A2D-4CA9-96E0-B50AC9B17949%5CFinalReport%5CSBUF%2012551%20Slutrapport%20Effektivare\\_maskinstyrning.pdf](http://www.sbuf.se/ProjectArea/Documents/ProjectDocuments/575FE144-4A2D-4CA9-96E0-B50AC9B17949%5CFinalReport%5CSBUF%2012551%20Slutrapport%20Effektivare_maskinstyrning.pdf) [2013-02-11]

Svensk Byggnadsgeodesi (SBG), (2011). *UMC 3D. Software by SBG. Användarmanual. Version 1.5*. [Elektronisk]. Huddinge: SBG. Tillgänglig: [http://scanlaser.info/se/download/manual/UMC3D\\_applicationmanual.pdf](http://scanlaser.info/se/download/manual/UMC3D_applicationmanual.pdf) [2013-02-20]

Svensk Byggnadsgeodesi (SBG), (2013). *Grävmaskin*. Tillgänglig: <http://www.sbg.se/excavator-2.html> [2013-02-08]

Sweco (2013). *BIM – ett smartare sätt att jobba*. Tillgänglig: <http://www.sweco.se/sv/Sweden/Losningar/Byggnader/BIM/> [2013-02-22]

Trafikverket (2012a). *TRVK Anläggningsmodell. Trafikverkets tekniska krav Anläggningsmodell*. [Elektronisk]. Borlänge: Trafikverket. Tillgänglig: [http://www.trafikverket.se/Foretag/Bygga\\_och\\_underhalla/Vag/Tekniska\\_dokument/Vagteknik/TRVK/TRVR\\_krav/rad](http://www.trafikverket.se/Foretag/Bygga_och_underhalla/Vag/Tekniska_dokument/Vagteknik/TRVK/TRVR_krav/rad). [2013-02-12]

Trafikverket (2012b). *TRVR Anläggningsmodell. Trafikverkets tekniska råd Anläggningsmodell*. [Elektronisk]. Borlänge: Trafikverket. Tillgänglig: [http://www.trafikverket.se/Foretag/Bygga\\_och\\_underhalla/Vag/Tekniska\\_dokument/Vagteknik/TRVK/TRVR\\_krav/rad](http://www.trafikverket.se/Foretag/Bygga_och_underhalla/Vag/Tekniska_dokument/Vagteknik/TRVK/TRVR_krav/rad). [2013-02-12]

Vianova Systems (2013 a). *Novapoint Väg Prof*. Tillgänglig: <http://www.vianova.se/Produkter/Novapointprodukter/Novapoint-Vaeg-Prof> [2013-02-14]

Vianova Systems (2013 b). *Novapoint Anläggning*. Tillgänglig: <http://www.vianova.se/Produkter/Novapointprodukter/Novapoint-Anlaeggning> [2013-02-14]

Vianova Systems (2013 c). *Novapoint Site Tool*. Tillgänglig:  
<http://www.vianova.se/Produkter/Novapointprodukter/Novapoint-Site-Tool>  
[2013-02-14]

Åbacka, T. (2011). *Utvärdering av maskinstyrning*. Vasa: Yrkehögskolan  
Novia, 2011. Examensarbete inom lantmäteri-teknik.

## 7 FIGURER

Figur 3-1: *Totalentreprenad.*

Figur 3-2: *Generalentreprenad.*

Figur 3-3: *Vertikal linjeföring som redovisar behov av längsgående schaktning och fyllning.*

[Hämtad 2013-02-28].

[http://www.sitech-sverige.se/files/pdf/ps\\_dk.pdf](http://www.sitech-sverige.se/files/pdf/ps_dk.pdf)

Figur 3-4: *Tvärsektion som redovisar behov av schaktning.*

[Hämtad 2013-02-28].

[http://www.sitech-sverige.se/files/pdf/ps\\_dk.pdf](http://www.sitech-sverige.se/files/pdf/ps_dk.pdf)

Figur 3-5: *Tvärsektion som redovisar behov av fyllning.*

[Hämtad 2013-02-28].

[http://www.sitech-sverige.se/files/pdf/ps\\_dk.pdf](http://www.sitech-sverige.se/files/pdf/ps_dk.pdf)

Figur 3-6: *Grävmaskin med maskinstyrningssystem med mjukvaran UMC 3D från SBG.*

[Hämtad 2013-02-20].

[http://scanlaser.info/se/download/manual/UMC3D\\_applicationmanual.pdf](http://scanlaser.info/se/download/manual/UMC3D_applicationmanual.pdf)

Figur 3-7: *Grävmaskin med maskinstyrningssystem från Scanlaser med angivna lutningssensorer.*

[Hämtad 2013-02-12].

<http://www.rudinsschakt.se/Valkommen.html>

Figur 3-8: *Planvy för grävmaskin i styrdatorn GeoRog.*

[Hämtad 2013-02-28].

<http://www.sbg.se/excavator-2.html>

Figur 3-9: *3D-vy av anläggningsmodell med samtliga produktionslager.*

Figur 3-10: *2D och 3D-vy av terrängmodell (\*.trm) som genererats efter att ytor extraherats från AutoCAD-ritning.*

Figur 3-11: *Planvy av linjemodell (\*.lmd.) i Geo 2012.*

Figur 3-12: *3D-projekterad cirkulationsplats i AutoCAD Civil 3D.*

Figur 3-13: *Grafisk 3D-vy av .geo-fil efter import av .DWG-fil.*

Figur 3-14: *Arbetsläge för terrängmodellreferens med väghyvel.*  
[Hämtad 2013-03-26].

[http://scanlaser.info/se/download/manual/UMC3D\\_applicationmanual.pdf](http://scanlaser.info/se/download/manual/UMC3D_applicationmanual.pdf)

Figur 3-15: *Arbetsläge för väglinjereferensmodell med väghyvel.*  
[Hämtad 2013-03-26].

[http://scanlaser.info/se/download/manual/UMC3D\\_applicationmanual.pdf](http://scanlaser.info/se/download/manual/UMC3D_applicationmanual.pdf)

Figur 3-16: *Arbetsläge för punkreferensmodell med grävmaskin.*  
[Hämtad 2013-03-26].

[http://scanlaser.info/se/download/manual/UMC3D\\_applicationmanual.pdf](http://scanlaser.info/se/download/manual/UMC3D_applicationmanual.pdf)

Figur 3-17: *Arbetsläge för linjemodellreferens med väghyvel.*  
[Hämtad 2013-03-26].

[http://scanlaser.info/se/download/manual/UMC3D\\_applicationmanual.pdf](http://scanlaser.info/se/download/manual/UMC3D_applicationmanual.pdf)

Figur 3-18: *Linjedata (\*.lin) innehållande linjens horisontala information. Elementen beskriver raklinjer, cirkelbågar eller klotoider.*  
[Hämtad 2013-03-25].

<http://download.sbg.se/manual/GeoSve2012.pdf>

Figur 3-19: *Linjedata (\*.prf) innehållande linjens vertikala information. Elementen beskriver raklinjer eller cirkelbågar.*  
[Hämtad 2013-03-25].

<http://download.sbg.se/manual/GeoSve2012.pdf>

Figur 4-1: *Terrängmodell (\*.trm) i 2D-vy skapad från .geo-fil som genererats efter import av .XML-fil.*

Figur 4-2: *Fullständig modell i filformatet \*.DWG öppnad i Geo 2012.*

Figur 4-3: *Terrängmodell (\*.trm) i 2D-vy som genererats efter import av .DWG-fil.*

Figur 4-4: *Rutnätsmodell (\*.DWG) i 2D-vy öppnad i Geo 2012.*

Figur 4-5: *Triangelmodell (\*.DWG) öppnad direkt i Geo 2012.*

Figur 4-6: *Terrängmodell (\*.trm) som genererats efter att ytor extraherats från AutoCAD-ritning.*

Figur 5-1: *Uppdelning av delsträcka i produktionslagren slitlager, obundet bärlager och terrass.*

[Hämtad 2013-03-01].

[http://www.sbuf.se/ProjectArea/Documents/ProjectDocuments/575FE144-4A2D-4CA9-96E0-B50AC9B17949%5CFinalReport%5CSBUF%2012551%20Slutrapport%20Eftektivare\\_maskinstyrning.pdf](http://www.sbuf.se/ProjectArea/Documents/ProjectDocuments/575FE144-4A2D-4CA9-96E0-B50AC9B17949%5CFinalReport%5CSBUF%2012551%20Slutrapport%20Eftektivare_maskinstyrning.pdf)



# BILAGA 1

Överföring mellan projekteringsprogramvaror (Källa: SBUF, 2012)

Projekterad data Programvara	Beräknad linjeföring	Ytmodeller och linjemodeller	Volymmodell
Novapoint till:			
InRoads	LXML samt .titt och .nyl	LXML, .dwg	.dwg
Civil 3D	LXML	LXML, .dwg	.dwg
Civil 3D till:			
Novapoint	LXML	LXML, .dwg	.dwg
InRoads	LXML	LXML, .dwg	.dwg
InRoads till:			
Novapoint	LXML samt .titt och .nyl	LXML, .dwg	.dwg
Civil3D	LXML	LXML, .dwg	.dwg

## **BILAGA 2**

### **Frågeformulär till entreprenör**

**Namn:** Anna Neidenström

**Verksamhet:** NCC

**Befattning:** Teknisk specialist virtuellt byggande

**Datum:** 2013-04-16

#### **1) Vilket/vilka maskinstyrningssystem använder ni vanligen?**

Vi använder bl.a. Trimble och Scanlaser men kan anpassa oss till samtliga maskinstyrningssystem på marknaden. Tidigare var det så att vi skulle hålla med maskinstyrningsutrustning och då blev det lite standardiserat men nu kommer maskinerna med det.

#### **2) Vilket/vilka mätningstekniska program använder ni för hantering av maskinstyrningsmodeller?**

Vad jag vet är det SBG Geo vi använder oss av.

#### **3) Hur ser händelseförloppet vanligen ut när ni skapar maskinstyrningsmodeller?**

- **Vilka data utgår ni från vid skapandet av modeller?**
- **Utgår ni alltid från projektörens modeller eller skapar ni egna?**

I dagsläget blir det en massa handpålägg på de modeller som levereras och många gånger får vi bara dwg-filer. Skapandet av modellerna sker väldigt olika från projekt till projekt och är beroende på mätchefen och vilka maskiner som ska användas.

#### **4) Förekommer det att ni har tillgång till anläggningsmodeller färdiga för användning till maskinstyrning/guidning utan att behöva bearbetas?**

Vi har visserligen några projekt där det har fungerat ganska bra men jag tror inte vi har något projekt där vi har kört raka vägen.

#### **5) Hur skiljer sig era modeller från konsulternas modeller?**

Många gånger handlar det om övergångar t.ex. att de gör höjjusteringar till smidigare övergångar och kanske mer noggranna också, att man liksom lägger mer tid på släntlutningar och kurvor. Likadant om det är flera terrängmodeller,

att övergångarna stämmer. Det är mycket höjdjustering som görs i dem. Till viss del produktionsanpassning också. Just det här till vilken maskintyp som går och vad som fungerar för dem för har de erfarenheterna där. Detta läggs då också in i modellerna.

## **6) Vilka data saknas och vilka brister ser ni i de modeller som projektörerna levererar?**

Det som har varit oroväckande är XML-filerna vi får. Vi hade någon modell jag satt och tittade på belysningsfundament. De groparna, dvs. schakterna för belysningsfundamenten, ska vara fyrkantiga i botten. De var en triangel. Så den plockar bort linjer. Vissa trianglar försvann i överföringen då XML togs in i Geo. Det är sådana saker vi inte riktigt vet vad det beror på. Det är sådant som gör att det blir mycket handpålägg efteråt så att de får sitta och justera modellerna. Även vissa kurvor där det är snäva radier har vi också sett att det har blivit fel översättning. Det är det som har varit mest allvarligt, att man inte riktigt har vågat lite på det. Det känns inte som att man har något riktigt bra överföringsformat. Man har känt att Geo på något sätt har begränsningar hur det tolkar data. Så då måste man påverka SBG så att även de börjar titta på det här. Det är liksom nyckeln till att få det att fungera hela vägen att alla överföringsformat måste ta med sig rätt saker och det måste läsas rätt hela vägen. Det är en del som anser att det ska vara direktlinje mellan konsulten och maskinen så att egentligen ska väl konsulten kunna skicka modellen direkt till maskinen utan granskning. Det känns inte riktigt som att vi är där än men det vore skönt om man kommer dit.

## **7) Vilka format föredrar ni att ta emot från projektörerna?**

- **Kan dessa användas direkt till maskinstyrning utan att behöva bearbetas?**

LandXML. Nej jag tror att de arbetar om det i Geo. Vad jag förstår kan terrängmodeller läsas direkt in i vissa system. Utveckling går ju rätt fort så det känns som de kan hantera mer än vad de kunde för något år sedan.

## **8) Önskas samtliga objekt i 3D?**

- **Om inte, vilka är de väsentliga och vilka vill ni alltid ha med?**

Ja egentligen vill vi ju det. Vi vill ha med ledningar och detaljerna i modellerna också som 3D objekt. T.ex. skyltar, kantstöd, vägmarkeringar och räcken. Borrhål är också något vi tittar på i geotekniken att vi ska få det i 3D så att vi får bättre modeller även på befintligt. Så att man kan mängda bättre. Sen är vi ju inte där idag. Linjeobjekten är lätta att hantera, de är bara en pxy-

eller lin-fil. De skickar vi till våra totalstationer. Den överföringen fungerar bra men det är just det här med maskinstyrningen som är värre.

### **9) Vad krävs för att kunna använda anläggningsmodeller som maskinstyrningsmodeller utan bearbetning och konvertering?**

Det krävs nästan att mätcheferna försvinner. Problemet vi har idag är att vi har alldeles för duktig mätpersonal. Det är en väldigt duktig yrkeskår och de gör ett bra jobb. De har ofta väldigt bra erfarenhet och det är svårt att slå de på fingrarna när det gäller produktionskunskap. Det är liksom det som man skulle vilja föra tillbaka att hjälpa till att utbilda alla konsulter så att de kommer till den nivån. Sen även programvarorna, det har varit väldigt tidskrävande att göra dessa övergångar t.ex. om du har en rondell eller korsningar som kan vara jobbiga att få till i programvarorna, både Novapoint och Civil 3D. Nu har man kommit med övergångsobjekt och det börjar bli lite lättare så att de kan hantera det men jag tror att styrkan där för oss är att mätcheferna har gjort det väldigt snabbt, smidigt och bra. De vet vart man kan fuska. De vet liksom det här behöver jag inte lägga så mycket tid på för det är inte värt mödan men det här är viktigt. Det är nog det som är det svåraste att föra tillbaka till andra sidan. Jag skulle vilja komma till ett läge där vi liksom trycker ut våra CAD-PM, vi får det levererat som vi vill ha det och sen att det bara blir en granskning av mätcheferna. Egentligen vill de samma sak bara att det är ett kontrollbehov och man måste få de att lita på att det fungerar. Det kommer ta tid. Förtroendet måste finnas där och det kommer man jobba upp allt eftersom vi får till det här med programvaror och format. När de märker att det fungerar kommer de att släppa på det men det kommer ju ta tid.

### **10) Hur bör lageruppdelningen av modellen vara uppbyggd?**

Vi har det kravet i vårt CAD-PM, filerna får inte överstiga 3 Mb och de ska ha korta filnamn. Det är något gammalt som ligger kvar från de äldre systemen. Det finns vissa nya system som klarar större filer. Vi försöker anpassa oss till alla system som finns så att vi håller de gränserna på samtliga leveranser. Det är liksom en rekommendation som finns hos oss. Det blir ju också att man måste splitta rätt mycket men det är något man får komma överens om i projektet att man verkligen har kontrollen på de övergångar som blir vid uppdelningen. Det är lite trist som det är men utvecklingen går framåt så jag tror att den begränsningen kommer man inte ha på samma sätt. Något annat är att dubbelpunkter och korsande linjer inte får förekomma. Jag tror att du kan hitta dubbelpunkter ganska lätt i Geo. Man får sitta och rensa de men det är egentligen också något som vi tycker konsulten ska göra. Det är samma sak när du ska flytta en kantstenslinje. Egentligen ligger ju kantstensens överkant och underkant rakt över varandra men då flyttar du den ena någon millimeter

och då har du löst problemet. Har du dubbla punkter kan instrumentet ta vilken som. Så att egentligen vet du inte vilken punkt den jobbar med. Det finns alltid en risk att den går på fel punkt och därför ska man inte ha de där. De är ganska lätta att rensa bort men det är något vi inte ska behöva göra. Lageruppdelning har att göra med objektstyp. I samma terrängmodell för du inte ha flera lager men du kan ju ha flera modeller. De olika lagren måste ligga t.ex. bärlager, terrassering eller schaktning så att du har olika lager för varje yta du vill ha fram. Så du behöver flera olika terrängmodeller som ligger på separata lager. Mätteknikerna gör en maskinstyrningsfil för varje lager. Ibland kan det vara att du kanske bara har 500 mm överbyggnad och då flyttar du egentligen bara terrasseringsmodellen 500 mm och så kör du på den. Du kan helt enkelt använda samma modell till olika lager och endast förflyttar linjerna parallellt i höjddled. Detta görs med offsetfunktioner och kan göras av mätteknikern men också av maskinisten direkt i maskinen. Många gånger tror jag att mätteknikerna gärna gör det. Då vet de att det blir rätt. Det har nog lite att göra med vad det är för typ av maskin och hur systemet ser ut. Speciellt vissa som bara går på linjedata. Där använder de parallellförflyttning väldigt mycket.

### **11) Vilken information används vid skapandet av maskinstyrningsmodeller till grävmaskiner, bandschaktare respektive väghyvlar? (ytor eller linjer?)**

Jag tror att till grävmaskiner och bandschaktare kan du nog alltid använda ytmodeller men sen kan det finnas vissa system som bara kan ta linjedata så då kan de inte gå på terrängmodeller. Väghyvlar går nog alltid på linjer men jag är lite osäker. Får vi bara en ytmodell har vi inte samma flexibilitet på vilken maskin som ska köras och hur den ska sättas ut. Då saknar vi linjerna. Har vi både och kan vi alltid välja hur vi vill skapa modellen. Det ger ju större valmöjlighet om vi har både och. Om vi får välja vill vi nog alltid ha linjerna. Då har vi just valmöjligheten att vi kan köra linjedata eller skapa en terrängmodell av linjerna. Har man begränsningslinjerna kan man liksom få en motsvarande terrängmodell. En linje är alltid en linje, då är vi liksom hemma. Då kan vi göra vad vi vill. Har vi bara terrängmodellen så blir vi begränsade. Har vi däremot en maskin som kan ta in och köra en hel terrängmodell behöver vi inget annat så att i de lägena fungerar det med terrängmodeller.

### **12) Vilka för- respektive nackdelar ser ni med att få tillgång till fullständiga anläggningsmodeller anpassade till maskinstyrning?**

Fördelarna är många. Vi sparar ju då en himla massa tid. Vi vet att vi får kvalitén, att det verkligen stämmer med bygghandlingarna och vi slipper arbeta om. Det är alltid en risk när man arbetar om att det blir feltolkningar.

En annan sak är att vi ligger före. Ofta går projekteringen för sent och då kan det vara att våra mättekniker har gjort maskinstyrningsunderlag på ett tidigt underlag. Då kan vi tjuvstarta med schakterna. Därför är det viktigt med leverans i rätt tid. Det är en liten risk i det hela men vi måste bli bättre på att projektera och att göra det i rätt tid samt att vi har rätt underlag. Det kan man väl se både som en för- och nackdel. Nackdelarna har nog att göra med kvalitén. Jag tror att vi får en bra kvalitet från konsulten men samtidigt måste konsulten vara insatt i produktionsteknik. Det är väl den största nackdelen. Det är helt enkelt en erfarenhet. De måste få den erfarenheten och de måste lära sig från produktionen vilket vi måste hjälpa till med. Ser man att det fungerar hela vägen ser jag inga nackdelar med det för det borde vara så det fungerar. Vi ska inte sitta och ta fram alla saker själva. Då gör vi ju projekteringen och vi har tagit beslut att vi inte ska göra det i och med att vi tar in en konsult. Det gäller att få alla stegen att fungera och då ser jag bara fördelar.

## Övrigt)

Vid användning av maskinstyrning försvinner stakkäpparna. Detta blir ett problem för övriga arbetsgrupper som rör sig på området. Vi sitter upp vissa stakkäppar bara för att man ska kunna se vilken sektion man är i. I vissa projekt har vi digitala samordningsmodeller. Då har vi gjort lite tester men vi har inte kommit någonstans. Tanken finns att man i den ska kunna ställa sig på ett ställe ute i terrängen och i modellen kunna se vilken sektion man är i så att du får en punkt med gps-data. Visst är det ett bekymmer att du inte vet vart du är. Förr hade du full koll på vilken sektion du var i och var i profilen du var men det har du inte idag i och med maskinstyrning. Då är det soprent när man kommer ut på arbetsplatsen, det finns inte en stakkäpp. På ett vägprojekt är det nog någon miljon man sparar bara i stakkäppar. Varje sektion hade tidigare ca 10 stakkäppar om du skulle sätta ut släntkrön, vägmitt och kanske gångbana vid sidan om.

I de krav vi ställer anger vi inte tätheten på sektionsintervallet. Det är något vi har funderat över. Där litar vi på konsulten. Egentligen är det deras datakapacitet det hänger på, de skulle kunna sätta på varje millimeter när de räknar sektionerna. Det skulle vara kul att se hur stor skillnad det gör om man sätter en meter eller om man sätter 10 cm t.ex. Man kan ju köra tätt men frågan är om det är värt det. I dagsläget gör vi inte det men funderar som sagt om vi ska införa det. Samarbetet mellan entreprenörerna och konsulterna är nödvändigt. Vi har ju inte hela biten utan vi är ett team och det måste fungera.

## **BILAGA 3**

### **Frågeformulär till entreprenör**

**Namn:** Mattias Andersson

**Verksamhet:** SKANSKA

**Befattning:** Mätspecialist

**Datum:** 2013-04-17

#### **1) Vilket/vilka maskinstyrningssystem använder ni vanligen?**

Eftersom vi äger 70 eller 80 maskiner så har vi standardiserat Scanlaser på allt. Vi har avtal med Hexagon men kommer det någon extern försöker vi anpassa oss. Jag kan säga att 90 % av maskinstyrningssystemen på svenska marknaden består av Scanlaser eller Mikrofyn som också ingår i Hexagonkoncernen.

#### **2) Vilket/vilka mätningstekniska program använder ni för hantering av maskinstyrningsmodeller?**

SBG Geo först och främst. Kan man inte öppna de där får man gå in i AutoCAD och spara om de som en äldre version. Novapoint Site Tool använder jag också en del. På Skanska har vi en nätverkslicens för Site Tool. Då kan vi plocka era anläggningsmodeller när ni har projekterat i Novapoint och ta hela er databas.

#### **3) Hur ser händelseförloppet vanligen ut när ni skapar maskinstyrningsmodeller?**

- **Vilka data utgår ni från vid skapandet av modeller?**
- **Utgår ni alltid från projektörens modeller eller skapar ni egna?**

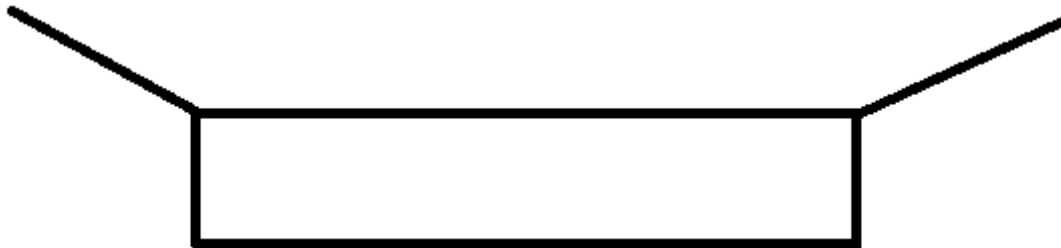
Det är beroende på vad man får levererat, om man t.ex. får AutoCAD och ritningar. Får vi riktiga höjdprofiler är det bara att mata in egentligen och plocka det från AutoCAD-ritningar. Det är ju alltid beroende på hur det är projekterat. Sedan bygger vi upp en färdig yta och en terrassyta. De övriga lagren tycker jag man kan strunta i för just själva maskinstyrningsdelen. Där behöver du egentligen bara terrassytan och överytan sen kan du offseta från dem. Lagren tar du från färdig yta. Man kan ta både bärlager och 090 för det är inte så högt och så har man terrassen färdig från början. Om vi inte får underlaget utgår vi ifrån pappersritningar och knappar in för hand med längd- och höjdprofil vilket är jobbigt samtidigt som det är lätt att det blir felknappningar. Kan man komma undan den knappdelningen så sparar man väldigt mycket.

#### **4) Förekommer det att ni har tillgång till anläggningsmodeller färdiga för användning till maskinstyrning/guidning utan att behöva bearbetas?**

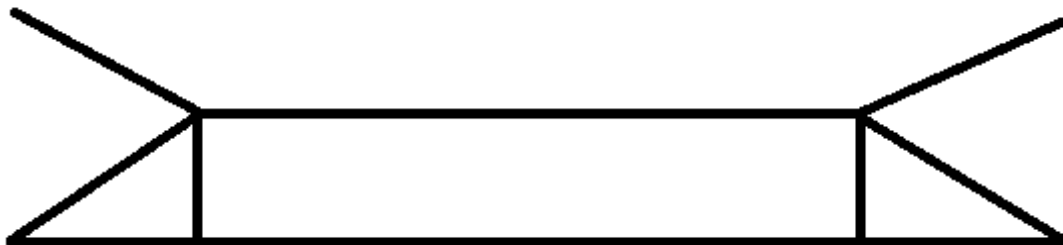
Jag har faktiskt fått två modeller från Växjö kommun som jag inte har behövt göra något mer än att plocka upp de i Geo och tittade så att de såg rätt ut och sen rakt ut i maskinen. Samma XML-fil som jag fick stoppade jag in i GeoROGen och körde på. XML-filer som är i version 1.0 går att köra rakt in i GeoROGen. Beroende på hur den är exporterad skapar den antingen en terräng- eller linjemodell.

#### **5) Hur skiljer sig era modeller från konsulternas modeller?**

Själva överytan har man oftast fuskat med och inte fått med släntlutningar utan man gör lådschakter fastän man inte kan tillverka det. Vi måste hela tiden vara med på det. Vi måste ha de här rasvinklarna på materialet och bredda ut. Oftast får vi en färdig väg med en låda för terrassen som ser ut så här:



Du måste ju ha stödet för terrassen så egentligen borde terrassytan se ut så:



Oftast får vi bara terrassen som en låda och då måste vi modifiera så vi får med den delen. Du kan ju inte bygga så eftersom du inte får något stöd på vägen utan du måste ha det stödet och det fattas ofta.

#### **6) Vilka data saknas och vilka brister ser ni i de modeller som projektörerna levererar?**

Övergångar vid bl.a. korsningar. Ibland skiljer sig höjden när två vägar möts. Eftersom man vet om att både Civil 3D och Novapoint behandlar det så ska man ju kunna få det rätt från början. Jag vet inte vad problemet med övergångar beror på men jag gissar på att det är brist på kunskap i programmet för de som använder det. Ofta beror det på vem det är som projekterar. Det



finns de som är väldigt duktiga och då kan du bara plocka. Sen finns det de som är betydligt sämre och då får du betydligt mer jobb med det.

### **7) Vilka format föredrar ni att ta emot från projektörerna?**

- **Kan dessa användas direkt till maskinstyrning utan att behöva bearbetas?**

Ska jag bara ta det rakt in i maskinen är LandXML jättebra annars är det dwg, polylines. Dem får jag öppna i Geo för konverteringen men ofta har du användning av polylines när du själv bygger upp för mängdregleringen inne på bygget.

### **8) Önskas samtliga objekt i 3D?**

- **Om inte, vilka är de väsentliga och vilka vill ni alltid ha med?**

Alla ytterlinjer, terrasskant och vägmitt i 3D. Har ni projekterat diken i 3D är det en stor fördel att få både diken och slänkrön. Att få alla längsgående linjer i 3D är suveränt. Brunnar och liknande behöver man ju inte ha i 3D men säg själva väggkroppen med brytlinjerna i 3D, det hjälper väldigt mycket. Brunnar vill du ändå knappa och kolla så att du ligger rätt och då har det ingen betydelse om du får de i 3D eller 2D tycker jag. När du gräver schaktgropen kanske den brunnen hamnar 3 cm för högt ändå eller 2 cm för lågt. Då måste du ändå själv justera fallet ut i fältet.

### **9) Vad krävs för att kunna använda anläggningsmodeller som maskinstyrningsmodeller utan bearbetning och konvertering?**

Att Trafikverket ställer kravet på projektören och lämnar framför allt tid till projektören att inte stressa igång jobben. Oftast får projektören väldigt lite tid på att projektera och då stressar man med projekteringen och får fel där sen stressas det med att få igång jobben. Då blir det fel där också och allting är inte färdigt innan man börjar bygga. Beställaren ska helt enkelt lämna mer tid. Har projektören mer tid att göra färdiga riktiga 3D-modeller och kollar igenom de så blir det mycket mer som är rätt på bygget och det blir mycket billigare att bygga. Jag tror inte att beställarna vet om att de kan tjäna så mycket pengar. Dem hade nog sluppit alla ÄTA-arbeten som fördyrar jobben och hade då kunnat gå på ingångspriset som de får. Beställarna har inte heller de resurser som krävs för att kunna granska leveransen. I beställarorganisationerna fattas det en nyckelperson som verkligen kan sitta och granska. När projektören projekterar så kan denna nyckelperson kolla så att modellen verkligen ser riktig ut. Ses några fel kan modellen skickas tillbaka innan man börjar bygga.

## **10) Hur bör lageruppdelningen av modellen vara uppbyggd?**

Varje lager bör vara en egen modell annars blir det problem med nollavstånd och dubbelpunkter. Min åsikt är att om du ska ta det från Geo rakt in i maskinen så behövs inget mer än en färdig terrassyta och en färdig överyta. Filstorleken vill jag gärna ha till 700-800 Kb annars blir det väldigt segt men 3 Mb säger man. Jag vill helst ha det under 1 Mb så blir det inga problem. Man behöver då överlappningar på ca 100-150 m, mer behövs inte. Denna filstorlek sträcker sig vid ett vanligt vägbygge ca 1 km. Det beror även på hur det är gjort. Är det linjer så blir det ju väldigt små filer. Då kan du köra mycket längre sträckor.

## **11) Vilken information används vid skapandet av maskinstyrningsmodeller till grävmaskiner, bandschaktare respektive väghyvlar? (ytor eller linjer?)**

Linjerna kan du om du själv vill göra en terrängmodell av det eller så kör du bara efter linjerna. En hyvel kör nästan alltid på linjer. Grävmaskiner och bandtraktorer kan du köra på båda men mest kör vi på terrängmodeller. Har du linjerna så kan du göra ytorna själva. Det är inget komplicerat utan bara en knapptryckning ifrån. Jag föredrar linjer.

## **12) Vilka för- respektive nackdelar ser ni med att få tillgång till fullständiga anläggningsmodeller anpassade till maskinstyrning?**

Jag ser inga nackdelar. Det är bara fördelar med att få hela anläggningsmodeller. Jag ser förresten en nackdel. Det är att folk kanske blir lite lata och förutsätter att modellen är rätt utan att kontrollera den. Man vill ändå ha koll på den. Det är det enda annars är det bara tidsvinning. Mätteknikernas arbetsuppgift försvinner inte de måste ändå ut och kontrollera och se till så att allt fungerar. Jag tror man sparar rätt mycket tid för mätteknikerna har rätt mycket att göra ändå, de är överbelastade.

## **Övrigt)**

Sektionsintervallet kan inte vi påverka utan det gör beställaren. Är det bara rakt och fint kan man ju ha var 20:e meter men så fort det är en kurva vill man egentligen ha det tätare. Det är därför det är bra med VIPS-databasen för då kan vi själv extrahera ut med det intervall man vill ha. VIPS-databasen är vägmodellen som görs i Novapoint.

Problemet med dubbelpunkter är att du får dubbla höjder och då vet systemet inte vilken höjd den ska gå efter.

En stor nackdel som tillkommit pga. maskinstyrning är att stakkäpparna försvinner. Övriga arbetsgrupper kan inte orientera sig i området och de ser inte om någonting är fel innan det är för sent. Du behöver ju inte ha stakkäppar som förr i tiden, var 10-20:e meter. Det räcker med var 50:e meter men av lathet har stakkäpparna försvunnit allt mer och mer.

Det spelar ingen roll om modellerna är framtagna med Civil 3D eller Novapoint. Bristen där är hur Geo hanterar filen och du har samma brister i Novapoint och Civil 3D för Geo klarar inte av alla interfaces. De klarar mer av grunddatan.

Jag ser inga nackdelar med att få ytmodellerna levererade som triangelm modeller i dwg-format. Det är jättesmidigt. Får man ytorna och sen en linjeprofil så kan du ju kolla hela ytan själv också. Jag tycker det är ultimat att få alla brytlinjer.

Projektörerna projekterar oftast i 3D när de plockar fram mängderna och då känns det som att vi sitter och göra dubbelarbete. Om det finns färdigt och klart från början, varför ska vi då sitta och göra om allting från en 2D-ritning. Beställaren betalar ju för dubbelt arbete. Vi gör väldigt mycket åt Växjö kommun så jag bygger ju modellerna åt dem och de jobbar i Civil 3D. De använder bara 2D-delen. Det bästa är om de lär sig att projektera i 3D. Först betalas de som projekterar med skattepengar sen betalas mätteknikerna med samma skattepengar för att göra om samma arbete.

## **BILAGA 4**

### **Frågeformulär till entreprenör**

**Namn:** Andreas Fransman

**Verksamhet:** NCC Construction

**Befattning:** Mätchef

**Datum:** 2013-04-25

#### **1) Vilket/vilka maskinstyrningssystem använder ni vanligen?**

Vi använder de flesta som finns på marknaden men vanligast är att vi har Scanlaser. Dem är ju de som är störst.

#### **2) Vilket/vilka mätningstekniska program använder ni för hantering av maskinstyrningsmodeller?**

Geo och Topocad. Det har man ju förstått att det inte är tillräckligt om man ska överleva. I alla fall har jag kommit till insikt med det. Projekteringarna blir ju mer och mer komplexa med diameter, dimensioner, material, längder och artikelnummer. Då funkar det inte att sitta i de programmen. Man kan ju projektera väldigt detaljerad och fin mark, rör och schakter men det är man ju inte så intresserad av som mätare. Där är man intresserad av vattengångar, brunnskanter och lockhöjder. Där ska man ju då komma fram till hur man levererar en 3D-projekterad fullständig modell och samtidigt skicka med förutbestämd utsättningsdata. Nu sitter jag i Civil och har fått en projektering i MagiCAD som VA-system. Redan där spricker alltihop. Jag får ju inte ut någonting. Sen måste man titta på det där hur man ska skicka med en separat utsättningsdatafil med de vattengångar som finns sen kan man ju ha en projekterad modell för att sitta och mängda eller plocka rör.

#### **3) Hur ser händelseförloppet vanligen ut när ni skapar maskinstyrningsmodeller?**

- **Vilka data utgår ni från vid skapandet av modeller?**
- **Utgår ni alltid från projektörens modeller eller skapar ni egna?**

Om man gör det själva så kastar man på en dwg. Sen tittar man på plan och profil på VA, typsektioner och bottenbredder sen är det bara att höjdsätta vattengången och parallellförflytta linjer och hitta skärningar i förhållande till terrasbottnar. Då vi får levererat material från konsulten så har jag tittat på vägar projekterade i Novapoint. Där funkar det bra enda till man kommer till en korsning. En sak till är att ur en projektering i Novapoint kan man plocka ut sidolinjer, höjdsätta polylines. Då klara programvaran inte av att hantera radier i 3D. Det blir istället små millimeterelement. Det är inte så bra när vi plockar

in de i våra stationer. Du har ju start- och slutpunkt på en raklinje. Man vill ju ha en tangentpunkt och en höjdsatt radie till en annan tangent. Det blir mycket handpåläggning för att kunna hantera materialt. Om du t.ex. har en kantstensradie 2. Det kan du ju inte ha 400 raklinjer på.

#### **4) Förekommer det att ni har tillgång till anläggningsmodeller färdiga för användning till maskinstyrning/guidning utan att behöva bearbetas?**

Visst kan man beställa en LandXML-fil på en terrassbotten på en väg och skicka ut den till de system som läser LandXML. Det går ju men det är sällan man går den vägen utan man öppnar istället upp de och tittar på dem. Vilket område, hur ser den ut, vilka angränsande modeller har jag och hur passar dem? Det är ingen god idé att kasta ut de direkt men det skulle ju helt klart kunna fungera. Det som krävs är att vi beställer dessa. Man får ju tjata sig till dem. Så var det i alla fall när jag satt ute i produktion för några år sen. Man märker att det börjar mjukna och att de skickar med eller lägger upp på olika databaser men det är väl en kontraktsfråga om vad beställaren har beställt. Det börjar bli mer tryck på att få med modellerna.

#### **5) Hur skiljer sig era modeller från konsulternas modeller?**

Det är nog väldigt svårt att svara på det. Det beror lite på kunskapen hos mätningsteknikern. Jag kan tänka mig att om man tittar på en vägprojektering så är den nog mer detaljerad än vad vi skulle göra den i projektet med de olika överbyggnadsskikten. Det råder lite delade meningar hur man vill ha det. Man gräver till en terrassbotten. Då vill man ha en terrassbotten som visar att hit ner ska vi gräva. Sen ska man ha en färdig yta, dvs. en färdig väg. Sen är det oftast så att lagren under är konstanta på vägen så då lägger vi in färdig väg i hyveln och säger att vi ska hyvla på t.ex. 135 mm under. Det hör nog till vanligheten. I sista skedet är det maskinisten tillsammans med en arbetsledare som bestämmer var terrassbotten är. Det kan man inte sitta och göra på ett kontor. Är det geggigt och slaskigt kan det t.ex. beslutas att man måste gräva ur och lägga duk för att det ska hålla. Då vill man ju ha den möjligheten att kunna utgå från färdig väg eller från terrassbotten. Bara man vet vilket offset man ställer i förhållande till vilken yta. Då är man hemma.

#### **6) Vilka data saknas och vilka brister ser ni i de modeller som projektörerna levererar?**

Det kanske inte är så lätt för mig att svara på men jag ser nog att den största bristen är mängden programvaror. Det blir problem när beställaren beställer projektering som vi ska försöka använda. Då slutar det med att entreprenören och påtalar felen varpå konsulten hävdar att han endast har gjort det som

beställaren säger. Vi får ofta pyssla om väldigt mycket i de dwg-filerna vi får levererat.

Nu kommer vi kanske lite utanför din fråga, 3D-projektering till utsättningsdata i all ära men det finns en annan koppling med resursplaneringar på olika djup, volymer, material och brunnstyper. Alltså själva arbetsledardelen av en anläggningsinformationsmodell. Den visuella biten skulle man också behöva undersöka. Vi kan ju inte lägga ner allt det här bara för att jag ska få en höjdsatt linje. Det måste finnas mer saker att vinna ur det här, t.ex. samgranskningsritningar, diskussionsunderlag, visa kunder och omkringboende och prata med maskinister så att de ser. Den biten måste man också fundera på lite grann.

### **7) Vilka format föredrar ni att ta emot från projektörerna?**

- **Kan dessa användas direkt till maskinstyrning utan att behöva bearbetas?**

Personligen har jag sådan tur att jag sitter med era programvaror så jag vill t.ex. ha hela databasen i Novapoint. Det finns något som heter Site Tool, det har vi arbetsplatser som använder idag. Där kan man sitta och plocka ut sina egna bullervallar och kantlinjer och liknande. Man kan ju förespråka att man kan få höjdsatta polylines, t.ex. för rör, kantstenar och vattengångar i dwg men vill jag ha en terrassbotten så LandXML.

### **8) Önskas samtliga objekt i 3D?**

- **Om inte, vilka är de väsentliga och vilka vill ni alltid ha med?**

Allt som är ritat i 3D vill vi ju ha i 3D förutsatt att det är rätt ritat. Visst vill vi det, gärna någon linje för mycket än för lite. Man får väl sikta på LandXML och dwg, då är man hemma men även databaser.

### **9) Vad krävs för att kunna använda anläggningsmodeller som maskinstyrningsmodeller utan bearbetning och konvertering?**

Det är väl inget annat än att de är läsbara i maskinstyrningssystemen. Det är steg ett. Där är det ju 400 format. Håller man sig till trådmodeller och höjdsatta linjer eller kanske sammansatta väggkroppar kan inte jag se några problem. Vi är ju intresserade av höjdsatta punkter.

### **10) Hur bör lageruppdelningen av modellen vara uppbyggd?**

Det är nog bara Topcon som kan hantera filer med flera lager i sitt maskinstyrningssystem. Det får du nog kolla upp med leverantörerna för jag

tror nämligen inte att det är möjligt i Scanlasers maskinstyrningssystem. Det optimala är då att få de olika lagren i separata filer.

### **11) Vilken information används vid skapandet av maskinstyrningsmodeller till grävmaskiner, bandschaktare respektive väghyvlar? (ytor eller linjer?)**

Det går väl inte att säga generellt men du kan ju hyvla i förhållande till en linje och en skevning. Du går också bra att hyvla i förhållande till en terrängmodell om du inte har för små trianglar. Det samma gäller bladare. Du kan gräva till en terrängmodell eller efter en linje. Hyvla kan du göra även i en vägmodell. De linjeformat som vi använder är dwg och Geo:s linje och profil. Jag tror att Novatrons och Trimbles maskinstyrningssystem klarar av LandXML-linjer. Trimble har ju en egen omvandlingsprogramvara, Trimble Business Center. Där lägger de in input så blir det något annat i andra änden.

### **12) Vilka för- respektive nackdelar ser ni med att få tillgång till fullständiga anläggningsmodeller anpassade till maskinstyrning?**

Det beror lite på i vilket skede som modellen levereras. Får man tid så blir det ett helt annat granskningsförfarande. Det kommer ju ta längre tid, inte längre tid men det finns ju mer att granska än två plushöjder på en A3. Det blir en annan process i att granska. Lite mer noggrann med mer information att granska. Då vill det ju till att ritningen helst levereras en stund innan man ska börja gräva den ytan. Fördelarna är ju förhoppningsvis många så länge det är korrekt ritat och att vi på ett effektivt sätt kan plocka ut data. Då blir det en väldig massa fördelar men det är ju lite frågetecken först då.

### **Övrigt)**

För att gynna denna effektivisering tror jag att man skulle vilja ha en intresseorganisation typ OpenBIM som ställer lite krav på beställare och projektörer. Med tanke på den stora mängden programvaror och format tycker jag att man bör sätta sig ner och besluta vilka som ska användas. Sker projekteringen i en programvara som vi inte har så måste vi besluta och undersöka hur vi ska göra för att införskaffa licenser och hur det ska kopplas till maskinstyrning. Det bidrar ju till en massa saker. Geo och Topocad kanske måste förändras eller måste vi kanske hitta ett annat program som kan läsa alla olika projektörers verktyg?

Enligt mig får man inte bli projektör om man inte har jobbat på en arbetsplats. Det är jätteviktigt att förstå vissa saker som t.ex. vad är det jag egentligen ritar och vad ska det användas till? Jag tror att ungdomar är mer flexibla att faktiskt

leva med i sin modell. Alla pratar om partnering, samverkan, knyta an sig projektörer och jobba närmare och längre. Det tror jag genererar att man nästan ser slutresultatet av sin projektering.

För att skynda på processen kan vi som entreprenör och ni som konsulter gå ut och göra reklam för att visa vad vi kan göra. T.ex. redogöra för beställare att exempelvis här kan vi projektera en VA-grav där vi får ut volymen och det blir perfekt. Att skriva ett papper på en manual som ingen orkar läsa, det blir inget bra. Man måste nästan bifoga typmodeller på olika ytor och konstiga vinklar och allt vad man än vill ha.

Det är minst lika viktigt att få med produktionsledningen. Det är inte meningen att en sådan dyr, fin och noggrann projektering ska sluta i en 3D-linje i Geo. Det finns flera saker att titta på och hantera.



## BILAGA 5

### Frågeformulär till entreprenör

**Namn:** Fredrik Larsson

**Verksamhet:** PEAB

**Befattning:** Mätchef

**Datum:** 2013-05-02

#### 1) Vilket/vilka maskinstyrningssystem använder ni vanligen?

Vi använder nästan uteslutande Hexagonkoncernen, det är då Scanlaser.

#### 2) Vilket/vilka mätningstekniska program använder ni för hantering av maskinstyrningsmodeller?

Vi kör både med Geo och Civil 3D. Civil 3D använder vi kanske inte som ett geodesiprogram men som hjälp när vi skapar modeller. Framför allt vid totalentreprenader gör vi en del av projekteringen på plats. I det läget använder vi Civil.

#### 3) Hur ser händelseförloppet vanligen ut när ni skapar maskinstyrningsmodeller?

- **Vilka data utgår ni från vid skapandet av modeller?**
- **Utgår ni alltid från projektörens modeller eller skapar ni egna?**

Om vi börjar med när vi får material från projektören så får vi trådmodeller på vägarna sen bygger vi själva en terrängmodell av det. Trådmodellerna är jättebra och det är lätt att bygga alla lagren till överbyggnaden för en hyvel eller en bandtraktor. En grävmaskin som inte går i linjen har svårt att gräva efter det. De vill ju ha det som terrängmodeller, dvs. ytor, i alla fall i GeoROG. Gräver du 90 grader mot linjen och vrider skopan så vrids modellen inte i en linjemodell som den gör i en terrängmodell. Därför blir det att man får göra dubbelt arbete eftersom bandtraktorerna och hyvlarna inte kan köra efter en terrängmodell, det blir för hackigt för dem. Kör de lite diagonalt mot linjen blir det fel rent matematiskt när den räknar var bladets är. Den bygger liksom på att man kör i linjen. När vi skapar egna maskinstyrningsmodeller blir det nästan uteslutande terrängmodeller. Vi vill gärna ha linjer. Har man alla linjerna är det jättelätt att skapa terrängmodeller för då blir det inga fel. Vi försöker undvika att få levererat dwg-filer. Det är mycket bättre när vi får det som XML-filer. När vi importerar dessa i Geo så får vi i stort sett hela linjemodellen färdig.

#### **4) Förekommer det att ni har tillgång till anläggningsmodeller färdiga för användning till maskinstyrning/guidning utan att behöva bearbetas?**

Tyvärr är det så att vi inte litar på projektörer. Jag vågar inte ta en modell och direkt lägga den till maskinerna. Där är för mycket slarvfel när det kommer från projektörerna. Sen ska man kanske inte dra alla över en kant men generellt är projekteringen inte tillräckligt noggrann. Jag tror att många projektörer inte är riktigt medvetna om hur nära maskinerna de är. Många tänker nog fortfarande att även om de levererar en digital handling så granskas den som en pappersritning, att det är någon som gör det sista lilla, vilket vi vill slippa. Då gäller det att alla är medvetna om det så att man inte hamnar i den sitsen. Lämna jag ut modeller som inte är korrekta i ett par maskiner så hinner de förstöra rätt så mycket på kort tid. Än så länge har jag inte lämnat ut något direkt till maskinerna.

#### **5) Vilka data saknas och vilka brister ser ni i de modeller som projektörerna levererar?**

Så som det har varit i det projektet vi är i nu så är det för mycket anslutningar mellan modeller som det inte stämmer mellan. Det är jättelätt att rita två vägar men just när de går ihop blir det lite svårt. Jag vet inte riktigt hur det går till men jag misstänker att när man har en väg så har man en normalektion kopplat till den och när den träffar en annan väg blir där ofta ett glapp. Det är jättelätt på en planritning att rita ihop ett slänkrön lite rundat men så ser det inte ut i modellerna. Vi har haft anslutningar där asfalthöjderna inte har träffat varandra. Då är frågan om man ska leverera en modell hela vägen in till anslutningen eller ifall man ska släppa den anslutande vägen tio meter innan och anpassar därefter. Det är inte många år sen man fick ritningar som var höjdsatta var tionde meter. Då fick man ju ändå anpassa var tionde meter i taget. Det krävs ju lite om man levererar en modell hela vägen in, då måste det vara rätt. Vi har haft problem där projektörerna ritar en färdig yta och inte tänker på hur mycket överbyggnad det är. Där terrassen träffar diket blir där då en kant. Det blir liksom som en låda där man ställer vatten. Där krävs det rätt slänlutningar. Man har helt enkelt gjort ett för grunt dike och när man lägger på överbyggnaden så hamnar överbyggnaden ner under dikeshöjden. Det verkar som att de inte tar hänsyn till de olika överbyggnadslagren. Det är möjligt att de inte bygger upp vägen från terrassyta utan att de istället utgår från färdig yta.

## **6) Vilka format föredrar ni att ta emot från projektörerna?**

- **Kan dessa användas direkt till maskinstyrning utan att behöva bearbetas?**

LandXML. Dem kan läsas direkt i Scanlaser, i de nya utrustningarna. Det gör vi däremot inte. Dels för att jag själv vill ha kontroll på det och sen använder vi samma filer i vår egen utrustning så jag vill ju ändå ha det i datorn.

## **7) Önskas samtliga objekt i 3D?**

- **Om inte, vilka är de väsentliga och vilka vill ni alltid ha med?**

För byggnationens skull behöver man inte ha det men för att undvika att det inte blir några kollisioner i projekteringen så tycker jag att allting borde projekteras i 3D. Det är förvånansvärt ofta att man t.ex. ska lägga två korsande ledningar och dem krockar. Hade man då gjort allting i 3D hade man sett det på ett helt annat sätt. Då vet projektören kanske inte hur han ska lösa det. Det måste helt enkelt finnas en bättre dialog med entreprenören. Vi har ju vissa lösningar inom produktionen som projektörerna kanske inte vet om. Att det ritas i 3D är egentligen det viktigaste så att man undviker krockarna.

## **8) Vad krävs för att kunna använda anläggningsmodeller som maskinstyrningsmodeller utan bearbetning och konvertering?**

Det krävs att projekteringen är mycket mer noggrant utförd och att projektörerna har vetskapen om att det kommer att användas direkt och att det inte är någon som granskar det. Det är ju en ersättningsbit också för alla måste få göra fel men gör man dessa modeller fel så kostar det enormt mycket pengar. Granskningen där måste bli mycket hårdare. Det är svårt det här med att ta det direkt från projektören ut till maskinerna. Det finns ju ett finskt bolag, Novatron. Deras nästa version av utrustning är uppbyggd så att man ska kunna läsa direkt från Novapoints databas. Då är det ju väldigt viktigt att modellerna verkligen är rätt utformade.

## **9) Hur bör lageruppdelningen av modellen vara uppbyggd?**

Om du kör som terrängmodeller eller ytor rättare sagt så klarar SBGs produkter endast ett lager per fil. Jag tror att det är i Topcon som man kan ha i alla fall två terrängmodeller öppna samtidigt. Då ser du när de går om lott på varandra.

Så som det är nu så får vi ett terrasslager som jag använder när jag bygger terrängmodellen till grävmaskinerna. Vad gäller trådmodeller utgår jag ifrån den färdiga ytan och bygger linjemodellen med varje lager. Då kan maskinisten välja vilket lager han vill lägga sig på direkt. Då får han med

bredden ut till slänterna. Har du istället en färdig yta som du offsetar ifrån så går den rakt ner från den färdiga ytan. Då blir det inte rätt hur långt ut man ska lägga förstärkningen på slänterna för varje lager. I vissa projekt med olika vägar har vi t.ex. inte samma tjocklek på överbyggnaderna och det är olika tjocklek på asfalterna. Då bygger jag upp modellerna så att de kan välja t.ex. förstärkningslager för aktuell fil. Då hamnar de i rätt yta direkt samtidigt som det blir mindre antal filer.

### **10) Vilken information används vid skapandet av maskinstyrningsmodeller till grävmaskiner, bandschaktare respektive väghyvlar? (ytor eller linjer?)**

Till grävmaskiner är det nästan bara ytor. Till bandschaktare och hyvlar använder man linjer. Linjeformaten är Geo:s egna linjeformat så som LIN och PRF.

### **11) Vilka för- respektive nackdelar ser ni med att få tillgång till fullständiga anläggningsmodeller anpassade till maskinstyrning?**

Jag ser inga nackdelar med det. Fördelarna är otroligt många men det krävs mycket för att komma dit.

### **Övrigt)**

Tyvärr är Geo inte så kraftfullt och klarar inte av att hantera tunga filer, t.ex. dwg. Exempelvis har vi en skannad yta där det är hur mycket punkter som helst. I dwg-filen är det inga problem för den klarar av att hantera det men så fort man gör det till Geo-formatet så blir den för tung.

Vi har krav på oss att vi ska leverera en anläggningsmodell men det är ingen som kan säga vad en anläggningsmodell är för något och vad den ska innehålla. Jag tror att relativt snart kommer det att bli bättre för att det här kommer göra att de bygger mycket med totalentreprenad. Dem har nog trott att de lämnar bara ut att så här vill vi ha det och så är det entreprenören som får sköta allt men det fungerar ju inte riktigt så. Det blir ju mycket frågor efter hand som de måste svara på.

Det finns stora brister i projektörernas kunskap i produktion. Vi brukar säga att för att jag ska få sitta som mätchef på ett Trafikverksjobb måste jag ha behörighet, för att sitta som platschef måste du ha behörighet och för att köra grävmaskin behöver du ha ett körkort. Att sitta och projektera kan egentligen vem som helst göra. Det borde kanske finnas någon sorts certifiering även på projektörer. Det hade nog varit bra men sen ska det inte gå till överdrift. Det är

nästan så att om man får en ritning på framför allt mindre jobb kan man nästan se ifall den som ritat varit ute i produktion.

Ifall vi startat ett nytt företag idag från grunden så hade det inte suttit Scanlaser eller Hexagonprodukter på någon maskin. Utan då hade det varit Topcons utrustningar, kanske inte för att de är mest användarvänliga för maskinisten utan just kopplingen med SiteTool där man kan följa hela processen. Dels utifrån där man i stort sett kan få information i realtid på tidplanen.