



CHALMERS

Utveckling av 3D-modellering med avseende på bygghandlingar inom anläggnings- branschen

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

ELIAS BORGELSSON
PÄR JOHANSSON

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Geologi och Geoteknik
Forskningsgruppen för Väg och trafik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Examensarbete ACEx20-18-18
Göteborg, Sverige 2018

EXAMENSARBETE ACEX20-18-18

UTVECKLING AV 3D-MODELLERING MED AVSEENDE PÅ
BYGGHANDLINGAR INOM ANLÄGGNINGSBRANSCHEN

ELIAS BORGELSSON
PÄR JOHANSSON

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Geologi och Geoteknik
Forskningsgruppen för Väg och Trafik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg 2018

UTVECKLING AV 3D-MODELLERING MED AVSEENDE PÅ
BYGGHANDLINGAR INOM ANLÄGGNINGSBRANSCHEN
*Ett examensarbete inom Samhällsbyggnadsteknik på Chalmers tekniska
högskola*

ELIAS BORGELSSON
PÄR JOHANSSON

© Elias Borgelsson & Pär Johansson 2018

Examensarbete ACEX20-18-18
Institutionen för Arkitektur och Samhällsbyggnadsteknik
Chalmers tekniska högskola 2018

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Geologi och Geoteknik
Forskningsgruppen för Väg och Trafik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Institutionen för Arkitektur och Samhällsbyggnadsteknik
Göteborg 2018

UTVECKLING AV 3D-MODELLERING MED AVSEENDE PÅ
BYGGHANDLINGAR INOM ANLÄGGNINGSBRANSCHEN

Ett examensarbete inom Samhällsbyggnadsteknik på Chalmers tekniska högskola

ELIAS BORGELSSON
PÄR JOHANSSON

Institutionen för Arkitektur och Samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Geologi och Geoteknik
Forskningsgruppen för Väg och Trafik
Chalmers tekniska högskola

Sammanfattning

Byggnadsinformationsmodellering, BIM, inom anläggningsbranschen är inte lika välutvecklat som inom byggbranschen. Det beror på flera faktorer, exempelvis komplicerade geometrier, bristande kravställning och osäkra markförhållanden. En rapport från EU visar på att det finns stora nationalekonomiska vinster med att implementera BIM inom anläggningsbranschen.

Detta examensarbete undersöker hur konstruktionsfirmor arbetar med 3D-modeller idag och vad som krävs för att kunna gå över till att använda 3D-modeller som bygghandlingar. Rapporten baseras på en intervjustudie med respondenter från olika aktörer inom branschen som konstruktörer, forskare och entreprenörer.

Intervjustudien visar att branschen idag använder sig av samma programvaror och att de anses tillräckligt kompetenta men att det finns förbättringsområden. Branschen rör sig mot att utforska insticksprogram till Revit och Tekla som använder sig av visuell programmering för att möjliggöra parameterstyrd modellering.

Det konstateras att det finns tre stora hinder för att utvecklingen inte kommit längre: bristande kravställning från beställare som inte tydliggör vad som efterfrågas och i vilken detaljeringsnivå, bristande kunskapsnivå i de program som finns tillgängliga och att den ekonomiska vinningen inte blivit tydliggjord på projektnivå.

Nyckelord: 3D-modell, anläggning, bro, parameterstyrd modellering

DEVELOPMENT OF 3D-MODELING WITH FOCUS ON CONSTRUCTION
DOCUMENTS IN CIVIL ENGINEERING

*Degree Project in the Engineering Programme Civil and
Environmental Engineering*

ELIAS BORGELSSON
PÄR JOHANSSON

Institution for Architecture and Civil Engineering
Division of Geology and Geotechnics
Research Group for Road and Traffic
Chalmers University of Technology

Abstract

Building information modeling, BIM, in civil engineering is not as developed as it is in architectural engineering. This depends on a number of factors, such as complex geometries, vague requirement specifications and uncertainty due to terrain related circumstances. An EU-funded report states that there is a lot of national economic gain that would follow an implementation of BIM in civil engineering.

This report examines how construction firms use 3D-modeling today and how they can shift towards using 3D-models as valid construction documents. It is based on a number of interviews where the responders are active within civil engineering, for instance as scientists, consultant- and contractor-organizations.

Responders from the conducted interviews agree that the construction industry prefer to use the same modeling software programs, and although they are viewed as competent, there is clearly room for improvement. The industry moves towards plug-ins for Revit and Tekla which uses visual programming for parameter controlled design.

Three big obstacles for the development of BIM in civil engineering are identified: vague requirement specifications from clients, lack of competence in available software applications and the fact that the economical profits have not been fully elucidated on a project level.

Key words: 3D-model, civil engineering, bridge, parametric design

Förord

Med detta examensarbete avslutar vi våra studier och sätter punkt för tre väldigt lärorika år på Chalmers tekniska högskola.

Särskilda tack

Vi vill tacka vår handledare på Inhouse Tech, Max Fredriksson, som gav oss möjlighet att genomföra detta examensarbete.

Vidare riktar vi ett tack till vår examiner och handledare Anders Markstedt på forskargruppen för Väg och Trafik som bidragit till arbetet med sin kunskap och sina erfarenheter.

Ett extra tack vill vi även rikta till Linus Laggar på Inhouse Tech som stöttat med handledning och bidragit med tid, engagemang och kunskap.

Vi riktar även ett tack till alla respondenter som tagit sig tid för intervjuer, e-postkorrespondens och telefonsamtal.

Avslutningsvis riktar vi ett stort tack till Inhouse Tech, som utöver att mycket generöst har försett oss med kontorsplats och teknisk utrustning, varmt mottagit oss och välkomnat oss till branschen.



Elias Borgelsson



Pär Johansson

Begreppsförklaring

Beteckningsförklaringen redogör för vad som åsyftas med olika beteckningar och förkortningar i rapporten. Listan är sorterad i fallande ordning från tidigast förekommande begrepp.

BEGREPP	FÖRKLARING
BIM	Byggnadsinformationsmodellering
Modell	Datorgenererad 3D-modell
Ritning	Tvådimensionell teknisk ritning. Framställd i dator eller med penna och papper
LoD	Level of Detail, beskriver detaljeringsnivå inom BIM
Byggghandling	Systemhandling så som ritning, teknisk beskrivning etc.
Västsvenska paketet	Samlingsnamn för en mängd infrastruktursatsningar som syftar till att stimulera tillväxt i västra Sverige
Tomma geometrier	Objekt som enbart är en principiell geometri helt utan övrig information
Gränssnitt	Beskrivning av kommunikationen mellan olika program och programfamiljer
Öppna format	Format för att hantera och sammanställa modeller från olika program
IFC	“ <i>Industry Foundation Classes</i> ” öppet format, ej knutet till något företag
DWG	“ <i>Drawing</i> ” format som ägs och utvecklas av Autodesk
CAD	“ <i>Computer Aided Design</i> ” eller “ <i>Computer Aided Drafting</i> ”. Programassisterad framtagning av tekniska ritningar
Open-source	Källkod som är fritt att kopiera eller modifiera
Script	Programkod
Programfamilj	Program från samma leverantör

Innehåll

Sammanfattning	I
Abstract	II
Förord	III
Begreppsförklaring	IV
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Frågeställningar	2
1.4 Mål	2
1.5 Avgränsning	3
1.6 Metod	3
1.6.1 Litteraturstudie	3
1.6.2 Intervjustudie	3
1.6.2.1 Val av respondenter	3
1.6.2.2 Intervjuernas utformning	3
1.6.2.3 Etiskt förhållningssätt	4
1.6.3 Metodkritik	4
2 Fallbeskrivning	5
2.1 Sörredsmotet	5
2.2 Veidekke	6
2.3 Inhouse Tech	6
2.3.1 Konstruktionsarbetet på Inhouse Tech	6
3 Teoretisk bakgrund	7
3.1 Broprojektering	7
3.1.1 Vägutformning	7
3.1.1.1 Plan	8
3.1.1.2 Profil	9
3.1.1.3 Tvärsektion	9
3.1.2 Broutformning	10
3.1.2.1 Grundläggning	10
3.1.2.2 Underbyggnad	10
3.1.2.3 Överbyggnad	10

3.2	Upphandling och entreprenadformer	11
3.2.1	Entreprenadformer	11
3.2.1.1	Utförandeentreprenad	11
3.2.1.2	Totalentreprenad	11
3.2.1.3	Delad entreprenad	12
3.2.2	Upphandlingsformer	12
3.2.3	Branschstandarder och standardavtal	12
3.3	Byggnadsinformationsmodellering	13
3.3.1	3D-modell	13
3.3.2	BIM	14
3.3.3	Detaljeringsnivå	15
3.3.4	CoClass	15
3.4	Trafikverkets roll och krav	15
3.4.1	BIM-trappan	16
3.4.2	Trafikverkets definitioner	17
4	Resultat	18
4.1	Läget i branschen idag	18
4.1.1	Exempel på ritningslösa projekt	20
4.1.2	Gränssnitt	20
4.1.2.1	IFC och DWG	20
4.1.2.2	Problem i gränssnitt mellan program	21
4.2	Framtiden i branschen	21
4.2.1	Krav i upphandlingar	22
4.2.2	Parameterstyrd modellering	22
4.2.3	Visuell programmering	23
4.2.3.1	Dynamo	25
4.2.3.2	Grasshopper	25
4.3	Hinder för 3D-modellering och BIM i anläggningsbranschen	26
4.3.1	Juridiska frågor	27
5	Diskussion	29
5.1	Varför är 3D-modellering inte mer utbrett idag?	29
5.1.1	Tekniska begränsningar	29
5.1.1.1	Utvärdering av parameterstyrd modellering och visuell programmering	29
5.1.2	Psykologiska begränsningar	30
5.1.3	Vilken part har mest att vinna?	31
5.2	Framtida möjligheter	32
6	Slutsats	33
7	Förslag på framtida studier	34
	Litteraturförteckning	35
	Bilagor	39

Kapitel 1

Inledning

I detta kapitel presenteras arbetets bakgrund, dess syfte, frågeställningar, avgränsningar samt de metoder som använts under arbetet.

1.1 Bakgrund

Studier visar att husbyggnadsbranschen har kommit längre än anläggningsbranschen vad gäller byggnadsinformationsmodellering, BIM, inom vilket 3D-modeller är en stor del (Arvidsson, Eriksson, Holmgren, Madsen & Nilsson, 2014). Detta kan enligt Arvidsson m. fl. (2014) bero på att anläggningsbranschen är mer konservativ. Det kan också bero på att det verktyg som finns för att ta fram modeller är sämre lämpade för anläggningsbranschen. Trafikverket (2017) menar att komplexa geometrier på olika byggelement gör modellering av infrastruktur komplicerat och tidsödande.

Avsaknaden av en tydlig standard att arbeta efter eller upphandlingar som inte ställer krav på detaljeringsnivån i modelleringen kan också vara en bidragande faktor till att anläggningsbranschen inte kommit längre i utvecklingen (Arvidsson m. fl., 2014). BIM Forum (2017) beskriver att detaljeringsnivån kan kravsättas utifrån ett graderingssystem, "Level of Detail" förkortat LoD, som är välkänt i branschen. Graderingssystemet är uppbyggt med olika nivåer, från skiss till tillräcklig detaljnivå för att användas vid förvaltning, LoD 100-LoD 500.

Idag används modeller i stor utsträckning i syftet att visualisera ett slutresultat, vilket medför att modellerna blir grova och inte tillräckligt exakta för att användas som bygghandling (Trafikverket, 2017). L.Laggar (personlig kommunikation, 2018-01-31) menar att ett etablerat arbetssätt som används vid projektering är att bron ritas i 2D och från det produceras bygghandlingar. Efter det byggs en enkel tredimensionell modell upp. J.Axelsson (personlig kommunikation, 2018-03-14) anser att en effektivare arbetsgång hade varit att bygga upp en exakt modell utifrån vilken önskade bygghandlingar kan genereras.

Att ta fram exakta modeller är komplext och tidsödande, vilket medför en stor kostnad och bortprioriteras ofta då nyttan inte alltid är identifierad och därför kan inte kostnaden motiveras (L.Laggar, personlig kommunikation, 2018-01-31). Väl genomtänkta arbetssätt och arbetsgångar som kan standardiseras för att använda i flera projekt skulle kunna minska den kostnaden.

3D-modeller laddade med information i syfte att ersätta ritningar, så kallad BIM, skulle kunna reducera många av kostnaderna kopplat till risker för okända förutsättningar (Trafikverket, 2017). Enligt en EU-finansierad rapport från EU BIM (2016) skulle BIM, om det implementeras i större skala och i fler skeden i en byggnadsprocess, spara upp till 25 % av kostnaderna under en byggnads livslängd.

Vidare konstateras att för att kunna implementera BIM i större utsträckning behövs tydliga riktlinjer från Trafikverket tillsammans med branschen (C.Karlsson, personlig kommunikation, 2018-01-31).

EU BIM (2016) pekar i sin rapport ut anledningen till branschens låga lönsamhet grundas i otillräckligt satsning på digitalisering. Dessutom är informationshanteringen i projekt ofta bristfällig. Detta leder i sin tur till höga skattefinansierade kostnader på grund av förseningar och stora, kostsamma ändringar i sena projekterings- och byggnadsskeden, som skulle kunna undvikas. Vidare menar EU BIM att BIM som koncept kan vara lösningen på dessa problem, då det bygger på en digital modell som informationsbärare som alla discipliner ska kunna hämta information ifrån och addera information till. Även om det innebär en ökad projekteringskostnad så sparas pengar på minskad produktionskostnad, då mängden oförutsedda fel minimeras. De uppskattar att en digitalisering kan spara upp emot 20 % av projektkostnaderna i infrastruktur- och anläggningsprojekt. BIM Alliance (2016) menar att BIM ger mervärde i flera faser:

- Samordning och analys under projekteringsfasen.
- Kalkyl och produktionsplanering under genomförandefasen.
- Drift och underhåll under förvaltningsfasen.

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att undersöka hur användandet av 3D-modeller kan utvecklas vid projektering med avseende på skapandet av bygghandlingar inom anläggningsbranschen, specifikt brobyggnad. Vidare undersöks vilka hinder som finns för att helt arbeta med och leverera 3D-modeller istället för 2D-ritningar.

1.3 Frågeställningar

De frågeställningar examensarbetet grundar sig i är följande:

- Hur arbetar konstruktionsföretag med 3D-modeller?
- Vilka hinder finns för att endast arbeta med 3D-modeller?
- Hur lämpade är de programvaror som företagen använder för bromodellering?

1.4 Mål

Målet med detta examensarbete är att presentera en potentiell lösning för att övervinna de olika hinder som finns för att arbeta med 3D-modeller.

1.5 Avgränsning

Detta examensarbete rör endast anläggningsbranschen och skrivs ur en konstruktörs perspektiv gällande brobyggnad. Analyser kommer inte utföras på motsvarande arbetssätt för husbyggnad. Rapporten undersöker i huvudsak arbetet kring 3D-modeller, vilket är en del av konceptet BIM, och kommer ej avhandla konceptet BIM som helhet.

1.6 Metod

För denna rapport valdes kvalitativa studier. Rapporten baseras på litteraturstudier och intervjuer av yrkesverksamma inom branschen, dels konstruktörer men också leverantörer av programvaror, beställare och forskare. Vi utgår från modelleringsarbetet kring projektet Sörredsmotet och de förutsättningar och utmaningar som uppstår vid projekteringen av liknande projekt.

1.6.1 Litteraturstudie

Litteraturstudien utgår från de databaser som finns tillgängliga vid Chalmers bibliotek, tidigare examensarbeten skrivna på Chalmers, andra tekniska universitet och högskolor samt Google Scholar.

Sökord som används för litteraturstudien är: *BIM, 3D, anläggning, infrastructure, bro, bridge, Revit, Dynamo, Civil-3D, Novapoint, Tekla, Rhinoceros, Grasshopper*.

1.6.2 Intervjustudie

Intervjustudien utförs på yrkesverksamma inom branschen. Huvudsakligen genomfördes intervjuer närvaro på respondenternas arbetsplats, men även via e-post.

1.6.2.1 Val av respondenter

Intervjuerna har genomförts med personer på företag som arbetar med konstruktion av anläggningskonstruktioner och har erfarenhet av 3D-projektering och BIM, samt med beställare (se *Bilaga A*).

1.6.2.2 Intervjuernas utformning

För denna rapport användes semistrukturerade intervjuer, där fördefinierade frågor användes som utgångspunkt och ett ramverk för intervjun (se *Bilaga B* och *C*). Utifrån respondenternas svar diskuterades det vidare kring deras svar. De fördefinierade frågorna anpassades till varje intervju, beroende på om respondenten tillhörde beställarsidan, leverantör av programvara eller var projektör. Frågorna utgår från de problem som uppstått vid projekteringen av Sörredsmotet.

1.6.2.3 Etiskt förhållningssätt

Vid intervjutillfället tillfrågas respondenten om de godkänner att intervjun spelas in samt om de godkänner att det de säger kan komma att användas som källmaterial i rapporten. Eventuella svar som respondenten ej känner sig bekväm med att vi redogör för utelämnas. Samtliga respondenter får det färdiga examensarbetet skickat till sig.

1.6.3 Metodkritik

För det ämne som detta examensarbete undersöker bedöms en intervjustudie som den mest relevanta metoden. Det finns dock nackdelar med intervjuer som metod. Dels är svaren som fås subjektiva, vilket kan betyda att svaren är färgade av personliga åsikter istället för fakta. Felkällor kan uppstå vid intervjutillfällen på grund av oklart formulerade frågor, missförstånd och feltolkningar. För att eliminera risken för att svar missas spelas intervjuerna in.

Det finns även en risk att resultatet inte speglar hela branschens förhållningssätt eftersom antalet respondenter är förhållandevis få.

Kapitel 2

Fallbeskrivning

Under arbetet med denna rapport har det pågående infrastruktursprojektet Sörredsmotet studerats. Syftet med att binda arbetet till ett projekt är att få en djupare förståelse för hur samarbetet mellan entreprenör och underentreprenörer fungerar.

2.1 Sörredsmotet

Sörredsmotet är en del av "*Västsvenska paketet*" och utgörs av en planskild korsning som upprättas på väg 155 på Hisingen i nordvästra Göteborg, se *figur 2.1* (Trafikverket, 2018). Syftet är att öka trafiksäkerhet, framkomlighet samt förbättra förutsättningar för kollektivtrafik. Motet ersätter den befintliga, ljusreglerade korsningen. Projektet beräknas kosta cirka 440 MSEK och beräknas byggas under två år med start i december 2017 (Trafikverket, 2018).



Figur 2.1: Visualisering från projektets 3D-modell. (Trafikverket, 2014).

2.2 Veidekke

Veidekke grundades i Norge 1936 och är Nordens fjärde största byggentreprenör med ca 7400 anställda (Veidekke AB, 2018). Företaget har fyra huvudsakliga affärsområden:

- Bygg
- Bostadsutveckling
- Grus och kross
- Anläggning och infrastruktur

Veidekke Anläggning är upphandlad som totalentreprenör för Sörredsmotet, vilket innebär att de tar ansvar för både projektering och utförande (C.Karlsson, personlig kommunikation 2018-01-31).

2.3 Inhouse Tech

Inhouse Tech är en konsultfirma hemmahörande i Göteborg som varit aktivt sedan 2004 (Inhouse Tech, 2018). Bolaget har ca 50 anställda verksamma inom projektledning, miljö, industri- och infrastrukturkonstruktion.

2.3.1 Konstruktionsarbetet på Inhouse Tech

Normalt erhålls ett underlag som beskriver väglinjen (L.Laggar, personlig kommunikation, 2018-01-31). Kvaliteten på underlaget kan variera beroende på projekt. I bästa fall har man en komplett modell över området, i värsta fall har man endast väglinjen ritad i ett tvådimensionellt kartunderlag.

Utifrån det underlag som erhålls utförs de beräkningar som behövs och bron ritas upp i Autodesks AutoCAD, vilket blir de bygghandlingar som levereras. Om det efterfrågas modelleras bron baserat på de ritningar som tagits fram.

Inhouse Techs problematik gällande modellering består i att arbetet baseras på den projektering som utförts, utifrån en modell byggs upp.

När Inhouse Tech upphandlas att leverera en 3D-modell av en bro framställs först ritningar baserat på de beräkningar som utförs. Utifrån ritningarna genereras en 3D-modell (L.Laggar, personlig kommunikation, 2018-01-31). Om en ändring ska göras måste den ändringen utföras i alla steg, det vill säga först ny beräkning, som sedan ska ändras på ritning och sedan från ritningarna uppdateras modellen. Detta gör att de modeller som genereras är illustrationsobjekt och uppnår inte en detaljeringsnivå god nog för att ersätta ritningar.

Vidare menar Laggar att arbetssättet även medför att risken för följdfel av en ändring. Om modelleringsprocessen automatiseras så att eventuella ändringar kan påverka andra element på ett kontrollerat sätt skulle processen kunna effektiviseras.

Kapitel 3

Teoretisk bakgrund

Detta kapitel baseras på den litteraturstudie som utförts och beskriver den teori och de begrepp som detta arbete grundar sig i.

3.1 Broprojektering

Definitionen av en bro lyder enligt Nationalencyklopedin (2018):

bro, byggnadsverk som leder en väg, järnväg, kanal eller vattenledning etc. över ett hinder, såsom korsande väg, järnväg, vattendrag eller ravin.

En så bred beskrivning vittnar om att broar kan se ut på mängd olika sätt. Vägverket (1994) beskriver att utformningen av en bro avgörs till stor del av placering och sammanhang. Metodiken för utformning av underbyggnaden beror på dess placering medan val av överbyggnaden är väldigt beroende av vilken uppgift bron har. Vidare menar Vägverket att under- och överbyggnad måste anpassas efter varandra och utformas som en helhet. Denna rapport fokuserar på vägbroar vilket innebär broar för bil-, cykel-, samt gångtrafik.

3.1.1 Vägutformning

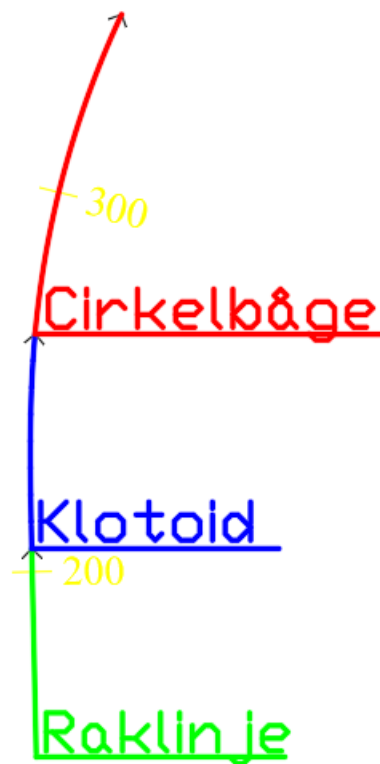
Trafikverket och Sveriges Kommuner & Landsting (2015) har tydligt definierat hur linjeföringen för vägar ska utformas. För att minimera förvanskning av landskapets estetiska värden ska vägen i största möjliga mån följa landskapets form, dock ej på bekostnad av säkerhet och miljö. I praktiken minimeras antalet raka sektioner, då det inte anses vara naturligt, istället dras vägen så den följer landskapet.

Utformningen av körbanan bör anpassas till gällande hastighetsbegränsning samtidigt som med- och motlut optimeras för att underlätta acceleration respektive retardation, utan att kompromissa goda siktförhållanden (Trafikverket & Sveriges Kommuner & Landsting, 2015). Materialval av till exempel beläggning, vägutrustning och växtlighet bör väljas efter krav på hållbarhet, funktion och skönhet. Enligt Trafikverket och Sveriges Kommuner & Landsting (2015) måste plan, profil samt tvärsektion beaktas för att få en korrekt utformad väg.

3.1.1.1 Plan

Trafikverket och Sveriges Kommuner & Landsting (2015) definierar att planurformingen avgör vägens horisontalgeometri. Tre geometriska element används vid utformning, se *figur 3.1*:

- Cirkelbågar: Horisontalkurvor med en definierad radie. Används för att byta riktning på vägsträckningen.
- Klotoid: Horisontalkurvor med varierande radie. Används som övergångskurva för att få mjuka övergångar mellan raklinje och cirkelbåge.
- Raklinje: Trafikverket beskriver raklinje som en kurva med en oändligt stor radie, $R=\infty$. Används för utformning av raksträckor.

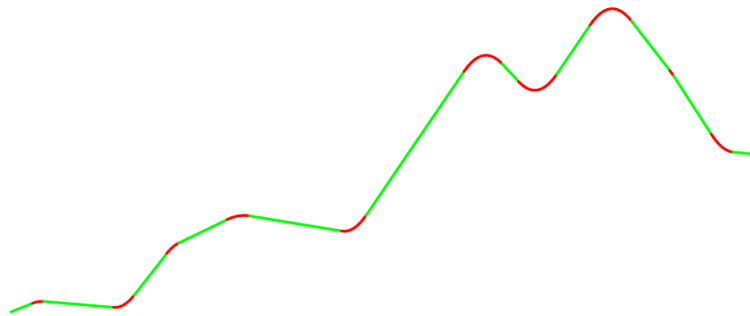


Figur 3.1: Bild från AutoCAD, med insticksprogram Novapoint Väg, som visar på Cirkelbåge, Klotoid och Raklinje.

3.1.1.2 Profil

Profil beskriver vägens vertikalgeometri (Trafikverket & Sveriges Kommuner & Landsting, 2015). Även profilen ska följa landskapet där det är möjligt. Stora hinder kan övervinnas med hjälp av tunnlar eller broar. Genom att optimera skärningen av terrängen kan profilen även nyttjas för att beräkna en optimal massbalans för projektet. Profilen nyttjar två geometriska element, se *figur 3.2*:

- Raklinje: används enligt samma princip som planutformning.
- Vertikalradie: en båge som används för mjuka vertikalkurvor.

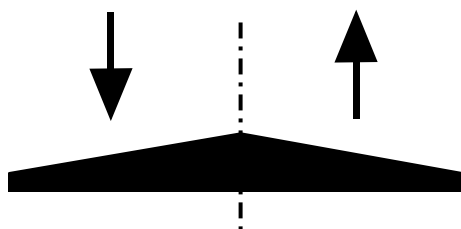


Figur 3.2: Bild genererad från AutoCAD, med insticksprogram Novapoint Bas som visar Raklinje och Vertikalradie.

3.1.1.3 Tvärsektion

Tvärsnitt utgörs enligt Trafikverket och Sveriges Kommuner & Landsting (2015) av två huvudelement:

- Bombering (se *figur 3.3a*): Lutning av körbana med start på vägens mitt ned mot vägkant. Syftet är att underlätta vattenavrinning.
- Skevning (se *figur 3.3b*): Lutning av hela vägbanan i för att följa vägens horisontalgeometrin. Syftet är att fördela fordonets sidokrafter och därmed underlätta kurvtagning.



(a) Principbild av bombering av vägbanan



(b) Principbild skevning av vägbanan

Figur 3.3: Principbild för bombering och skevning av vägbanan

Övergångar mellan bombering och skevning kan bidra till komplicerad geometri om kurvor och korsningar placeras för tätt.

3.1.2 Broutformning

Kraven på vägens linjeföring och tvärsnitt leder till att broar i regel får komplex geometrisk utformning (Vägverket, 1994). Vägens utformning ska sömlöst övertas av bron. Utformningen leder till komplex kraftöverföring mellan grundläggning, underbyggnad och överbyggnad.

3.1.2.1 Grundläggning

Grundläggning innefattar bottenplatta (inklusive eventuella pålar, plintar och spont), erosionsskydd, fyllning samt naturlig botten. Med utgång från geotekniska undersökningar väljs lämplig grundläggningsmetod. I regel används bottenplatta där det råder goda förutsättningar medan pålad bottenplatta används vid sämre förhållanden (Vägverket, 1994). Grundläggningens uppgift är att ta upp de laster som överförs från underbyggnaden.

3.1.2.2 Underbyggnad

Trafikverket beskriver att underbyggnad utgörs av den konstruktion som har till uppgift att stötta upp överbyggnaden samt att överföra krafterna från dess variabla och nyttiga laster till grundkonstruktionen (Trafikverket, 2009). Brons nyttiga laster, så som trafik, uppstår främst på överbyggnaden, medan de variabla lasterna, till exempel väderlaster och olyckslaster kan drabba hela konstruktionen.

Underbyggnaden utgörs av de delar mellan överbyggnad och grundläggning och skiljer sig beroende på brotyp (Vägverket, 1994). Till underbyggnaden hör stöd så som pelare, frontmur, lagerpall och konterfort. Vidare menar Vägverket att även kon och slänt brukar räknas till underbyggnad då de med hjälp av mottryck hjälper till att stötta vissa element av underbyggnaden. Dessutom utgör de ett skydd mot underspolning, isgång och strömmar i de fall stödskonstruktionerna står i vatten.

3.1.2.3 Överbyggnad

Överbyggnaden är den del av bron där trafiken framförs. Beroende på vilken typ av bro som byggs kan överbyggnaden se lite olika ut. Vägverket (1994) sammanställde vissa gemensamma element för alla typer:

- Lager eller annan typ av upplagsanordning som överför last från överbyggnad till underbyggnad.
- Huvudbärverk vars uppgift är att bära bronns last i längdriktningen. Ett huvudbärverk kan utgöras av olika kombinationer av bland annat balk, bågskiva, fackverk, hängverk, platta, rör, spännverk eller valv.
- Brobanepatta är den del där trafiken framförs som överför den nyttiga lasten till huvudbärverket.
- Kantbalk kan användas för att stötta övriga bärverk samt utgöra infästning för räcke.

- Isolering mot inträngning av salt och vatten.
- Beläggning, eller slitlager, som fördelar krafter från trafik på bron samt skyddar underliggande lager.
- Övergångskonstruktion bestående av en rörlig konstruktion med syfte att parera längd- och vinkelrörelse till exempel expansion till följd av värmelast. Vidare nyttjas övergångskonstruktionerna för att överbrygga öppningar mellan över- och underbyggnad.
- Dräneringssystem är nödvändigt för att leda bort vatten från brobanan på ett sätt som skyddas konstruktionsmässigt viktiga och känsliga delar.

3.2 Upphandling och entreprenadformer

Val av entreprenadform beskrivs av Deli (2012) som ett kraftigt verktyg för beställaren att säkerställa en att en korrekt produkt levereras. Entreprenadformen avgör vilka standardavtal som används vilket i sin tur avgör entreprenörens möjlighet att påverka byggnads- och projekteringsfasen.

3.2.1 Entreprenadformer

Det finns olika entreprenadformer som styr hur stort ansvar en entreprenör tar för projektering och de andra delar som ingår i entreprenaden (Deli, 2012).

Traditionellt har infrastrukturskonstruktioner i Sverige upphandlats som utförandeentreprenader (Enning & Gross, 2017). För att öka entreprenörens ansvar och incitament för bättre prestation handlar Trafikverket istället upp en totalentreprenör.

3.2.1.1 Utförandeentreprenad

Utförandeentreprenad innebär att beställaren ansvarar för projektering samt framställning av bygghandlingar. Deli (2012) menar att i praktiken innebär en utförandeentreprenad att entreprenören endast utför de arbeten som är beskrivna i de bygghandlingar som tillhandahålls.

3.2.1.2 Totalentreprenad

Totalentreprenad innebär att entreprenören ansvarar för hela projektet, till exempel att upphandla de konsulttjänster som behövs under projektering samt projektets bygghandlingar (Skanska AB, 2015).

När Trafikverket gör en upphandling av totalentreprenör ges ofta en relativt kort tid för projektering vilket innebär att projektering och produktion till stor del får löpa parallellt (Ingvaldsson & Svensson, 2013). En konsekvens av detta blir projektet får väldigt många ritningsleveranser, vilket innebär att det är många ritningar i omlopp. Vidare beskriver Ingvaldsson och Svensson att i likhet med

många andra projekt krävs ett tydligt system och struktur i hur ritningar hanteras för att säkerställa att rätt ritning används.

Vid en totalentreprenad har även entreprenören ett funktionsansvar för det som levereras. Deli (2012) tolkar och beskriver funktionsansvar:

Med funktionsansvar avses att entreprenören inom ramen för sitt åtagande - utöver själva utförandet - ansvarar för den planerade användning som beställaren redovisat för entreprenören (s.27).

3.2.1.3 Delad entreprenad

I en delad entreprenad ansvarar beställaren för projektering och handlar upp de underentreprenörer som behövs för projektet (Skanska AB, 2015). Det betyder att åtagandet delas upp mellan flera parter. I en delad entreprenad ansvarar beställaren för samordning i projektet.

3.2.2 Upphandlingsformer

Upphandlingsformen kompletterar eller definierar entreprenadformen. Vissa upphandlingsformer blandas ihop med entreprenadformer, vilket kan leda till missförstånd och fel som kan få stora ekonomiska och juridiska konsekvenser (Deli, 2012). Några vanliga exempel på upphandlingsformer som ofta förväxlas med entreprenadformer är:

- Generalentreprenad: en form av utförandeentreprenad som innebär att byggentreprenör upphandlas och ansvarar för upphandling av underentreprenörer (Deli, 2012).
- Samverkansentreprenad: även kallad partnering eller entreprenad med utökad samverkan. Enligt Byggherrarna (2018) innebär samverkansentreprenad att beställare och entreprenör samarbetar kring projektering och att beställare involveras och konsulteras genom hela byggnadsprocessen. Upphandlingsformen är lämplig för tekniskt komplicerade och projekt som innebär att projekteringen kommer genomgå många ändringar under byggnadsfasen.

3.2.3 Branschstandarder och standardavtal

Entreprenadform och upphandlingsform styrs med hjälp av ett antal branschstandarder och standardavtal (Ingvaldsson & Svensson, 2013). "Allmän Material- och Arbetsbeskrivning", AMA, som ges ut av Svensk Byggtjänst och "Allmänna bestämmelser", AB, från Sveriges Byggindustrier är båda två olika standarder som kompletterar varandra. Ingvaldsson och Svensson (2013) redogör för AMA och AB:

- AB04, "Allmänna bestämmelser, 2004" reglerar ansvarsförhållanden mellan beställare och entreprenör i utförandeentreprenader.

- ABT06 “Allmänna bestämmelser för totalentreprenader, 2006” redogör för totalentreprenörens ansvar från anbudsförfrågan till slutbesiktning.
- ABK09 “Allmänna bestämmelser för konsultuppdrag, 2009” reglerar vad en konsult ska leverera till ett projekt eller en projektering.
- AMA, “Allmän Material- och Arbetsbeskrivning” används för upprättande av tekniska beskrivningar, främst i projekteringsskedet. Köps i bokform och kan kompletteras med årsprenumeration på uppdateringar (Svensk Byggtjänst, 2018). AMA finns i olika utgåvor till exempel “Anläggning”, “Hus” och “VVS & kyl”.
- AMA AF, “Administrativa föreskrifter för konsultuppdrag” likar AMA och kan ses som ett komplement till ABK09. Används i syfte att underlätta upprättandet av förfrågningsunderlag gentemot konsulter.

Deli (2012) understryker att entreprenadformen avgörs av avtalets innehåll, inte vad man väljer att kalla entreprenaden.

3.3 Byggnadsinformationsmodellering

Byggnadsinformationsmodellering, förkortat BIM, är en översättning av engelskans “*Building information modeling*” och är ett koncept som utgår från en eller flera 3D-modeller laddade med information (Trafikverket, 2017).

3.3.1 3D-modell

Att arbeta modellbaserat ger många fördelar jämfört med ritningsbaserat arbete menar Jongeling (2008). Genom att nyttja en skalenlig datorgenererad modell optimeras möjligheten för alla involverade att tillgodogöra sig nödvändig information för att kunna uppföra ett byggnadsverk. Jongeling (2008) beskriver att människor har en medfödd spatial förmåga som kan utnyttjas för att minimera missförstånd kopplat till svårigheter att läsa och föreställa sig en färdig enhet baserat på traditionella ritningar i två dimensioner.

Möjligheten att generera en modeller har funnits länge, redan på 90-talet fanns det detaljerade modeller i husbyggnadsprojekt (Levander & Ribbhagen, 2002).

De första CAD-programmen var utvecklade för maskintekniska tillämpningar, bland annat inom fordonsindustrin (Eriksson, 2015). Levander och Ribbhagen (2002) skriver att de första byggspecifika 3D-verktygen var utvecklade för stålkonstruktioner vilket innebar att de enkelt kunde anpassas till huskonstruktion.

Datorbaserat arbete tillåter viss parameterstyrning, till exempel att definiera en linje till en viss längd eller bredd (Jongeling, 2008). Parameterstyrning förenklar ritningsframställningen och ger möjlighet att snabbt generera exakta ritningar. Jongeling (2008) beskriver att utifrån ritningar kan man enkelt välja linjer som kan sammanfogas till objekt som i sin tur kan utgöra enklare 3D-modeller.

3.3.2 BIM

Som visualiseringsverktyg fungerar enkla modeller bra enligt Jongeling (2008), men ur ett byggnadstekniskt perspektiv fyller en sådan modell inte fler funktioner.

Trafikverket (2017) skriver att en 3D-modell blir BIM-modell, och därmed uppnår sin fulla potential, när ritade objekt laddas med information. Genom att ge varje linje en position i ett koordinatsystem skapas objekt med en geografisk position. Objektet får en geometri som kan laddas med egenskaper och status. Egenskaperna kan till exempel beskriva material, volym, vikt och belastningskapacitet. Status beskriver i vilket skede objektet befinner sig i, till exempel om det tillverkas, monteras eller är slutbesiktigat.

Vidare menar Trafikverket (2017) att genom att koppla ett tidschema och kostnadsplan för varje objekt skapas en tydlig bild av hur tidsplanen och kostnaderna beror av varje objekt. Det gör modellen till ett kraftfullt styr- och planeringsverktyg i produktionsskedet.

Standardiseringsarbetet med BIM sker inom BIM Alliance, som är en ideell förening som finansieras av dess medlemmar vilket är företag i branschen, bland annat Trafikverket. BIM Alliance (2017b) har syftet att främja implementering av BIM, förvalta och tillhandahålla gemensamma standarder samt att främja utvecklingsinsatser av BIM som koncept.

Enligt Arvidsson m. fl. (2014) är anläggnings- och infrastrukturmodeller mer ekonomiskt svåranalyserade jämfört med husbyggnad. De pekar på att det beror på att de sträcker sig över större områden, vilket ökar risken för oförutsedda problem. Vanliga BIM-relaterade problem som ofta uppstår i anläggningsprojekt är:

- Geologiska förutsättningar: För att kartlägga en berggrund utförs provborrningar med ett visst intervall (Sällfors, 2009). En provborrning visar endast djup till berg precis vid aktuell borrhålspunkt, den visar inte hur det ser ut i ett helt område. Hedberg (2007) menar att fler provborrningar ger en mer detaljerad modell, dock kan berget både stiga eller dyka precis jämte ett borrhål. Osäkerheten i berggrundens utbredning gör att det är svårt att återskapa en korrekt modell.
- Dolda hinder: Kopplat till den geografiska utbredningen av ett anläggningsområde kommer även problem med kartläggning av dolda hinder (Hedberg, 2007). Exempel på vanliga dolda hinder som beskrivs av Hedberg (2007) är:
 - Ej kartlagda ledningar, till exempel el- och vattenledningar.
 - Ej tidigare kända arkeologiska fyndplatser.
 - Föroreningar i mark.

3.3.3 Detaljeringsnivå

Ett sätt att beskriva detaljeringsnivån i ett projekt är att använda Level of Detail, även kallat Level of Development, förkortat LoD (BIM Forum, 2017). Detaljeringsnivåerna sträcker sig från LoD 100 till LoD 500, där nivå 100 innebär en skiss eller en förslagshandling, nivå 300 ska vara så detaljerat att det går att använda som bygghandling för produktionen och nivå 500 ska gå att använda som relationshandling och för förvaltning.

3.3.4 CoClass

CoClass är ett digitalt klassifikationssystem som har tagits fram av Svensk Byggtjänst och BIM Alliance, där bland annat Trafikverket varit initiativtagare (Hallström, 2016). Utvecklingen av CoClass syftar till att anpassa det gamla systemet BSAB 96 till ett modelleringsformat.

Svensk Byggtjänst (2016) menar att målet med CoClass är att standardisera terminologi och begrepp och därmed lösa problematik med kommunikation som ofta uppstår inom BIM-samordning. CoClass är helt anpassat för digital modellering och är anpassat för såväl hus som anläggningar. Enligt Svensk Byggtjänst (2016) kommer systemet vara en viktig del för att kunna uppnå BIMs fulla potential. De menar att CoClass möjliggör att anläggningskonstruktionsmodeller kan utvecklas från visualiseringsvektyg till komplett BIM-verktyg. Modellerna kan beskriva information om respektive byggdel, relationen mellan dem, material, miljöbelastning samt underhållsbehov. Systemet kommer även förbättra möjligheten att använda BIM i förvaltningsskedet.

CoClass är en lösning på ett stort problem vid implementering av BIM inom anläggningsbranschen: Gemensam kodning av modeller (Arvidsson m. fl., 2014). En gemensam kodning är av stor vikt för hanteringen av samordningsmodeller och jämförelse av olika anbud för Trafikverket.

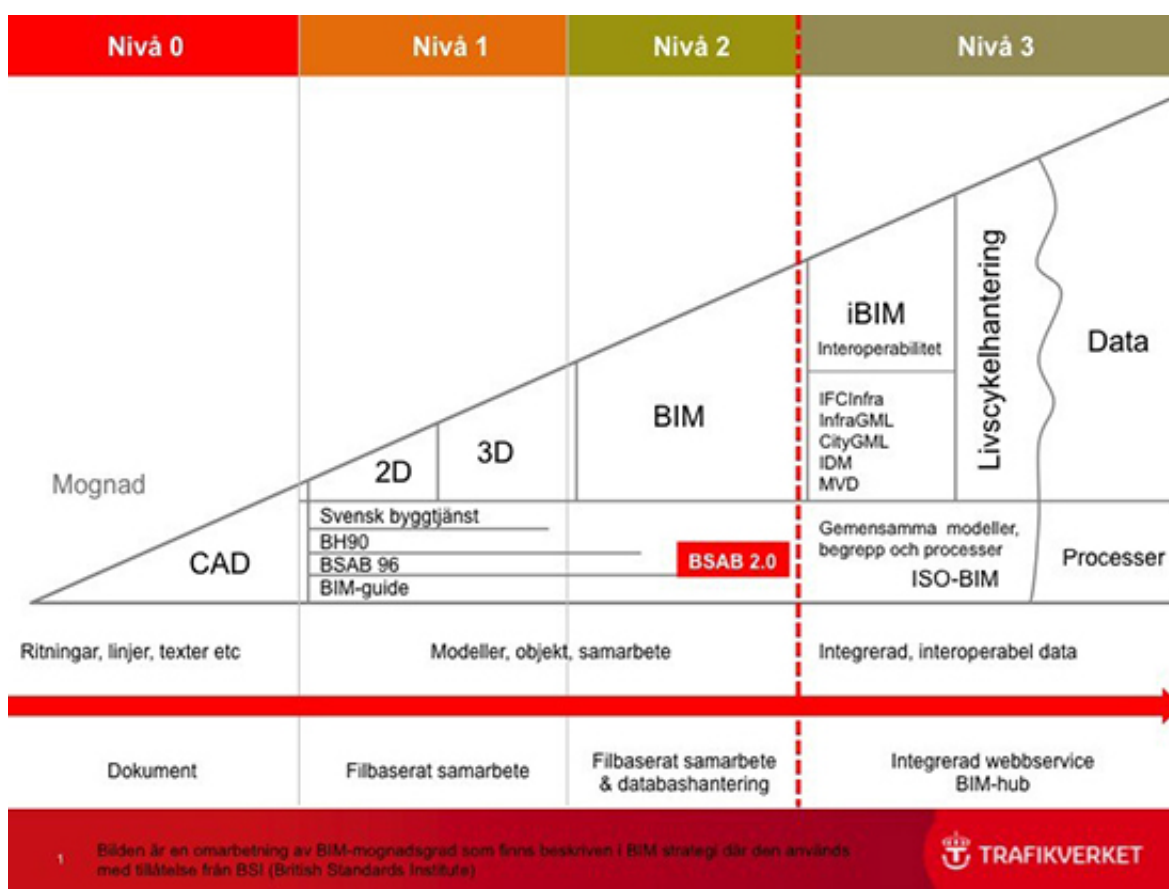
3.4 Trafikverkets roll och krav

Trafikverket har höga ambitioner för utveckling av BIM inom anläggningsbranschen (Trafikverket, 2017). Genom en implementering av BIM hoppas de få samma positiva effekter, som bättre kontroll och lägre kostnader, som man sett inom byggbranschen. Dessutom ser Trafikverket en utvecklingspotential i att möjligheten att utföra mer avancerade projekt ökar. Trafikverket (2017) är dock noga med att påpeka att övergången från traditionellt projekterings- och byggnadsarbete till helt modellbaserat arbete kommer att ta lång tid.

3.4.1 BIM-trappan

Trafikverket (2015) använder sig av “BIM-trappan” för att beskriva olika nivåer av BIM-användandet, se *figur 3.4*. BIM-trappan går från steg 0 till steg 3:

0. CAD-baserade ritningar i form av linjer, objekt etc.
1. Avancerade 2D-ritningar samt 3D-modeller.
2. Enklare BIM med delad databas.
3. Fullt fungerande BIM med integrerad, interoperabel data som kan användas i alla skeden från projektering till förvaltning.



Figur 3.4: BIM-trappan enligt Trafikverket (2015).

Trafikverket (2015) menar att anläggningsbranschen idag befinner sig på nivå 2, vilket är ett krav från Trafikverket sedan 2015. Nivå 2 på BIM-trappan innebär att modeller ska ha information kopplat till sig. Vidare menar Trafikverket att de år 2022 ska ha nått nivå 3 på BIM-trappan .

BIM Alliance (2016) menar å sin sida att huvuddelen av pågående projekt snarare befinner sig på nivå 1 och att de som går i bränschen befinner sig i gränslandet mellan nivå 2 och 3.

3.4.2 Trafikverkets definitioner

Trafikverket (2017) definierar att dimensioner kan adderas till en modell genom att addera information. En modell som laddas med en tidsplan blir fyrdimensionell. Vidare kan kostnad adderas till varje objekt i modellen för att lyfta den till femdimensionell. För optimalt utnyttjande av modellen kan objektspecifika uppgifter även läggas till, så som monteringsanvisningar, skötselråd och garantibevis.

Kapitel 4

Resultat

Resultatet sammanställer de intervjuer som utförts och presenterar de svar som givits utefter arbetets frågeställningar.

4.1 Läget i branschen idag

Bland de respondenter som intervjuats för denna studie råder en enighet kring att BIM-utvecklingen inom husbyggnad är mer utbredd än inom anläggning och infrastruktur. Några faktorer detta antas bero på är:

- Efter grundläggningsskedet kan ett hus betraktas som ett isolerat system, vilket innebär att majoriteten av alla parametrar är kända.
- Enklare geometrier i husbyggnaders bärande konstruktioner.
- Mindre ytor i typiska husbyggnadsprojekt jämfört med typiska anläggnings- och infrastrukturprojekt.
- Större skillnad mellan yrkeskategorier och material inom husbyggnad vilket innebär ett mer tillgängligt underlag för kostnadsbedömning.

J.Hummel (personlig kommunikation, 2018-02-21) menar att det i anläggningsbranschen primärt används modeller inom väg- och markprojektering. Vidare menar Hummel att det inom vägprojekteringen ofta saknas kompletta modeller för broar. Ofta skapas istället grova bromodeller i form av tomma geometrier som illustrationsobjekt för att hela markmodellen ska bli komplett.

Anledningen att det saknas modeller för just broar menar flera respondenter beror på otydliga krav från beställare. J.Axelsson (personlig kommunikation, 2018-03-14) menar att modeller ofta inte specifikt efterfrågas. Kostnaden att ta fram en exakt modell är hög, och därför måste det specifikt efterfrågas för att en modell ska levereras. Enligt S.Dehlin (personlig kommunikation, 2018-02-27) beror det även på att de bygghandlingar som levereras till Trafikverket är i ritningsform och inte i modellform, därför prioriteras ritningar. Enligt A.Lundvall (personlig kommunikation 2018-05-03) har Trafikverket krav gällande modeller och BIM i projekt, men det upplevs som oklart vilka krav de ska ställa i olika projekt. Många projekt inleds med höga ambitioner men misslyckas ofta ställa tydliga krav på

grund av otydliga krav gällande till exempel detaljeringsnivå (J.Schachtschabel, personlig kommunikation, 2018-04-23).

S.Dehlin (personlig kommunikation, 2018-02-27) menar att entreprenörer bör arbeta med tydligare kravställningar för att driva utvecklingen framåt. De projekt som drivs som totalentreprenad är entreprenören med i så tidigt skede att de har möjlighet att styra utvecklingsarbetet, därför bör de kunna styra hur modeller ska användas i projektet. NCC uppmuntrar en högre kravställning från beställarsidan. De menar att alla parter tjänar på modellbaserat arbete slutändan.

I dagsläget anser Dehlin att kravställning gällande modellering inte är tydlig nog. Finns inte kraven på en komplett modell med i upphandling sänks incitamenten för entreprenörer och konsulter att bekosta övergången mellan ritningsbaserat arbete och BIM. Att arbeta i 2D fungerar fortfarande så bra att företag inte vill riskera högre anbudssummor till följd av utvecklingskostnader, då det skulle kunna innebära förlorade anbudsförfrågningar.

Det finns flera program från olika leverantörer för att skapa modeller. De leverantörer som är störst i Sverige är Autodesk och Trimble, som levererar flera olika program för modellering beroende på vilken disciplin man arbetar med (J.Wenner, personlig kommunikation, 2018-02-28). Samtliga respondenter vittnar om att inom brokonstruktion är de vanligaste programmen Autodesks Revit och Trimbles Tekla, medan för vägprojekteringen används primärt Novapoint eller Civil 3D.

J.Axelsson (personlig kommunikation, 2018-03-14) berättar att Norconsult går mot att primärt använda Revit tillsammans med instickprogram för parameterstyrd modellering via visuell programmering (se 4.2.1 *parameterstyrd modellering*), vilket de anser vara den mest kompletta produkten för 3D-modellering på marknaden idag. S.Dehlin (personlig kommunikation, 2018-02-27) menar att NCC i huvudsak använder Tekla vid infrastrukturmodellering, även om Revit också används som komplement. Tekla beskrivs av vissa respondenter som mer kompetent vid modellering av vissa konstruktionselement, till exempel armering, medan andra beskriver Revit som tillräckligt kompetent. Gemensamt för respondenterna är att de anser att dagens program är tillräckligt bra för att skapa kompletta BIM-modeller, även om det finns förbättringspotential.

Vissa yrkeskategorier anser sig inte kunna ta fullt ansvar för sina respektive delar i en anläggnings- eller infrastrukturmodell då det finns så många osäkerhetsfaktorer (J.Hummel, personlig kommunikation, 2018-02-21). Även om de i praktiken skulle kunna modellera vad som skulle kunna anses vara kvalificerade gissningar baserade på yrkesmässiga erfarenheter är rädslan stor att gissningarna tas som sanning (Hedberg, 2007). Hummel menar att konsekvensen blir ofta att modellansvariga inom projekt får göra vissa antaganden för att få fram en modell, istället för att uppskattningar görs av den yrkesmässigt mest kompetenta personen i projektet.

4.1.1 Exempel på ritningslösa projekt

Det finns projekt som är eller har varit helt ritningslösa, där modellen är den bygghandling som är bindande. Ett exempel är ombyggnationen av Slussen i Stockholm. Stockholms Stad är beställare och de vill använda BIM genom hela processen. V.Eliasson (personlig kommunikation, 2018-04-09) berättar att konstruktionsfirman i projektet, ELU, arbetar helt modellbaserat, och de menar att de ser vinster i arbetssättet även om det innebär en mer arbetsintensiv projektering. De anser att de största vinsterna finns i funktionerna för kollisionsskontroll och möjligheten till kollisionsskontroller innan det når produktion, vilket sparar mycket pengar.

Ett annat modellbaserat projekt var ombyggnaden av Röforsbron (Nilsson, 2012). Projektet inleddes helt ritningslöst, men det uppstod problem med att programvaran som användes inte var anpassat för brobyggnad (Göteborg & Olsson, 2016). Det uppstod även problem kring detaljeringsnivå, då de inte tydligt definierat LoD från start (se *kapitel 3.3.3 Detaljeringsnivå*). De största fördelarna upplevdes vid armeringsstadiet. Armeringsmodellen blev lättare att tyda under produktionsstadiet än en armeringsritning. Det ställer dock högre krav att det utförs korrekt under projekteringsstadiet (Göteborg & Olsson, 2016). Potentiella fel kan få stora konsekvenser om de når produktionsstadiet, vilket bekräftades av V.Eliasson (personlig kommunikation, 2018-04-09) på ELU.

4.1.2 Gränssnitt

I branschen används flera olika program, från flera olika leverantörer. Detta kan leda till situationer där entreprenörer, projektörer och konstruktörer inte jobbar i samma program eller i samma programfamilj. J.Schachtschabel (personlig kommunikation, 2018-04-23) menar att det vid export till öppna format finns en stor risk att information går förlorat. Eftersom branschen är stor och använder flera olika program måste bra öppna format finnas tillgängliga.

Öppna filformat förebygger program-monopol och möjliggör större konkurrens då flera leverantörer kan skapa program med stöd för öppna format (EU BIM, 2016). Ett exempel på öppet format som används för att möjliggöra arbete i olika program utan att förlora information är IFC.

4.1.2.1 IFC och DWG

Eftersom det finns flera olika programvaror som används inom olika skeden av projekteringen är det viktigt att modeller och information inte blir låst till ett specifikt program eller programfamilj, därför används formatet “Industry Foundation Classes”, IFC (buildingSMART, 2014). IFC-formatet är utvecklat av buildingSMART och är ett öppet och neutralt format som möjliggör informationsutbyte mellan olika programvaror och är ISO-certifierat enligt ISO 16739:2013.

Ett annat vanligt format är “Drawing”, fökortat DWG, vilket är ett filformat för CAD-modeller som stöds av de flesta modelleringsprogram (Autodesk, 2018). Det är dock inget öppet format, utan ägs av Autodesk som utvecklar formatet sedan 1982.

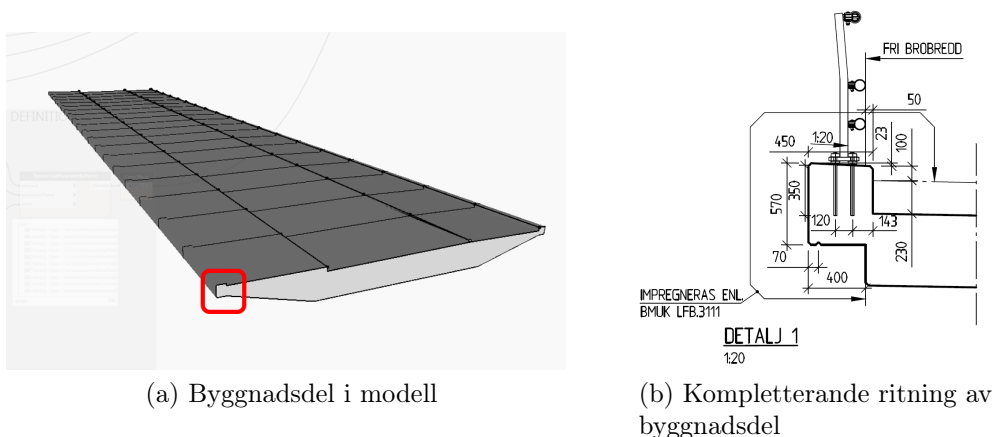
4.1.2.2 Problem i gränssnitt mellan program

Program från olika programvaruleverantörer innebär att det kan uppstå problem vid leverans av modeller om avsändare och mottagare använder sig av program med olika filformat hävdar M.Viklund Tallgren (personlig kommunikation, 2018-03-21). Enligt Viklund Tallgren är IFC ett sätt att undvika sådana problem, men att problemet med IFC är att branschen generellt inte har kompetens nog att hantera formatet korrekt. Även implementeringen av IFC i olika program är problematisk. Viklund Tallgren berättar att den IFC-tolkare Autodesk tillhandahåller i Revit exempelvis inte är lika bra som open source-alternativ vilket har lett till att användandet av IFC begränsats. Det försvåras ytterligare av att det finns olika "dialekter" av IFC-språket och att standarden i sig är så omfattande att få vet vad standarden faktiskt säger fullt ut.

J.Schachtschabel (personlig kommunikation, 2018-04-23) menar att även om IFC till viss del används till brobyggnad är det optimerat för husmodellering. Schachtschabel anser dock att programformaten inte utgör det största problemet, utan att de flesta problem beror på bristande programvarukompetens.

4.2 Framtiden i branschen

Samtliga respondenter menar att BIM kommer bli ännu större i branschen framöver. För att dra nytta av alla positiva effekter behöver det dock implementeras i alla led, från projektering till förvaltning. 3D-modeller är en stor del i BIM och samtliga respondenter menar att det måste ställas högre krav på att leveranser ska innehålla kompletta modeller för att det ska få större fäste i anläggningsbranschen. De understryker även att en komplett modell nödvändigtvis inte måste ha alla byggnadsdelar modellerat utan kan kompletteras med principskisser och tekniska beskrivningar, se *figur 4.1*.



Figur 4.1: *Modellbild samt ritningsförttydligande*

Respondenterna är överens om att alla projekt i framtiden kommer innehålla modeller i någon form, inte sällan som bygghandlingar. S.Dehlin (personlig kommunikation, 2018-02-27) menar att ju mer komplicerat ett projekt är, desto större vinst finns i att ta fram en exakt 3D-modell. Detta för att möjligheten att upptäcka fel och kollisioner är större. I mer komplicerade projekt kan det vara svårt att upptäcka de felen som kan finnas på ritningar menar Dehlin.

Enligt J.Schachtschabel (personlig kommunikation, 2018-04-23) är det viktigt att konsulter kopplas till projektet så tidigt som möjligt för att ge varje yrkeskategori möjlighet att leverera en korrekt modell. Att i ett tidigt skede anpassa lösningar från olika yrkesgrupper kommer vara av stor vikt för att undvika följdfel i senare projekterings- och produktionsskede.

4.2.1 Krav i upphandlingar

Kärman och Magnusson (2013) skriver att ett sätt att säkerställa användandet av modeller och BIM i projekt är att ställa tydliga krav vid upphandling om hur detta ska användas. För att säkerställa att modellen håller hög kvalitet bör det även ställas krav på detaljeringsnivå. Vidare menar de att val av entreprenad- och upphandlingsform kan påverka i vilken utsträckning modeller och BIM används.

Enligt J.Schachtschabel (personlig kommunikation, 2018-04-23) är det viktigt att det i upphandlingen bestäms vilken LoD som ska gälla i projektet. Detta säkerställer en konsekvent nivå på modelleringen och att kvaliteten är god nog att modellen kan användas som bygghandling. V.Eliasson (personlig kommunikation, 2018-04-09) beskriver att risken med otydlig kravställning är de olika disciplinernas egna tolkning av vilken LoD som är tillräcklig. Detta kan ställa till problem för övriga som arbetar i modellen. Eliasson utvecklar att en tydligt definierad LoD är en förutsättning för att granskningsprocessen ska bli effektiv och korrekt.

De respondenter som har erfarenhet av att arbeta modellbaserat är överens om att det kommer ställas högre krav på modeller i framtiden. Alla konsulter kommer i framtiden behöva leverera en korrekt modell inom respektive yrkesområde. Utöver grundläggande krav, till exempel rätt placering i aktuellt koordinatsystem och rätt geometri, kommer det förutsättas att modellen är uppbyggd för BIM. Enligt J.Schachtschabel (personlig kommunikation, 2018-04-23) kommer modellen behöva följa hur entreprenören avser att uppföra konstruktionen, till exempel i vilken takt en bro armeras eller hur den styckas upp i gjutetapper.

4.2.2 Parameterstyrd modellering

Parameterstyrd modellering beskrivs av Stark och Secerbegovic (2015) att programmet genererar ett objekt utifrån parametrar som bestäms av konstruktören. Möjlighet till parameterstyrd modellering finns via insticksprogram till både Autodesk Revit och Trimble Tekla. Båda nyttjar visuell programmering där parametrar kopplas samman och kan justeras. En förändring av en parameter justerar alla sammankopplade parametrar. Det betyder att om exempelvis bredden på körbanor ska ändras så kommer alla andra parametrar kopplade till körbanorna justeras, förutsatt att de är korrekt sammankopplade. När körbanans bredd ändras

så kommer placering på sammankopplade kanträcken justeras, väggkantens höjd justeras baserat på vägbanans lutning och så vidare. En automatisering på detta sätt sparar tid och minskar risken för följdfejl av en ändring, då modellen alltid uppdateras efter de parametrar som är bestämda.

Stark och Secerbegovic (2015) menar att parameterstyrd modellering möjliggör konstruktion av komplexa geometrier som tidigare varit svåra och tidsödande att hantera i exempelvis Revit, vilket varit ett av de största hindren för att konstruera fullständiga 3D-modeller vid broprojektering.

Enligt H.Wadsten (personlig kommunikation, 2018-04-09) finns det under tidiga skeden stor vinning med att använda sig av parameterstyrd modellering. Ändringar i modellen skapar inte följdfejl, utan hela modellen uppdateras efter kodade förutsättningar. I tidiga skeden är ändringarna stora och frekventa. Flexibla, pålitliga modeller som uppdateras automatiskt vid ändringar sparar mycket tid.

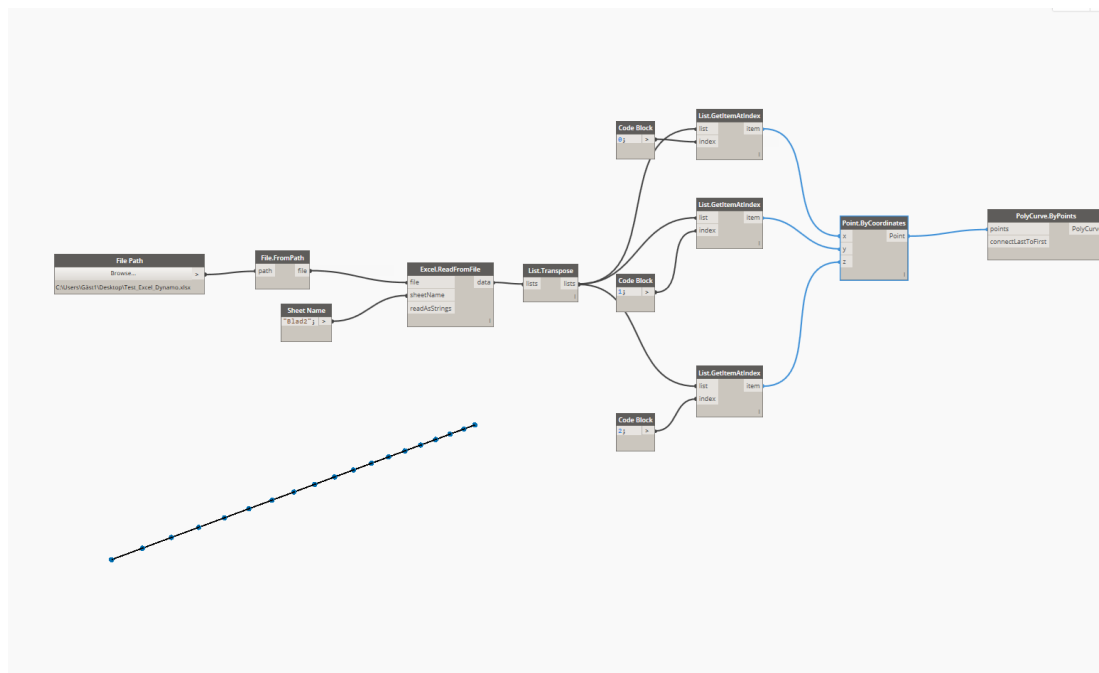
För att övervinna de problem med komplexa geometrier som brokonstruktion medför menar respondenter på brokonstruktörsfirmor att parameterstyrd modellering är den bästa metoden som finns tillgänglig idag.

De respondenter som arbetat med parameterstyrd modellering via visuell programmering menar dock att arbetet med implementering av nya koncept och programvaror många gånger kommer på initiativ från enskilda konstruktörer som implementerar det på projektnivå (H.Wadsten, personlig kommunikation, 2018-04-09). Sällan sker sådan utveckling på initiativ från företagsledning, utan tas in av anställda för att underlätta arbetet i ett specifikt projekt. Om programmet fungerar bra börjar det ibland utvecklas i större skala för att standardisera ett arbetssätt för en hel avdelning eller företag. H.Wadsten (personlig kommunikation, 2018-04-09) vittnar om att på hans tidigare arbetsgivare, Sweco, såg utvecklingsarbetet ut på liknande sätt. Det började med initiativ på enstaka projekt tills det att nyttan upptäcktes och utvärderades, varvid ett mindre team utsågs att utveckla metodiken i större skala.

4.2.3 Visuell programmering

De insticksprogram som möjliggör parameterstyrd modellering för de vanligaste modelleringsprogrammen i anläggningsbranschen idag bygger på visuell programmering. Visuell programmering är ett sätt att programmera ett script genom att använda visuella element istället för kod (Mode Lab, 2017). Olika parametrar laddas in på kodytan i form av noder och kopplas samman med varandra, vilket möjliggör att en parameter styr en annan. Nya visuella element kan kodas om eller skapas efter behov.

Varje nod utför en operation, exempelvis lagring och styrning av till exempel ett numeriskt värde eller en koordinat, som i sin tur skapar en geometri. Data kan importeras från antingen ett modelleringsprogram eller från en extern databas, exempelvis beräkningsblad i Microsoft Excel, se *figur 4.2*.



Figur 4.2: Exempel på enkel kodstruktur i Dynamo för att skapa linje utifrån bestämda koordinater som läses in från Excel.

Kodstrukturen blir ofta omfattande. Den går dock att följa genom de kopplingar som gjorts, varifrån informationen hämtats samt tydlig gruppering och namngivning av de olika kodblocken. Kodstrukturen kan liknas vid ett flödesschema för modellering, som läses från vänster till höger. Tydliga strukturer och uppmärkning av operationer är av stor vikt.

H.Wadsten (personlig kommunikation, 2018-04-09) beskriver att de stora vinsterna av att använda visuell programmering finns i tidiga skeden, där ändringar kan vara stora. På ELU ska det räcka att behärska grunderna i de program som möjliggör användning av parameterstyrd modellering. De script som används ska vara uppbyggda på ett logiskt sätt så att alla kan använda dem och att de är förklarade längs flödesschemat gång. För att underhålla och ta fram de script som behövs är det istället en expertgrupp.

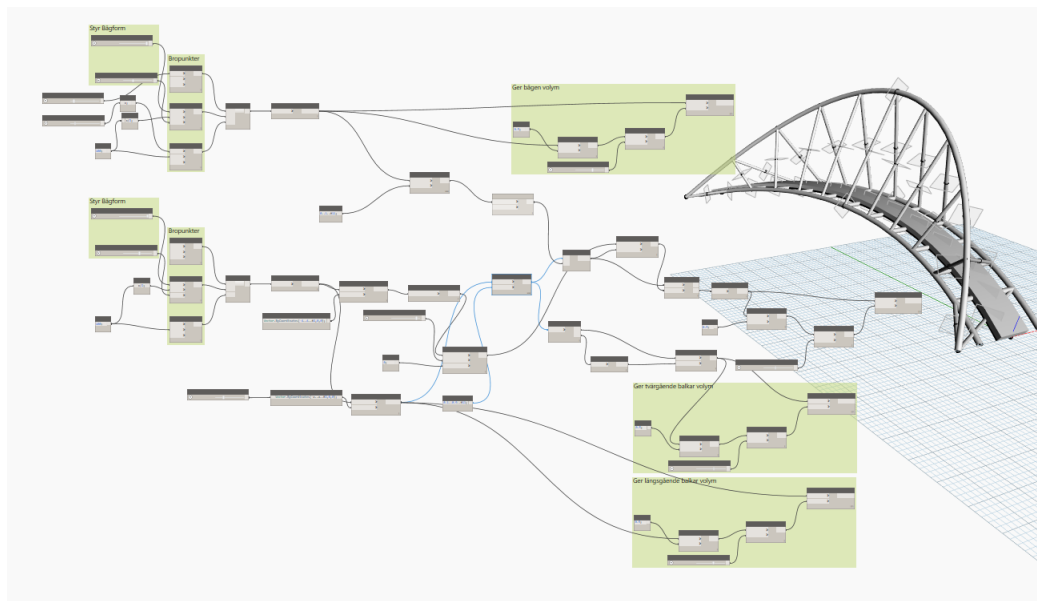
På Norconsult jobbar de på liknande sätt beskriver J.Axelsson (personlig kommunikation, 2018-03-14). Ett mindre team utvecklar script som ska vara standardiserade. I scripten och tillhörande anvisning ska det tydligt framgå vilken information som bör matas in, vilka format som används samt hur parametrar kopplas samman för att alla ska kunna använda metodiken sitt arbete.

4.2.3.1 Dynamo

Dynamo är ett gratis open-source program som främst är utvecklat till Revit men är även funktionellt tillsammans med andra Autodesk-produkter. Dynamo möjliggör ett automatiserat arbetssätt via parameterstyrd modellering och visuell programmering. Med hjälp av Dynamo kan de komplicerade geometrier, som är svåra att modellera i Revit, modelleras (Andersen, 2017). H.Wadsten (personlig kommunikation, 2018-04-09) exemplifierar dubbelkrökta geometrier som de komplexa geometrier som kan vara problematiska att modellera, se *figur 4.3*.

I Dynamo kan en väglinje importeras, antingen i form av en DWG-fil från exempelvis Autodesk Civil 3D eller Trimble Novapoint eller i form av koordinater som läses in från en databas.

Dynamo beskrivs som ett program som börjar få fäste i branschen, men att det ännu ligger i startgroparna och att många företag börjat undersöka möjligheterna med att jobba i Dynamo. De respondenter vars företag börjat implementera det ser det dock som ett arbetssätt som kommer växa och bli vanligare i framtiden (H.Wadsten, personlig kommunikation, 2018-04-09 & J.Axelsson, personlig kommunikation, 2018-03-14).



Figur 4.3: *Exempel på en bro, enkelt programmerad med kodstruktur i Dynamo.*

4.2.3.2 Grasshopper

Grasshopper möjliggör parameterstyrd modellering i Trimbles Tekla-program. Det är integrerat i Rhinoceros, vilket är ett 3D-modelleringsprogram som kan kopplas till Tekla. Grasshopper möjliggör ett automatiserat arbetssätt, där utformningen styrs av de parametrar som bestäms. Grasshopper använder visuell programmering för att styra utformningen av modellen, och används på samma sätt som Dynamo. Till skillnad från Dynamo är Grasshopper ej open-source.

I likhet med Dynamo kan väglinjer importeras till Grasshopper i form av DWG-filer eller koordinater från en databas.

4.3 Hinder för 3D-modellering och BIM i anläggningsbranschen

Enligt S.Dehlin (personlig kommunikation, 2018-02-27) är en av de största anledningarna till att branschen inte kommit längre inom modellering och BIM att de ekonomiska vinsterna inte finns tydligt redovisat. Dehlin menar att om det redovisades hur mycket kan sparas i varje projekt skulle fler entreprenörer vara benägna att satsa mer på BIM. En redovisning av vinst skulle även göra entreprenörerna mer benägna att ta den extra kostnad som uppstår i projekteringen. Vidare argumenterar Dehlin att de ekonomiska vinsterna för BIM-användning inom husbyggnad är idag väl kartlagd och redovisad, medan anläggnings- och infrastrukturbranschen saknar tydligt presenterade ekonomiska incitament för att ställa om till BIM.

Vinsterna med BIM har studerats på EU-nivå med slutsatsen att det finns ett nationalekonomiskt intresse att utöka BIM-arbetet inom EU (EU BIM, 2016). För den enskilde entreprenören är det dock svårt att se var pengarna för en BIM-övergång finns att tjäna in. Med upphandlingsbaserat system där lägsta bud ofta vinner finns sällan ekonomiskt utrymme att ta kostnader för implementering av nya koncept (J.Axelsson, Norconsult, personlig kommunikation, 2018-03-14).

Tidigare rapporter visar på att en övergång till BIM-projektering skulle kunna spara på upp emot 30 % av kostnaden för till exempel armering (Göteborg & Olsson, 2016), men det behövs en mer omfattande kartläggning av de totala ekonomiska vinsterna på projektnivå understryker S.Dehlin (personlig kommunikation, 2018-02-27). Svårigheterna i anläggningsbranschen är att det är svårt att jämföra kostnader för olika projekt på grund av dess skilda förutsättningar.

J.Hummel (personlig kommunikation, 2018-02-21) anser att en anledning till att branschen inte kommit längre är att få aktörer är villiga att ta den extra kostnad och lägga den tid som möjliggör korrekt modellering i 3D. När det arbetas under tidspress i projekten är företag inte benägna att lägga ner det extraarbete som krävs.

Vidare anser Hummel att Trafikverket bör ställa högre krav på modeller i projekt för att utvecklingen ska ta fart. Även M.Viklund Tallgren (personlig kommunikation, 2018-03-21) menar att en anledning kan vara bristande kravställning tillsammans med att befintliga verktyg och metoder fungerar bra nog. Bygghandlingar i 2D fungerar tillräckligt bra vilket medför att incitamentet till att utveckla något bättre saknas. V.Eliasson (personlig kommunikation, 2018-04-09) anser att de 3D-modelleringsprogram som finns tillgängliga inte är fullt utvecklade för att hantera komplexa geometrier, till exempel dubbelkrökta ytor, vilket frekvent förekommer vid broprojektering. Detta hindrar att utvecklingen tar fart. Eliasson understryker att de program som finns tillgängliga dock är tillräckligt kompetenta för att 3D-modellering ska vara möjligt.

Det finns även tekniska aspekter som kan påverka att 3D-modellering inte är mer utbredd. Ett stort hinder är att modeller idag inte kan arkiveras på ett effektivt sätt. Det måste säkerställas att de modeller som arkiveras går att använda i framtiden (S.Dehlin, personlig kommunikation, 2018-02-27). För att säkerställa det måste det bestämmas vilka format som ska användas och det måste säkerställas att dessa är

brukbara i framtiden. En ritning i fysisk form eller i pdf-format är än så länge säkrare ur den aspekten menar S. Dehlin (personlig kommunikation, 2018-02-27).

Tidigare forskning bekräftar att ett hinder för att utvecklingen av 3D-modellering och BIM i branschen inte kommit längre är det faktum att branschen jobbar i olika programvaror (Arvidsson m. fl., 2014). Det konstateras att beroende på vilket företag som driver projektet kan användandet av programvaror variera och det ställer krav på att kunna flera programvaror för att implementera BIM. Konsulter måste hålla sig med många olika program vilket innebär dyra licens- och utbildningskostnader. Det leder även till låg effektivitet till följd av relativt låg kunskapsnivån i flera program jämfört med specialisering inom enstaka program.

J.Schachtschabel (personlig kommunikation, 2018-04-23) beskriver att mjukvarumässigt har det ganska länge funnits metoder för att generera komplicerade modeller. M.Viklund Tallgren (personlig kommunikation, 2018-03-21) bekräftar att i regel ligger inte problemen i programvaror, gränssnitt eller standardformat, utan snarare i kompetens att hantera dem. Schachtschabel pekar på att många konsulter kan få en modell att se bra ut i sin egen programvarumiljö, men att vissa genvägar som tas i modellerandet visar sig när modellen exporteras.

4.3.1 Juridiska frågor

Ett problem som respondenterna och Inhouse Tech ser med modeller som bygghandlingar är det faktum att de måste kunna stå för att informationen är korrekt. De beskriver det som att modeller gör allting konkret och att det lätt misstas för absolut sanning, medan ritningar inte uppfattas på samma sätt i alla situationer. Särskilt när det gäller markförhållanden kan detta vara problematiskt. J.Hummel (personlig kommunikation, 2018-02-21) berättar att projektörerna på Markera avskriver sig ansvaret för de delar av modellen där det råder osäkerhet, vilket det i regel kan göra längs vidsträckta objekt.

Det råder även osäkerhet kring hur modeller ska granskas, då granskningsprocessen ser annorlunda ut när modeller granskas jämfört med ritningar. V.Eliasson (personlig kommunikation, 2018-04-09) menar att det finns möjlighet att vara mer exakt i sina granskningar, då exempelvis all armering kan finnas utplacerad i en modell med exakt position, vilket de inte gör i en ritning. Det kan även bli problematiskt med egenkontroll av modeller, då de flesta företag är vana vid ritningsgranskning. Eliasson hävdar vidare att det är viktigt att de som granskar kan hantera de program som krävs för att granskningen ska bli korrekt. De som granskar på företagen har inte alltid den programkunskap som krävs, vilket kan leda till problem.

Det måste klargöras hur modeller ska hanteras i de avtal som skrivs för att ersätta ritningar med modeller som bygghandling. Avtal baseras idag till stor del av standardavtal som AB 04, ABT 06 och ABK 09 (Deli, 2012). Dessa avtal rör dock inte digital informationsleverans tillräckligt väl (Andersson & Erro, 2016). BIM Alliance föreslår att standardavtalen kompletteras med bestämmelser som rör BIM, exempelvis i rangordningsregler, där de föreslår att den ska väga tyngre än ritningar och beskrivningar (BIM Alliance, 2016). De skriver vidare att avtalen ska kompletteras med bestämmelser kring nyttjanderätt och äganderätt av modellen.

Detta för att reglera hur exempelvis företagsspecifika lösningar som får användas i ett specifikt projekt inte sprids utan tillåtelse. Det måste även säkerställas vilken effekt det får av att skriva upp modellen högre upp i avtalshierarkin och hur versionshantering ska ske (M.Viklund Tallgren, personlig kommunikation, 2018-03-21).

BIM Alliance (2017a) har tagit fram exempelavtal som kan användas vid digitala leveranser av modeller som bygghandling, i vilken det specificeras hur modellen får nyttjas, om den får ändras och så vidare.

J.Axelsson (personlig kommunikation, 2018-03-14) menar att just äganderätt är ett hinder, det måste klargöras hur modeller får användas och att de företagsspecifika lösningar som finns i modellerna inte kopieras. Även tidigare forskning visar på att äganderätt och spridning av egenutvecklat material, till exempel adaptiva Revit-familjer och tvärsnitt, är ett problem (Arvidsson m. fl., 2014). Att lägga resurser på att utveckla modelllösningar som sedan blir fritt tillgängliga i ett projekt är ett problem som kan bli dyrt för de som tidigt vill satsa på BIM-utveckling. Äganderätten måste utredas vidare för att komma vidare med utveckling av modellering och BIM i branschen. Andersson och Erro (2016) skriver att en stor del i den juridiska frågan handlar om vem som ansvarar för modellen och dess innehåll. De skriver vidare att det är önskvärt om det med modellerna finns en loggbok över vilka ändringar som utförts, när de utfördes och av vem, för att kunna spåra eventuella felaktigheter.

Kapitel 5

Diskussion

I detta kapitel diskuteras de resultat som presenterats i föregående kapitel tillsammans med den teoretiska bakgrunden.

5.1 Varför är 3D-modellering inte mer utbredd idag?

För att 3D-modellering ska bli ett vedertaget arbetssätt inom brokonstruktion finns det hinder som måste övervinnas. Det finns tekniska begränsningar i programvaror men även vad som kan beskrivas som psykologiska begränsningar hos de som arbetar i branschen. Det måste även klargöras vilka vinster och juridiska hinder som en övergång till BIM och 3D-modeller skulle innebära.

5.1.1 Tekniska begränsningar

Intervjustudien pekar mot att det ur ett tekniskt perspektiv finns goda möjligheter att arbeta med 3D-modeller. Olika mjukvaror har olika begränsningar, men inga hinder som är så stora att de inte kan övervinnas. De element som inte kan hanteras kan exempelvis kompletteras med principskisser och skriftliga beskrivningar.

Då olika yrkeskategorier och företag har valt att använda olika programvaror kan olika programvarors styrkor kombineras för att uppnå en så komplett modell som möjligt (J.Schachtschabel, personlig kommunikation, 2018-04-23). Dock bör man väga in att kommunikationen mellan olika program och samordningsprogram inte alltid fungerar sömlöst, därför är det inte alltid optimalt att arbeta med allt för många olika program.

Ju mer komplett en modell blir desto större blir den och ju större den blir desto kraftigare hårdvara krävs för använda den. För att i förlängningen enbart kunna använda modell i produktion måste därför hänsyn tas till att modeller, eller delar av modeller, ska kunna hanteras i mobila enheter så som läsplattor, telefoner eller andra visualiseringsverktyg, till exempel AR- eller VR-glasögon.

5.1.1.1 Utvärdering av parameterstyrd modellering och visuell programmering

Parameterstyrd modellering, det vill säga att via visuell programmering bygga upp fungerande kodstrukturer, är tidskrävande och kräver en del kunskap om hur

strukturen ska byggas upp. J.Axelsson (personlig kommunikation, 2018-02-28) hävdar att tröskeln för att börja arbeta med visuell programmering blir därför relativt hög och vinsten att arbeta med det kan ses som liten om projekten inte är av större storlek. För mindre företag kan det därför vara svårt att avsätta de resurser som krävs för att bygga upp kodstrukturer och testa dem, för att säkerställa att de faktiskt fungerar som det är tänkt.

Dock anser de respondenter som arbetar med visuell programmering att kodstrukturerna som byggs upp kan sparas och återanvändas på flera projekt. Om de då byggs med detta i åtanke kan standardiserade strukturer byggas som kan användas i många projekt framöver vilket kommer spara mycket tid och pengar.

Det finns även möjlighet att ladda ner kodstrukturer som andra har skapat och delat med sig av, vilket kan sänka instegsnivån. Dock understryker samtliga respondenter som arbetat med parameterstyrd modellering att det måste finnas en grundförståelse för de script som laddas ner för att kunna skapa korrekta modeller. Det är viktigt att strukturera och benämna kodens delar så att det passar det egna företagets önskade arbetsmetod.

För att implementera parameterstyrd modellering till Tekla behövs ytterligare ett program, Rhinoceros. Genom att koppla samman Tekla och Rhinoceros kan Grasshopper användas, vilket möjliggör parameterstyrd modellering. Det innebär ytterligare ett program att bekanta sig med och att kostnaden för programlicenser ökar.

5.1.2 Psykologiska begränsningar

På grund av brokonstruktörernas omfattande ansvar har en stor del yrkesgruppen blivit konservativ och arbetar med program de kan och efter metoder som är beprövade (L.Laggar, personlig kommunikation, 2018-01-31). Att övergå till något obeprövat innebär en risk som få konstruktörer är beredda att ta.

Då utvecklingen ofta kommer underifrån, med drivna konstruktörer som introducerar nya metoder för att lösa gamla problem, saknas ofta kompetens för granskning. M. Viklund Tallgren (personlig kommunikation, 2018-03-21) argumenterar för att företag som önskar att övergå därför bör göra minimala ändringar i arbetssätt. Istället för att byta ut programvaror bör de undersöka möjligheten att utveckla de som redan används. Nya arbetsmetoder bör initialt utvecklas så att ett traditionellt underlag fortfarande kan genereras. Genom att ändra sin metodik stegvis underlättas och säkerställs korrekta egenkontroller. I och med att företagets kompetens utvecklas kommer tilliten till nya programvaror och arbetsmetoder öka, då kan granskningsmetoder utvecklas.

En 3D-modell som används för tidsplanering måste tydligt visa i vilken fas olika byggdelar befinner sig i. Om en bropelare är påbörjad är det viktigt att det framgår av modellen. På grund av ovana att arbeta i en modellmiljö i produktion kan synliga objekt misstas för att vara färdiga bygghandlingar, vilket kan leda till missförstånd. Om till exempel en underentreprenör går in i modellen och misstar tidigare nämnd bropelare som granskad och godkänd, istället för påbörjad, kan det leda till fel i underentreprenörens tidsplanering.

5.1.3 Vilken part har mest att vinna?

Vem som tjänar mest på 3D-modellering och BIM är i dagsläget svårt att besvara. Vissa antaganden kan dock göras baserat på erfarenheter från liknande omställning i husbyggnadbranschen:

1. Konstruktören:

- + Efter en inlärningsperiod kommer konstruktören kunna, med samma arbetsinsats som innan, leverera en komplex modell enligt, av beställaren, definierad LoD.
- + Bättre möjligheter för egenkontroll och granskning tack vare program som kan utföra kollisionkontroller och dylikt.
- Initialt höjda kostnader på grund av investerad tid i att upprätta ny arbetsmetodik samt eventuellt komplettering av vissa programvaror och utbildningar.

2. Entreprenören:

- + En mer detaljerad projektering leder till färre risker i produktionsfasen vilket innebär en större kontroll över oförutsedda kostnader.
- + Bättre kostnadskontroll innebär bättre bud vid upphandlingar.
- Tidsmässiga investeringar för att synkronisera förväntningar och krav på modell måste göras vilket leder till ökade projekteringskostnader vid totalentreprenad.

3. Beställare:

- + Mer exakta bud, med mindre oförutsedda kostnader innebär fler korrekta bud.
- + Lägre slutkostnad.
- Vissa ökade kostnader för att anpassa systemet och utreda lämpliga kravställningar för 3D-modeller och BIM.

På kort sikt kan det antas att entreprenören har mest att tjäna. Genom att minimera risker får entreprenören större kontroll över projektkostnader i ett tidigt skede. Med en komplett kostnadsbild minimeras fel i produktionen och man kan optimera lönsamheten genom hela projektet. Övriga aktörer måste investera mer både i pengar och tid för att möjliggöra en omställning.

Entreprenörerna som deltagit vittnar om att konstruktörer satsar på att snabbt lära sig hur de kan leverera pålitliga 3D-modeller kan skaffa sig en fördel gentemot konkurrenter och därmed ta bättre betalt och få fler uppdrag. För de konstruktionsfirmor som inte satsar på utveckling av 3D-modellering finns en risk att de drabbas av kostnader i form av uteblivna uppdrag när entreprenörerna i större utsträckning kräver mer komplexa modeller. Varje företag får också väga och bedöma kostnaden för att utveckla egna koncept jämfört med att invänta att branschen ska utvecklas för att sedan köpa färdiga koncept från utbildare och konsulter.

5.2 Framtida möjligheter

Parameterstyrd modellering och visuell programmering ger stora möjligheter till att definiera standardiserade arbetssätt. Genom att bygga upp ett bibliotek av script, som går att använda i flera projekt utan större ändringar, effektiviseras arbetsgången och där finns stora tidförtjänster och konkurrensfördelar. Detta skulle betyda att tiden för produktion av en modell sjunker kraftigt jämfört idag. För att detta ska vara realistiskt krävs det dock att den indata som finns tillgänglig organiseras på ett korrekt sätt. Det kan exempelvis vara att det finns koordinater som beskriver vägens utformning direkt från Civil 3D eller Novapoint. Vägbanans mitt och dess kanter får koordinater som kan läsas in i aktuellt script från Excel. Det betyder alltså för att få ett standardiserat arbetssätt måste högre krav ställas på den data som levereras.

Om arbetssättet blir mer etablerat i framtiden, vilket flera av respondenterna tror, kommer publicerat material, till exempel handböcker och forskningsrapporter, öka. Då kunskapsnivån om programmen inom branschen ökar kommer tröskeln minska. Vidare innebär fler användare att kunskapen ökar vilket möjliggör mer detaljerade och bättre 3D-modeller.

I projekteringsstadiet kan koordinater tas fram och en bro med korrekt geometri och rätt placering kan modelleras. Istället för ritningar och koordinater kan en färdig modell levereras till konstruktören, från vilken ritningar kan genereras. Beställaren skulle därmed ha kontroll över modellen i alla skeden, vilket skulle övervinna många problem med gränssnitt och missförstånd. Konstruktören beräknar och granskar given modell och levererar förslag på ändringar av utformning av linjeföring och tvärsnitt.

Redan idag finns färdiga script att köpa tillsammans med prenumerationer på uppdateringar och anpassade versioner. En rimlig utveckling är att experter på programvaror i framtiden utgör en egen yrkesgrupp som utvecklar och säljer script efter företags önskemål. Detta minskar den kunskapsmässiga tröskeln för företagen. Det är en vidareutveckling av det resonemang H.Wadsten (personlig kommunikation, 2018-04-09) för om hur arbetet med parameterstyrd modellering ser ut på ELU, där framtagandet sker av ett externt företag istället för internt.

Kapitel 6

Slutsats

Den stora nyttan med BIM och 3D-modellering av broar finns i större och komplexa projekt där vanliga ritningar kan vara svåra att tyda. I mindre komplexa projekt kan snarare kostnaden för att ta fram exakta modeller överstiga nyttan entreprenören får av modellen, vilket inte motiverar den ökade kostnaden. Om inte krav på 3D-modell ställs kan inte konstruktörerna ta betalt för att ta fram en modell.

För att modellering ska bli mer utbredd i branschen krävs det att det ställs krav på konstruktörer att leverera modeller, men även att konstruktören tillåts ta betalt för det extraarbete som modelleringen innebär. När dessa krav ställs i större utsträckning kommer incitamentet att övervinna de problem som finns i dagens modelleringsprogram öka. Vår studie pekar på att det den bästa lösningen för detta är att arbeta i program som möjliggör parameterstyrd modellering via visuell programmering. För dessa krävs det att tydliga arbetsgångar tas fram för att programmen ska kunna användas av fler än de med stort programmeringsintresse. Med tydlig metodik och ett standardiserat arbetssätt skulle kostnaden och arbetsmängden för att ta fram modeller kunna minskas, det krävs dock att de script som tas fram byggs upp så att de går att använda på flera projekt utan större ändringar.

Det är än så länge problematiskt att implementera parametrisk modellering och visuell programmering till fullo med tanke på bristen av material som finns publicerat på ämnet. Det är svårt att till fullo lära sig programmen och hitta lösningar på problem som uppstår. Detta för att mycket av det material som finns är personliga bloggar och Youtube-kanaler från personer i branschen som själva börjat använda sig av programvaran. Det problemet kommer dock minska ju mer utbredd användandet av arbetssättet blir.

Kapitel 7

Förslag på framtida studier

- Kartläggning av vinster och förluster på projektnivå, till exempel:
 - kostnad för komplett modellering
 - tidsmässiga vinster och förluster
 - produktionstakt, byggtakt kontra modelleringstakt
 - möjlighet till logistik- och arbetsplanering med avseende på säkerhet, miljöpåverkan och effektivitet
- Sammanställning av nödvändiga interna och externa kravställningar för att framställa en fungerande BIM- och 3D-modell, till exempel:
 - entreprenad- och upphandlingsformer
 - i vilken mån tillgängliga standardavtal och avtalsmallar kan nyttjas för att säkerställa alla parter trygghet
- Undersökning och utvärdering av alternativ för programvaror med hänsyn till:
 - modelleringstakt
 - kvalitetssäkring
 - metodik för modellering och granskning
 - samgranskning mellan discipliner
 - minimering av informationstapp i gränssnitt
- Utredning av juridiska aspekter som beskrivs i kapitel 4.3.1 *Juridiska frågor*.
- Vidare utredning av konceptet med parameterstyrd modellering och visuell programmering

Litteraturförteckning

- Andersen, T. (2017). *Tunnel and Infrastructure Modeling with Dynamo and Revit*. Hämtad från <http://au.autodesk.com/au-online/classes-on-demand/class-catalog/classes/year-2017/revit/ci124341#chapter=0>
- Andersson, M. & Erro, O. (2016). *BIM-modeller som bygghandling* (forskningsrapport). Halmstad: Högskolan i Halmstad. Hämtad från <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:952149/FULLTEXT02>
- Arvidsson, R., Eriksson, M., Holmgren, T., Madsen, H. & Nilsson, H. (2014). *BIM-projektering inom anläggningsbranschen: En studie om BIM-användandet beträffande beställare, konsult och entreprenör* (forskningsrapport). Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola. Hämtad från <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/199554/199554.pdf>
- Autodesk. (2018). *What Is DWG?* Hämtad från <https://www.autodesk.com/products/dwg>
- BIM Alliance. (2016). *BIM – påverkan på affär och avtal*. Hämtad från http://www.bimalliance.se/library/2206/bim_paverkan_pa_affar_och_avtal_foerstudierapport_rev_a_7_april_2016.pdf
- BIM Alliance. (2017a). *Avtalsmallar - BIM Alliance*. Hämtad från <http://www.bimalliance.se/verktyg-och-stoed/hjaelpmedel-och-produktstoed/avtalsmallar/>
- BIM Alliance. (2017b). *BIM Alliance om BIM - BIM Alliance*. Hämtad från <http://www.bimalliance.se/vad-aer-bim/bim-alliance-om-bim/>
- BIM Forum. (2017). *LEVEL OF DEVELOPMENT SPECIFICATION GUIDE LOD Spec 2017 Guide*. Hämtad från <http://bimforum.org/wp-content/uploads/2017/11/LOD-Spec-2017-Guide-2017-11-06-1.pdf>
- buildingSMART. (2014). *IFC Overview summary*. Hämtad från <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-overview>
- Byggherrarna. (2018). *Samverkan & Partnering - vägledning och mallar - Byggherrarna*. Hämtad från <http://www.byggherre.se/avtal-och-juridik/samverkan-partnering-vaegledning-och-mallar/>
- Deli, R. (2012). *Kommersiell byggjuridik i praktiken*. Halmstad: AB Svensk Byggtjänst.
- Enning, F. & Gross, S. (2017). En studie av BIM-användande hos entreprenörer och beställare.
- Eriksson, J. (2015). *Användning av 3-D modeller hos kommuner i Gävleborgs län* (forskningsrapport). Gävle: Högskolan i Gävle. Hämtad från <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:886220/FULLTEXT01.pdf>
- EU BIM. (2016). *Handbook for the introduction of Building Information*

- Modelling by the European Public - Sector Strategic action for construction sector performance: driving value, innovation and growth* (forskningsrapport). Hämtad från http://www.bimalliance.se/library/3269/eu_bim_task_group_handbook.pdf
- Göteborg, A. & Olsson, P. (2016). *Digitala leveranser* (forskningsrapport). Hämtad från <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/242121/242121.pdf>
- Hallström, J. (2016). *CoClass blir nytt system för klassifikation av all byggd miljö - Svensk Byggtjänst*. Hämtad från http://www.mynewsdesk.com/se/svensk_byggtjanst/pressreleases/coclass-blir-nytt-system-foer-klassifikation-av-all-byggd-miljoe-1398952
- Hedberg, U. (2007). *Geoteknisk 3D-projektering* (forskningsrapport). Luleå: Luleå Tekniska Universitet. Hämtad från <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1015549/FULLTEXT01.pdf>
- Ingvaldsson, Ö. & Svensson, M. (2013). *Projektörens roll i Totalentreprenad* (forskningsrapport). Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.
- Inhouse Tech. (2018). *Inhouse Tech*. Hämtad från <http://www.inhousetech.se/>
- Jongeling, R. (2008). *BIM istället för 2D-CAD i byggprojekt* (forskningsrapport). Stockholm: Luleå Tekniska Universitet. Hämtad från <http://ltu.diva-portal.org/smash/get/diva2:998274/FULLTEXT01.pdf>
- Kärman, L. & Magnusson, J. (2013). *Detaljeringsnivåer av BIM i anläggningsbranschen* (forskningsrapport). Hämtad från <http://publications.lib.chalmers.se.proxy.lib.chalmers.se/records/fulltext/188274/188274.pdf>
- Levander, J. & Ribbhausen, B. (2002). *3D-modellering av armering - ett steg mot ökad industriell produktion av platsgjutna betongkonstruktioner* (forskningsrapport). Luleå: Luleå Tekniska Universitet. Hämtad från <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1017073/FULLTEXT01.pdf>
- Mode Lab. (2017). *The Dynamo Primer*. Hämtad från <http://dynamoprimer.com/en/Appendix/DynamoPrimer-Print.pdf>
- Nationalencyklopedin. (2018). *bro - Uppslagsverk - NE.se*. Hämtad från <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/enkel/bro>
- Nilsson, G. (2012). *Trafikverket handlar upp bro på BIM-underlag*. Hämtad från http://www.bimalliance.se/library/2635/trafikverket_handlar_upp_bro_pa_bim-underlag.pdf
- Sällfors, G. (2009). *Geoteknik* (4:e upplag utgåvan).
- Skanska AB. (2015). *Ställ högre krav - i upphandlingar* (forskningsrapport). Skanska. Hämtad från <https://www.skanska.se/49367d/siteassets/om-skanska/press/almedalen/stall-hogre-krav-i-upphandlingar-skanska.pdf>
- Stark, M. & Secerbegovic, L. (2015). *REVITalize Bridge Design*. Hämtad från <http://au.autodesk.com/au-online/classes-on-demand/class-catalog/2015/revit-for-construction/ci11198#chapter=0>
- Svensk Byggtjänst. (2016). *CoClass - Nya generationens BSAB*. Hämtad från <https://static.byggtjanst.se/coclass/pdf/Slutdokumentation-CoClass-v1.2-20161026.pdf>
- Svensk Byggtjänst. (2018). *AMA böcker från alla teknikområden / byggtjanst.se*.

- Hämtad från <https://byggtjanst.se/bokhandel/ama/>
- Trafikverket. (2009). *Samhällsbyggare i Samverkan* (forskningsrapport). Hämtad från https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/10278/RelatedFiles/20090701_tk_bro.pdf
- Trafikverket. (2014). *Sörredsmotet*. Hämtad från <https://www.trafikverket.se/contentassets/8999a982f59e4ec0a5012aa175bf80a9/planlaggningsbeskrivning-vag-155-sorredsmotet-140513.pdf>
- Trafikverket. (2015). *BIM trappan - Trafikverket*. Hämtad från <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/teknik/ny-teknik-i-transportsystemet/informationsmodellering-bim/bim-trappan/>
- Trafikverket. (2017). *Informationsmodellering BIM - Trafikverket*. Hämtad från <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/teknik/ny-teknik-i-transportsystemet/informationsmodellering-bim/>
- Trafikverket. (2018). *Väg 155, Sörredsmotet - Trafikverket*. Hämtad från <https://www.trafikverket.se/nara-dig/Vastra-gotaland/projekt-i-vastra-gotalands-lan/Vag-155-Torslandavagen/Vag-155-Sorredsmotet/>
- Trafikverket & Sveriges Kommuner & Landsting. (2015). *Vägars och gators utformning*. Hämtad från https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/12046/RelatedFiles/2015_086_krav_for_vagars_och_gators_utformning.pdf
- Vägverket, D. V. . T. (1994). *BRO, Handbok för broinspektion* (1993:34 utgåvan). BORLÄNGE: Vägverket.
- Veidekke AB. (2018). *Om oss - Veidekke i Sverige*. Hämtad från <http://veidekke.se/om-oss/>

Figurförteckning

2.1	Sörredsmotet	5
3.1	Cirkelbåge, klotoid, raklinje	8
3.2	Raklinje och vertikalradie	9
3.3	<i>Principbild för bombering och skevning av vägbana</i>	9
	(a) Principbild av bombering av vägbana	9
	(b) Principbild skevning av vägbana	9
3.4	BIM-trappan	16
4.1	<i>Modellbild samt ritningsförtydligande</i>	21
	(a) Byggnadsdel i modell	21
	(b) Kompletterande ritning av byggnadsdel	21
4.2	Kodstruktur i Dynamo	24
4.3	Enkelt broexempel	25

Bilaga A

Intervjurespondenter

Semistrukturerade personliga intervjuer

NAMN	FÖRETAG	TITEL	DATUM
Christian Karlsson	Veidekke Anläggning	Mätkchef	2018-01-31
Roberto Lucchesi	Veidekke Anläggning	Mätkchef	2018-01-31
Elias Bou kheir	Veidekke Anläggning	3D-byggprojektör	2018-01-31
Linus Laggar	Inhouse Tech	Konstruktör	2018-01-31
Jens Hummel	Markera	Markprojektör	2018-02-21
Stefan Dehlin	NCC Infrastructure	Teknisk doktor	2018-02-27
Jonas Wenner	Trimble	Teknisk försäljningsingenjör	2018-02-28
Jenny Axelsson	Norconsult	Brokonstruktör	2018-03-14
Mikael Viklund Tallgren	Chalmers Tekniska Högskola	Forskningsingenjör	2018-03-21
Henric Wadsten	ELU Konsult	Konstruktör	2018-04-09
Victor Eliasson	ELU Konsult	Konstruktör	2018-04-09
Jacob Schachtschabel	Skanska - MTH Hisingsbron	BIM-samordnare	2018-04-23

Semistrukturerade intervjuer via E-post

NAMN	FÖRETAG	TITEL	DATUM
Anton Lundvall	Trafikverket	BIM-specialist	2018-05-03
Emil Janfalk	Zynka BIM	BIM-koordinator	2018-04-19

Bilaga B

Intervjufrågor, personlig intervju

Utifrån nedanstående frågor baserades de semistrukturerade intervjuerna som genomfördes med respondenterna.

1. Vilken är din roll?
 - (a) Titel?
 - (b) Arbetsuppgift/ansvarsområde?
2. Hur långt har ni kommit med 3D-projektering och BIM?
 - (a) Vilka programvaror använder ni idag?
 - (b) Upplever ni mycket problem med gränssnitt mellan olika programvaror som används intern eller externt?
3. Vilka problem/hinder föreligger er yrkeskategori för att arbeta med 3D och BIM?
4. Hur bedriver ni utvecklingsarbetet runt 3D?
 - (a) Någon ansvarig?
5. Vad krävs för att utveckla arbetet vidare?
 - (a) Resurser
 - (b) Programvara
 - (c) Arbetsmetodik
 - (d) Satt standard trafikverket?
 - (e) Högre standard hos leverantör/beställare?
 - (f) Annat?
6. Vad har ni att vinna på att arbeta med 3D?
7. Är BIM ett realistiskt koncept från ert perspektiv?
8. Hur får ni er data?
 - (a) Hur får ni det levererat?

- (b) Hur vill ni ha den levererat?
- 9. Hur tillförlitlig är er 3D-modell?
 - (a) Hur regleras det?
- 10. Hur vill ni leverera er data?
 - (a) Filformat?
 - (b) Rent praktiskt?
- 11. Känner ni till/har ni deltagit i några pilotprojekt (el. dyl) i syfte att utveckla?
- 12. Finns det någon person/företag som du anser vara duktiga på 3D/BIM som vi skall boka med?

Bilaga C

Intervjufrågor, intervju via e-post

Utifrån nedanstående frågor baserades de semistrukturerade intervjuerna som genomfördes med respondenterna.

1. Vilken är er roll?
 - (a) Titel?
 - (b) Arbetsuppgift/ansvarsområde?
2. Hur långt har ni kommit med 3D-projektering och BIM?
 - (a) Vilka krav ställer ni i upphandlingar
 - i. Är kravnivån samma i varje projekt?
 - ii. Vad avgör kravnivån?
 - iii. Är Kraven offentliga?
 - (b) Hur ser den framtida kravställningen från trafikverket ut?
 - i. Hur ser kraven ut på:
 - 5 års sikt?
 - 10 års sikt?
 - >10 års sikt?
3. Kommer alla bygghandlingar bli modellbaserade
 - (a) När i så fall?
 - (b) om inte, vilka blir det inte?
4. Hur kommer kraven se ut?
 - (a) Funktionella krav?
 - (b) Tekniskt specifika, alltså särskilda programvaror/format?
 - (c) Under vilka entreprenadformer kommer entreprenörer handlas upp?
5. Vilka problem/hinder föreligger Trafikverket för att arbeta med 3D och BIM?
 - (a) I vilka faser kan man/kan man inte använda BIM?

- (b) Hur bedriver ni utvecklingsarbetet kring BIM?
6. Hur ser ni på er roll som beställare för att vidareutveckla 3D/BIM?
- (a) Vilken roll spelar trafikverket för BIM?
7. Anläggning- och infrastrukturs bransch har inte kommit lika långt som husbyggnad i avseende på 3D-modellering och BIM, varför tror ni det är så?
- (a) Tekniska begränsningar?
 - (b) Konservativ del av branschen?
 - (c) Otydlig kravställning?
 - (d) Mindre vinst med 3D/BIM inom anläggning och infrastruktursbranschen?
8. Var ligger ansvaret för utveckling av 3D/BIM inom anläggning och infrastrukturbranschen?
- (a) Hos entreprenören?
 - i. Ekonomiska vinster?
 - ii. Riskeliminering
 - iii. Resursbesparingar (Färre konstruktörstimmar, bättre maskinstyrning etc)?
 - (b) Hos beställare?
 - i. Krav på BIM i upphandling?
 - ii. Tydligare definitioner av BIM
 - iii. Krav på detaljeringsnivå/LOD