

# CHALMERS



## Effektivisering av informationsflöden

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet  
Byggingenjör*

MARTIN HOLMBERG

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
*Avdelningen för Construction Management*  
*Construction Management*  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg 2013  
Examensarbete 2013:13



EXAMENSARBETE 2013:13

# Effektivisering av informationsflöden

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

MARTIN HOLMBERG

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
*Avdelningen för Construction Management*  
*Construction Management*

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2013



Effektivisering av informationsflöden

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet  
Byggingenjör*

MARTIN HOLMBERG

© MARTIN HOLMBERG, 2013

Examensarbete / Institutionen för bygg- och miljöteknik,  
Chalmers tekniska högskola 2013:13

Institutionen för bygg och miljöteknik  
Avdelningen för Construction Management  
Construction Management  
Chalmers tekniska högskola  
412 96 Göteborg  
Telefon: 031-772 10 00

Chalmers reproservice  
Göteborg 2013



Effektivisering av informationsflöden

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet  
Byggingenjör*

MARTIN HOLMBERG

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
Avdelningen för Construction Management  
Construction Management  
Chalmers tekniska högskola

## SAMMANFATTNING

Syftet med examensarbetet är att undersöka befintliga lösningar som samordnar information, knuten till CAD-modeller. Samt undersöka möjligheterna till att utveckla en alternativ lösning och jämföra potentialen för en egen lösning med den mest lovande av de befintliga lösningarna.

För att nå fram till resultaten har befintliga programvaror undersökts i en förstudie. Vissa skript har även skrivits för att testa om det är möjligt att utveckla en egen lösning.

Rapporten visar både att ArtrA är den bäst lämpade av de kommersiella lösningarna och att det är möjligt att utveckla en egen lösning.

Slutsatsen av rapporten är att det går att utveckla en egen lösning med liknande funktionalitet som en helhetslösning genom att samordna de programvaror som redan används.

Nyckelord: CAD, BIM, informationsflöden, SQL, databas

Streamlining of Information Flows  
Diploma Thesis in the Engineering Programme  
Building and Civil Engineering  
MARTIN HOLMBERG  
Department of Civil and Environmental Engineering  
Division of Construction Management  
Construction Management  
Chalmers University of Technology

## ABSTRACT

The purpose of the study is to investigate existing solutions that coordinates information tied to CAD-models. As well as investigate the possibilities to develop an alternative solution and compare the potential of such a solution with the most promising of the existing solutions.

A literature study was carried out to investigate the existing software. A number of scripts have been developed to test the possibilities to develop an alternative solution.

The study shows that ArtrA is the best suited of the commercial software as well as it is possible to develop an alternative solution.

The conclusion of the study is that it is possible to develop a solution with similar functionality as a commercial solution by coordinating the software that is already in use.

Key words: CAD, BIM, information flows, SQL, database



# Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
BETECKNINGAR	VI
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsningar	1
1.4 Metod	2
2 FÖRSTUDIE	3
2.1 Kriterier	3
2.2 Kommersiella lösningar	4
2.2.1 ArtrA	4
2.2.2 BIMserver	4
2.2.3 VEO	6
2.2.4 Vico Office	6
3 DJUPARE UNDERSÖKNING	8
3.1 ArtrA	8
4 EGENUTVECKLAD LÖSNING	10
4.1 Tänkbar lösning	10
4.2 Kritiska och problematiska moment	11
4.3 Lösning av problematiska moment	12
4.4 Jämförelse med kriterierna	14
5 RESULTAT OCH DISKUSSION	16
6 SLUTSATS	18
7 REFERENSER	19



## **Förord**

Den här rapporten är en del av mitt examensarbete på byggingenjörsutbildningen på Chalmers tekniska högskola. Examensarbetet har utförts i samarbete med avdelningen Anläggning och Geoteknik på Skanska Teknik i Göteborg.

Jag vill tacka Henrik Ljungberg, som varit min handledare på Skanska Teknik, för att han har kunnat svara på alla frågor och att han har haft förtroende för mig och mitt examensarbete. Slutligen vill jag även tacka Börje Westerdahl, min handledare på Chalmers, för all hjälp med rapporten och framför allt för att han visat ett stort intresse för mitt examensarbete.

Göteborg maj 2013

Martin Holmberg

## Beteckningar

BIM	Building Information Model
CAD	Computer Aided Design
API	Application Programming Interface, en uppsättning funktionsanrop som ger möjligheten att nå en programvaras funktioner ifrån en annan programvara.
Molnet	Molnet kan förenklat beskrivas som ett flertal servrar på internet som utför specifika tjänster, till exempel lagra filer eller rendera bilder.
IFC	Industry Foundation Classes, ett öppet BIM-filformat.
SQL	Structured Query Language, ett programmeringsspråk som databaser ofta bygger på.

# 1 Inledning

I det här kapitlet redogörs examensarbetets bakgrund, syfte, avgränsningar samt de metoder som använts.

## 1.1 Bakgrund

Dagens CAD-modeller kommer i många olika format och kan innehålla olika mängder information utöver geometrin. Konceptet att lagra information i modellen kallas Building Information Model, BIM. Modellerna används till en mängd olika tillämpningar, som till exempel mängdberäkningar, kalkyl, planering och visualisering. Ofta behöver informationen, knuten till objekten i modellen, vid olika tillämpningar kompletteras med ytterligare information. I nuläget görs kompletteringarna manuellt vid varje tillämpning, delvis på grund av att olika programvaror används för olika tillämpningar, och delvis för att det inte finns något annat alternativ. Dessutom exporteras modeller och information mellan olika programvaror för att kunna behandlas ytterligare. Vid varje export dödas informationen, i det avseendet att förändringar tidigare i arbetskedjan inte följer med till senare steg. Det finns därmed risk för att vissa uppgifter måste utföras flera gånger. Om istället all information om objekten var tillgänglig och levande i alla programvaror skulle arbetet kunna utföras mycket smidigare. Dessutom finns det mycket pengar att spara. I en rapport publicerad av American Institute of Architects hävdar man att i genomsnitt 3,1 % av projektkostnaderna beror på dålig interoperabilitet mellan programvaror (McGraw-Hill Construction, 2007).

I vissa programvaror inom husbyggnad finns redan detta tankesätt. Utvecklingen av programvaror för infrastruktur ligger steget efter och utvecklare av programvaror för infrastruktur har därför stora skäl till att inspireras av programvaror för husbyggnad.

## 1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet är att i en förstudie undersöka befintliga lösningar som samordnar information, knuten till modeller, samt undersöka möjligheterna till att utveckla en alternativ lösning och jämföra potentialen för en egen lösning med den mest lovande av de befintliga lösningarna.

## 1.3 Avgränsningar

Arbetet riktar in sig på användning inom området bro och anläggning. Den djupare undersökningen begränsas till att endast behandla den mest lovande lösningen från förstudien. Den alternativa lösningen begränsas till att enbart behandla de båda kategorierna CAD-geometrier och planering. Lösningen begränsas dessutom till Skanskas programvaror och nuvarande arbetssätt i de ovan nämnda områdena.

## 1.4 Metod

Inledningsvis togs grundläggande kriterier för en lösning fram i en dialog med Skanska Teknik. Därefter följde en förundersökning där utbudet av programvaror, som skulle kunna uppnå kriterierna, undersöktes ytligt för att se om det ens var praktiskt möjligt att använda programvarorna inom bro- och anläggningsprojekt. Den mest lovande programvaran undersöktes djupare för att jämföras med de framtagna kriterierna. Nästa steg var att identifiera de kritiska och möjligen problematiska delarna av en egenutvecklad lösning. Sedan följde tester för att fastställa om det är möjligt att med hjälp av programmering lösa de identifierade problemen. Slutligen jämfördes potentialen i en egenutvecklad lösning med kriterierna samt den andra programvarans resultat.

## 2 Förstudie

För att jämföra den mest lovande programvaran som undersökts i förstudien på ett vetenskapligt sätt med den egenutvecklade lösningen bedöms de utifrån om de uppnår vissa kriterier eller inte.

### 2.1 Kriterier

Tillsammans med Henrik Ljungberg<sup>1</sup> på Skanska Teknik har följande bedömningskriterier tagits fram.

Programvaran skall:

- Vara kompatibel med de filformat som Skanska använder – Ett starkt avgörande krav då programvaran inte kan användas utan omfattande byten av programvaror om den inte är kompatibel med de filformat som redan används.
- I övrigt vara flexibel med avseende på filformat – Skanska jobbar med flera olika beställare och samarbetspartners vilket innebär att olika filformat som inte vanligtvis används kan förekomma. Flexibilitet med avseende på filformat är därmed en fördel.
- Ge möjlighet att använda modellen i både anbudsskedet och detaljprojektering – Om modellen som tagits fram i anbudsskedet kan uppdateras för vidare användning inom detaljprojektering kan mycket dubbelarbete undvikas.
- Kunna knyta parametrar/information till objekt i modellen – För att på ett smart sätt kunna använda modellen till olika tillämpningar så som anbudsberäkningar och visualisering behöver modellen ha möjlighet att bära ytterligare information utöver geometrier.
- Ha statushantering för objekt i modellen (Level of detail/development) – När en modell används i både anbudsskedet och detaljprojektering genomgår modellens objekt olika utvecklingsgrader allt eftersom att de uppdateras och blir mer detaljerade. Det är därför viktigt att veta vilken status alla objekt har, så att inte ett objekt med för låg utvecklingsgrad används.
- Fungera i stora bro- och anläggningsprojekt – I bro- och anläggningsprojekt används vissa speciella geometrier som vanligtvis inte hanteras i husprojekt. Det innebär att vissa filformat som används för husprojekt inte praktiskt kan användas i bro- och anläggningsprojekt.
- Flexibel med avseende på varierande krav – Då Skanska Teknik är en supportfunktion inom Skanska varierar projekten väldigt mycket. Det i sin tur

---

<sup>1</sup> Henrik Ljungberg (BIM-koordinator, Anläggning och Geoteknik, Skanska Teknik) samtal med författaren den 22:e april 2013.

betyder att kraven på vad som ska levereras också varierar. Det förekommer även att projekten själva ställer speciella krav. För att kunna möta de kraven är det viktigt att programvaran är tillräckligt flexibel.

## 2.2 Kommersiella lösningar

I det här kapitlet undersöks vilka befintliga lösningar som har störst möjlighet att fungera med Skanskas arbetsätt och de rådande förutsättningarna. Vid urvalet av programvaror som skulle tas med i förstudien har programvaror med smarta arbetsätt och smart informationshantering prioriterats.

### 2.2.1 ArtrA

ArtrA är en programvara, för bland annat planering, produktionsstöd och förvaltning, som är baserad på en Active-X version av Navisworks och en SQL-databas (amtech, 2013a;b;c). Eftersom att ArtrA bygger på Navisworks så har ArtrA stöd för alla de vanligaste filformaten för både BIM-modeller och vanliga CAD-modeller. Tack vare databasen kan dessutom enklare CAD-modeller, som i vanliga fall inte kan bära information, användas som BIM-modeller (amtech, 2013a;b). Utöver vanliga parametrar kan även dokument länkas till objekt i modellen, till exempel bilder, produktinformation och underhållsanvisningar. För att åskådliggöra informationen i databasen kan anpassningsbara strukturerade rapporter genereras (amtech, 2013a;b;c). Till en början jobbade utvecklarna av ArtrA inom petroleumindustrin men har senare vidgat fokus med ambitionen att ArtrA ska kunna användas till alla olika typer av byggprojekt (ibid). Amtech hävdar att ArtrA redan kan användas till alla typer av byggprojekt, om det är sant eller inte är osäkert (ibid). Däremot är det säkert att ArtrA har stöd för en stor variation av byggprojekt, bland annat sjukhusprojekt där alla installationer kanske bidrar med de största utmaningarna samt bro- och tunnelprojekt där det finns andra utmaningar (ibid).

ArtrAs olika användningsområden och flexibilitet både funktionsmässigt och med avseende på filformat gör ArtrA till ett väldigt intressant alternativ.

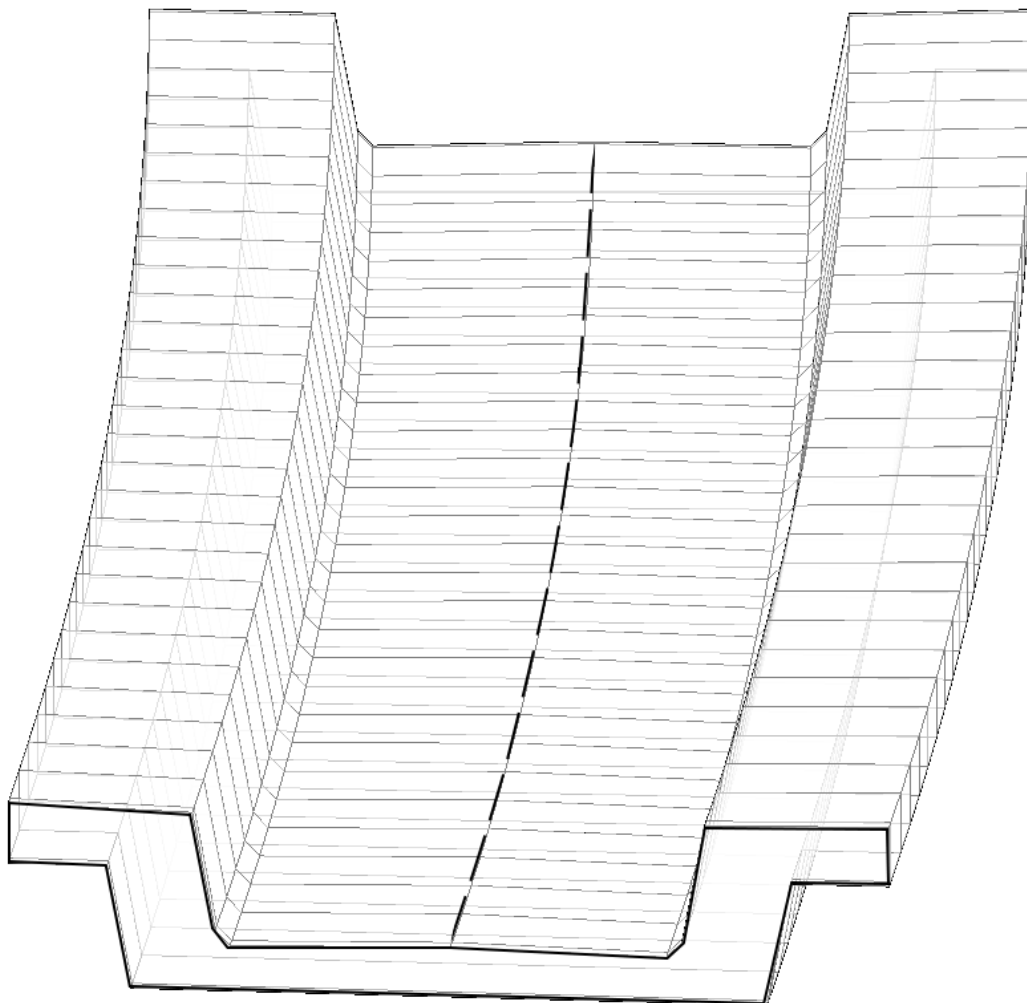
### 2.2.2 BIMserver

BIMserver är en programvara med öppen källkod som drivs utan vinstdrivande syfte (BIMserver 2009) och bygger på den internationella standarden ISO 16739:2013 Industry Foundation Classes, IFC, som behandlar BIM-data. Med BIMserver kan en dator användas som en server för att samordna IFC-data från IFC-filer (ibid). Det fungerar så att när en uppdaterad IFC-fil laddas upp till servern söks filen igenom efter förändringar jämfört med de data som redan finns i serverns databas. Sedan läggs de förändringarna in i databasen i form av IFC-data. Det är alltså ingen modell som ligger på servern utan enbart IFC-data som behandlar vilka egenskaper modellen ska ha, till exempel geometrier i modellen och dess tillhörande parametrar. Det finns många fördelar med det upplägget då databasen ger möjlighet att filtrera ut objekt av



intresse. Vidare ger BIMserver möjligheten att dela upp modellen i olika delmodeller, med egna användarrättigheter om så önskas, så att flera användare kan jobba med att uppdatera olika delar av modellen samtidigt (ibid). När databasen uppdateras meddelas användarna att det finns en nyare version av modellen. Användare varnas dessutom om modellen blivit ändrad under pågående arbete (ibid).

Datastandarden IFC och det tillhörande filformatet är i huvudsak utvecklat för att beskriva byggnader. Vilket medför att de inte stödjer vissa funktioner som används för att beskriva infrastruktur, till exempel klotoider och linjedefinerad geometrier som visas i figur 1.



**Figur 1: Geometri definierad av profil och väglinje (streckad)**

För att utöka användningsområdena för IFC pågår flera projekt där man skapar förlängningar av IFC-standarden, till exempel CI-2 Bridge som ska utöka stödet för att beskriva broar (buildingSMART, 2011). Dessutom utvecklar organisationen som tagit fram IFC-standarden, buildingSMART, öppna standarder för att beskriva infrastruktur med målsättningen att de ska vara brukbara till år 2016 (buildingSMART, 2013). Det här betyder att BIMserver i nuläget inte är ett gångbart

alternativ för Skanska Teknik men att BIMserver i framtiden, när IFC-standaren för infrastruktur har mognat, kan vara ett intressant alternativ.

### 2.2.3 VEO

VEO är en integrerad multifunktionell programvara som utvecklas av M-SIX för användning inom husbyggnad genom faserna design, produktion samt drift och underhåll. Kärnan i VEO är dess grafikmotor Lux som utöver vanlig visning av modellen även bidrar med funktionen att rendera bilder i molnet, vilket enkelt förklarar innebär att servrar på internet står för processorkraften istället för användarens dator (M-SIX, 2013b). Eftersom att VEO i grund och botten är en molnapplikation lagras all information i molnet, men för att undvika långa laddningstider lagras information även lokalt (M-SIX, 2013a). För att ladda upp modeller till molnet tillhandahåller M-SIX exporttillägg till Revit och AutoCAD som än så länge är de enda modelleringsverktyg som VEO stödjer. Då VEO är en ung programvara som lanserades under år 2013, finns det avsikter att framöver utöka stödet för andra modelleringsverktyg. Det är till exempel planerat att stöd för Graphisoft applikationer ska släppas inom en snar framtid (M-SIX, 2013a). När en ny version av en modell laddats upp till molnet måste förändringarna godkännas innan de träder i kraft i hela projektet (M-SIX, 2013b). Dessutom sparas ett register av vilka förändringar som har gjorts. På så sätt kan förändringar gjorda ett visst datum åskådliggöras i modellen. När modellen är uppladdad kan planeringsaktiviteter knytas till objekt i modellen och på så sätt skapa en 4D-simulering. Det som skiljer VEO ur mängden är dess användningsområden inom drift och underhåll. En funktion som är användbar inom drift och underhåll är att bilder och dokument kan länkas till objekt i modellen, till exempel produktinformation och driftskort för ventilationsaggregat (M-SIX, 2013a;b). Dessutom kan Quick Respons, QR, koder kopplade till objekten placeras ut på plats. QR-koderna kan sedan skannas för att nå informationen och dokumenten kopplade till objektet (ibid). För att ytterligare utöka funktionaliteten inom drift och underhåll kan larm och sensorer kopplas till modellen och läsas av i realtid. På så sätt kan installationer och annan utrustning bevakas noggrannare under driftstiden (M-SIX, 2013a).

VEO är ett steg i rätt riktning när det gäller utveckling av programvaror för husbyggnad. VEO borde med all säkerhet vara en inspirationskälla för utvecklare inom infrastruktur, men främst på grund av att VEO endast stödjer Revit och AutoCAD är det inte praktiskt tillämpligt för Skanska Teknik på kort sikt.

### 2.2.4 Vico Office

Vico Office är en modulbaserad integrerad programvara för bland annat kollisionskontroll, planering och mängdning som i huvudsak är utvecklad för användning inom husbyggnad. Alla funktioner är uppbyggda kring en 3D-modell, till exempel mängder plockas ur geometrierna och planeringsaktiviteter kopplas till objekt i modellen. Modellformat som stöds är bland annat Revit, Tekla, ArchiCAD, IFC och 3D DWG (Vico Software, 2013). Vico Office har även ett sofistikerat system för att behandla uppdateringar av modellen. Först registreras alla förändringar sedan

organiseras de på samma sätt som resten av modellen, till exempel anges vilka mängder som tillhör vilken typ, tack vare att systemet har lagrat hur användaren har organiserat modellen tidigare. Slutligen uppdateras modellen och mängderna. Alla värden som beror av de nyligen uppdaterade mängderna uppdateras också, till exempel kostnadsberäkningar och planering (ibid). En annan intressant funktion är det inbyggda systemet för statushantering som ger användaren möjligheten att bevaka utvecklingsgraden på varje objekt i modellen (ibid).

När Vico Office version 4.0 lanserades under år 2012 var en av de nya funktionerna stöd för publicering av modeller från AutoCAD Architecture 2013 och AutoCAD MEP 2013 till Vico Office (Vico Software, 2012). I och med det öppnades möjligheter att använda Vico Office för infrastrukturprojekt men faktum kvarstår fortfarande att Vico Office är utvecklat för användning inom husbyggnad och därför inte fungerar lika effektivt inom infrastruktur (Vico Software, 2013). Om inte Vico Software lägger energi på att utöka funktionaliteten för infrastrukturprojekt kommer Vico Office inte ens i framtiden att vara ett gångbart alternativ inom bro och anläggning för Skanska Teknik, även om Vico Office erbjuder många intressanta funktioner och ett genomtänkt arbetssätt.

## 3 Djupare undersökning

I det här kapitlet görs en djupare undersökning för att utreda vilka av kriterierna som programvarorna uppnår. Då ArtrA var den enda programvaran som var praktiskt tillämpbar inom bro och anläggning med de rådande förutsättningarna är det även den programvaran som undersöks i det här kapitlet.

### 3.1 ArtrA

Som tidigare nämnts är ArtrA baserat på Navisworks och har därmed stöd för de vanligaste filformaten för CAD-modeller. Det innefattar filformat som används i program utvecklade av bland annat Autodesk, Bentley, Graphisoft och CADDUCT, dessutom finns det stöd för IFC (amtech, 2013a;b). Det är därmed säkert att ArtrA är kompatibel med de filformat som Skanska använder. Dessutom kan ArtrA ses som flexibel med avseende på filformat vilket innebär att de två första kriterierna är avklarade.

Eftersom att ArtrA är baserat på Navisworks så är de grundläggande funktionerna detsamma i båda programmen. ArtrA fungerar alltså på samma sätt som Navisworks när det gäller att sätta ihop flera modeller till en projektfil (amtech, 2013a;b;c). När flera modeller sätts ihop reflekterar projektfilens storlek självklart de ingående modellernas storlek. Om det är stora BIM-modeller med mängder av information i blir modellerna och projektfilen fort ohanterlig på grund av sin storlek. Därför är det en fördel att ArtrA lagrar informationen kopplad till modellen i en databas istället för i modellen, det hjälper till att hålla storleken på filerna inom en kontrollerbar nivå (amtech, 2013a). Det i kombination med filformaten som stöds gör att ArtrA kan användas inom stora bro- och anläggningsprojekt, därmed är det kriteriet uppfyllt. Med hjälp av såkallade taggar kan olika formulär fyllas i för att lägga till information om modellens objekt i databasen (amtech, 2013a;b;c). Ett objekt kan ha oändligt många taggar och därmed bära oändligt mycket information oavsett om objektet från början kommer från en BIM-modell eller ej (ibid). Därmed är ytterligare ett kriterium uppfyllt, dvs. att parametrar/information kan knytas till objekten i modellen.



ArtrA har många funktioner men något som kanske saknas är ett system för statushantering av objekt i modellen. Utan ett system för att kartlägga vilken utvecklingsgrad objekten har händer det lätt att objekt som inte innehåller tillräckligt noggrann information används. Det är eventuellt möjligt att upprätta ett eget system för statushantering med hjälp av taggfunktionen. Huruvida det är helt möjligt eller inte kräver vidare utredning och det är ingenting som kommer att göras i det här arbetet. I och med att ingen säker bekräftelse finns på att det går att lösa med hjälp av taggar antas det i arbetet att det inte är möjligt.

ArtrA Administrator som är en del av ArtrA innehåller funktioner för att hantera projektet. Till exempel kan olika användargrupper upprättas, det är även här som formulären kopplade till taggar upprättas. En av de mer centrala funktionerna för ArtrA Administrator är att hantera modellerna i projektet. ArtrA Administrator ger möjlighet att lägga till och ta bort modeller, ändra modellens information och uppdatera modeller på ett kontrollerat sätt (amtech, 2013a). Det innebär att en modell

som tagits fram och används i anbudsskedet kan uppdateras för fortsatt användning under detaljprojekteringen.

En av styrkorna med ArtrA är att den kan användas under en byggnads hela livslängd, från design stadiet, genom produktionen och slutligen under drift och underhållstiden (amtech, 2013a;b). ArtrA kan köras på Tablet PC enheter ute på byggplatsen för att till exempel visualisera en lägesrapport, generera styckelistor ur databasen eller komma åt dokumentation om något objekt (amtech, 2013a;b;c). Funktionen att länka dokument till modellen öppnar möjligheten att smidigare leverera en drift och underhållsmanual när det är dags för överlämning (amtech, 2013a;b). Utöver de funktioner som redan presenterats har ArtrA en mängd ytterligare funktioner vilket bidrar till slutsatsen att ArtrA är en flexibel lösning med avseende på varierande krav. Därmed har ArtrA uppfyllt de flesta av bedömningskriterierna vilket åskådliggörs i tabell 1.

**Tabell 1: Sammanställning för av ArtrA uppfyllda kriterier**

Kriterier	ArtrA
Kompatibel med de filformat som Skanska använder	
I övrigt flexibel med avseende på filformat	
Ge möjlighet att använda modellen i både anbudsskedet och detaljprojektering	
Kunna knyta parametrar/information till objekt i modellen	
Ha statushantering för objekt i modellen	
Fungera i stora bro- och anläggningsprojekt	
Flexibel med avseende på varierande krav	

## 4 Egenutvecklad lösning

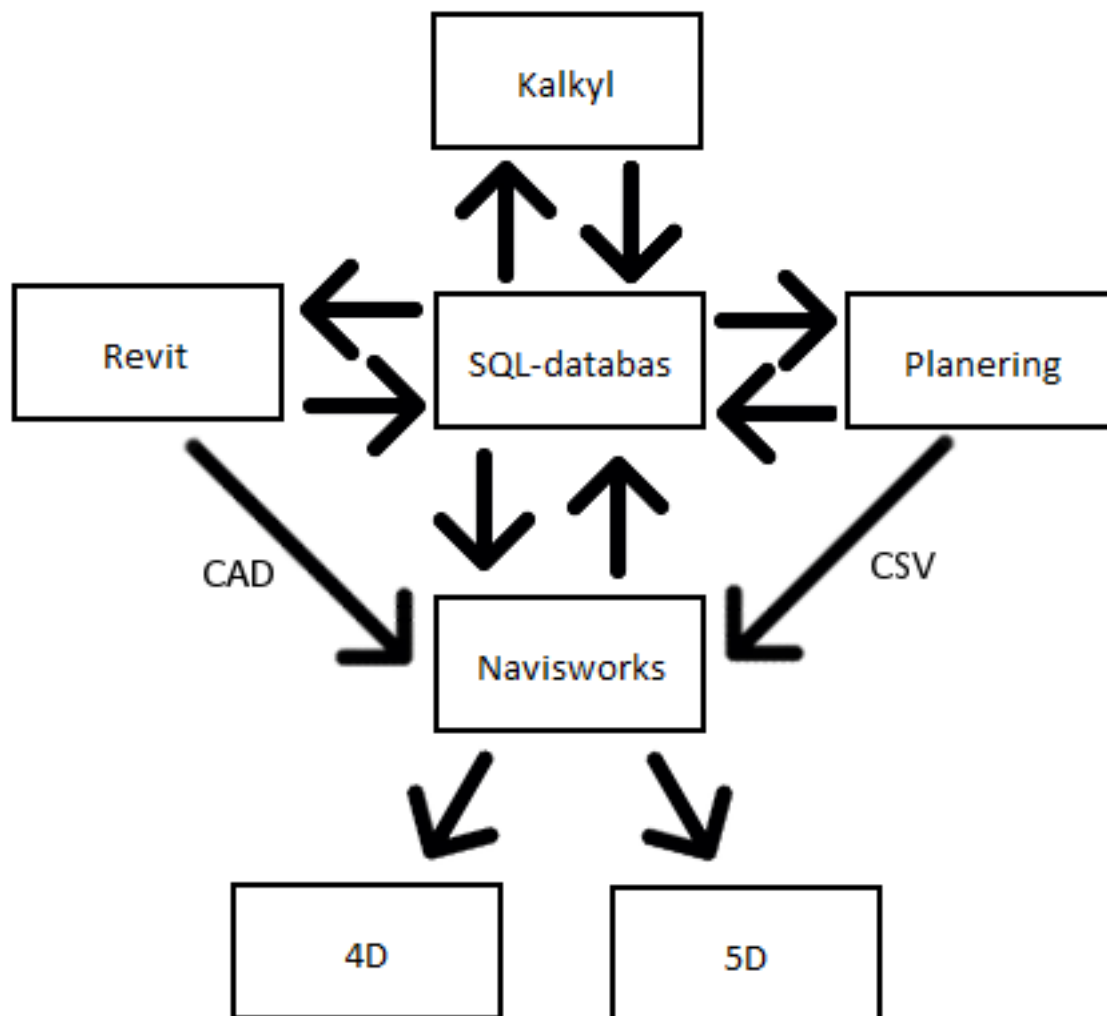
Kriterierna från förstudien används i det här kapitlet som en ledstjärna för vilka funktioner en egenutvecklad lösning bör ha. Även om funktionaliteten är viktig har det ändå prioriterats högre att skapa ett smidigt arbetssätt.

### 4.1 Tänkbar lösning

Det finns självklart många om inte oändligt många olika sätt att göra ett program eller en lösning, som kan samordna information knuten till modeller. I det här arbetet togs beslutet att en SQL-databas ska vara kärnan av lösningen. Delvis för att BIM-modellernas storlek kan hållas nere om de inte behöver innehålla extra information, men framför allt för att informationen blir mer tillgänglig om den lagras centralt i en databas. En databas ger dessutom möjligheten att filtrera och sortera informationen på ett helt annat sätt än vad som är möjligt om informationen skulle lagras direkt i modellen. Det öppnar till exempel möjligheter att presentera informationen på ett anpassat sätt för varje befattning så att den kan bearbetas på smidigaste sätt.

Nästa viktiga val var om lösningen skulle baseras på Revit eller Navisworks. Då det finns både för- och nackdelar med båda alternativen var det inget lätt val. Att basera lösningen på Navisworks skulle betyda stor frihet med avseende på filformat. Dessutom bidrar Navisworks med funktionerna att koppla ihop modellen med en tidplan och göra 4D- eller 5D-simuleringar. Däremot är Navisworks begränsat när det gäller att plocka ut volymer och areor ur modellen. I jämförelse har en lösning baserad på Revit stora möjligheter att analysera modellen för att ta fram volymer och areor. Däremot är Revit begränsat när det kommer till vilka filformat som stöds. Vilket blir ett problem med tanke på att Skanska inte vanligtvis modellerar infrastruktur i Revit och därför skulle behöva importera geometrier till Revit. Efter att dessa för- och nackdelar hade analyserats stod det klart att de båda alternativen kompletterar varandra väldigt bra. Därför baserades lösningen på både Revit och Navisworks.

Eftersom att skriva egna filimporter är ett väldigt omfattande arbete som det inte finns utrymme för i det här examensarbetet gjordes en kompromiss. På bekostnad av flexibilitet med avseende på filformat och även avvikelser från Skanskas vanliga arbetssätt uppnås en mer strukturerad lösning som möjliggör ett effektivt arbetssätt. Det planerade upplägget för lösningen, som illustreras i figur 1, blev tillslut att geometrierna modelleras och analyseras i Revit istället för att importera geometrierna.



**Figur 2: Planerad lösning**

Ifrån Revit läggs informationen om projektet, modellen och dess objekt in i SQL-databasen. När informationen är centralt lagrad i databasen och därmed tillgänglig från andra applikationer kan informationen användas till och kompletteras för kalkyl och planering. På så sätt kan en tidplan tas fram. I Navisworks kan sen tidplanen kopplas till modellen och databasen, därmed finns all information tillgänglig för att generera 4D- eller 5D-simuleringar.

## 4.2 Kritiska och problematiska moment

I det här kapitlet identifieras de kritiska och problematiska moment som behöver lösas för att bevisa att det är möjligt att utveckla en egen lösning.

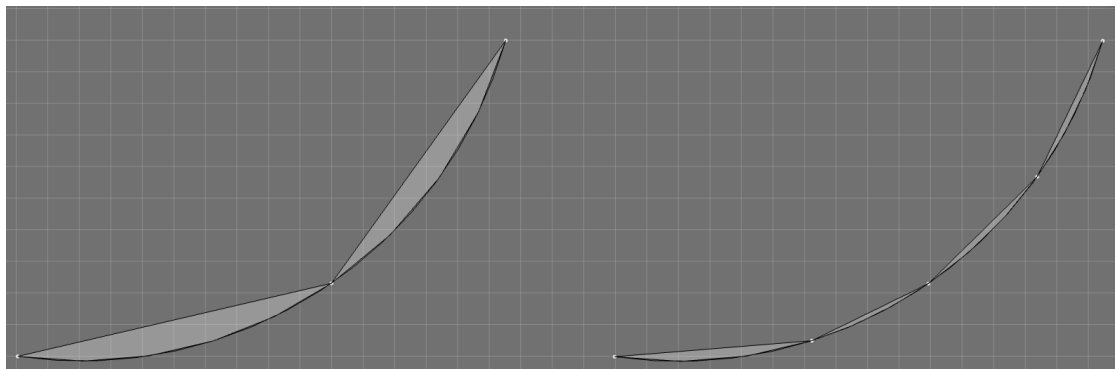
1. Ett stort problem med den planerade lösningen är att Revit inte har stöd för att skapa vissa avancerade geometrier, till exempel klotoider och linjedefinerade geometrier, som är vanligt förekommande i bro- och anläggningsprojekt.
2. En kritisk del av den planerade lösningen är att få åtkomst till SQL-databasen från Revit för att kunna lagra informationen centralt.

3. Det är även kritiskt att nå databasen ifrån Navisworks för att den planerade lösningen ska kunna fungera. Självklart är det även viktigt att nå databasen från de applikationer som används för kalkyl och planering, men åtkomst till databasen undersöks inte för de applikationerna i det här arbetet eftersom att problematiken i stort sett är samma som för att nå databasen från Revit eller Navisworks.
4. Även om funktionen att knyta en tidplan till modellen är något som redan finns i Navisworks är det ändå en kritisk del av den planerade lösningen som borde undersökas.
5. För att få modellen till Navisworks måste modellen importeras via en filimport. Ett av målen med att göra en egen lösning var att komma ifrån exporter och importer mellan programvaror eftersom att det i vanliga fall dödar informationen. Det är därför viktigt att modellimporten till Navisworks sköts på ett smart sätt så att modellen och dess information förblir levande.
6. Ett kritiskt problem är att behålla informationen om modellen när den uppdateras så att inte samma information måste knytas till modellen igen. Dessutom måste parametrar som styrs av geometrin uppdateras, till exempel areor och volymer, även värden som beror av dessa parametrar behöver uppdateras.

### 4.3 Lösning av problematiska moment

I det här kapitlet redovisas möjliga lösningar på de problematiska moment som identifierats i kapitel 4.2.

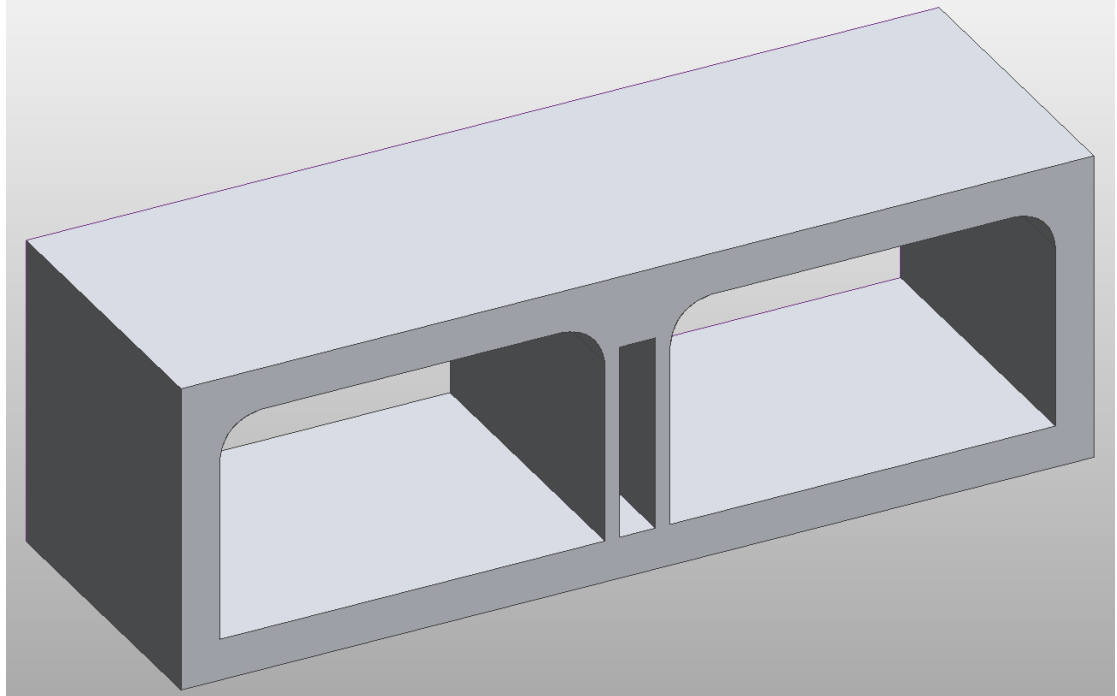
1. För att Revit ska kunna användas för att modellera infrastruktur behöver kompletterande geometrier skapas i Revit. För att gå runt det problemet skapas de geometrityperna som inte stöds av Revit i ett annat CAD-program. Sedan skapas en strukturerad punktfil utifrån de geometrierna. Egentligen går det inte att skapa till exempel klotoider i Revit, men genom att plocka punkter ifrån en klotoid och skapa linjesegment mellan punkterna kan en förenklad klotoid skapas. Med den metoden blir avvikelserna ifrån den ursprungliga klotoiden allt mindre desto fler punkter som används, det illustreras i figur 2.



Figur 3: Approximering av klotoider



För att läsa in punktfiler och återskapa geometrierna, i Revit, skrevs ett skript som använder Revits API. Skriptet utnyttjar att punktfilen innehåller en strukturerad kod med punktens egenskaper, inte enbart koordinater för punkterna, för att återskapa även de mer avancerade geometrierna. I figur 4 visas ett mer avancerat tvärsnitt som består av flera profiler.



**Figur 4: Avancerad geometri med flera profiler i tvärsnittet**

Tack vare punktkoderna skapar skriptet även egna objekt för synlig respektive dold form. Dessutom räknar skriptet ut tillhörande volymer och areor för alla skapade geometrier.

2. För att testa om SQL-databasen går att nå ifrån Revit skrevs först en klass baserad på databasens API. Klassen fungerar som en tolk och innehåller grundläggande anrop för att kommunicera med databasen för att till exempel ansluta till databasen, lägga till en ny rad i databasen, hitta specifik rad, hitta alla rader med specifika egenskaper. Sedan användes klassen i ett skript, baserat på Revit API:et, för att testa att skriva till databasen, vilket fungerade. Därmed kan databasen nås ifrån Revit.
3. För att testa om SQL-databasen går att nå ifrån Navisworks användes den egna databasklassen igen. Klassen användes i ett skript, baserat på Navisworks API:et, för att testa att läsa ifrån databasen och att skriva till den. Eftersom att båda fallen fungerade kan databasen nås även ifrån Navisworks. Förmodligen kan samma metod användas för att nå databasen även ifrån de applikationer som används för kalkyl och planering.
4. I nuläget levererar planeraren en CSV-fil, i princip ett Excel-blad, med tidplanen. För att koppla tidplanen mot en modell i Navisworks måste så kallade search sets skapas och användas för att koppla ihop rätt objekt med rätt planeringsaktivitet. Dessa search sets kan läsas in ifrån en XML-fil, en

hierarkiskt strukturerad filtyp. För att effektivisera processen med att skapa search sets har Skanska Teknik skrivit ett skript. Skriptet skapar en XML-fil med search sets utifrån CSV-filen så att varje planeringsaktivitet kopplas mot rätt objekt. Det här innebär visserligen bara en effektivisering av delar av processen, men det är ändå en förbättring.

5. För att säkerställa att den aktuella versionen av modellen alltid används i Navisworks skulle en automatisk kontroll kunna utföras när tidplanen kopplas till modellen. En sådan kontroll skulle till exempel kunna gå till så att en länk till modellfilen sparas på databasen, där kan även information om när filen senast uppdaterades utvinnas, om det är senare än den filen som används för tillfället laddas den nyare filen in och information om när den var uppdaterad sparas på databasen för framtida kontroller. På så sätt borde man kunna säkerställa att enbart den aktuella versionen av modellen används.
6. Varje objekt i modellen har alltid ett element ID som är ett unikt värde för varje enskilt objekt. Element ID:et syns inte i Revit men kan nås ifrån Revits API. Informationen om varje objekt sparas i databasen där element ID:et utgör länken till modellen. Om ett objekt uppdateras förblir element ID:et oförändrat och därmed är det bara de geometriska parametrarna som behöver uppdateras, som volymer och areor, även de värden som beror av geometriska parametrar behöver uppdateras. En funktion som anropas varje gång modellen sparas skulle kunna skrivas. Från den skulle alla objekt i modellen kunna jämföras med databasen och alla avvikande geometriska värden skulle kunna uppdateras. För att underlätta uppdateringen av de värden som beror av de geometriska parametrarna skulle de istället kunna läggas in i databasen som beroenden. Därmed skulle de uppdateras automatiskt.

I och med att en möjlig lösning har kunnat presenteras för varje av de sex problematiska momenten finns det möjlighet att utveckla en egen lösning.

#### **4.4 Jämförelse med kriterierna**

Lösningen frångår visserligen Skanskas nuvarande arbetssätt och de filformat som Skanska använder, men eftersom att lösningen kompletterar Revits geometriutbud skulle Revits filformat kunna bli de filformat som Skanska använder. Lösningen skulle även kunna baseras på ett annat eller ytterligare CAD-program för att förändra vilka filformat som stöds. Det är en fördel med att göra ett egenutvecklat alternativ. Därför går det att konstatera att lösningen är flexibel med avseende på filformat och att den skulle kunna vara kompatibel med de filformat som Skanska använder. Dessutom går det att konstatera att lösningen kan användas i stora bro- och anläggningsprojekt. Delvis för att databasen effektivt hanterar information men framför allt för att Revit kompletterades med saknade geometrityper.

Tack vare databasen och objektens unika element ID:n kan parametrar och information knytas till modellens objekt. Dessutom ger den anpassningsbara databasen möjlighet att lägga till en parameter på varje objekt som indikerar objektets utvecklingsgrad.

Eftersom att modellen kan uppdateras utan att informationen kopplad till den går förlorad går det att använda modellen i både anbudsskedet och detaljprojektering.

Som tidigare nämnts är en av fördelarna med en egenutvecklad lösning att förändringar av lösningen kan göras efter behov. Det ger lösningen en viss flexibilitet med avseende på varierande krav. Därmed har en egenutvecklad lösning potential att uppfylla alla bedömningskriterier vilket visas i tabell 2.

**Tabell 2: Potentialen för en egenutvecklad lösning**

Kriterier	Potentialen för en egenutvecklad lösning
Kompatibel med de filformat som Skanska använder	
I övrigt flexibel med avseende på filformat	
Ge möjlighet att använda modellen i både anbudsskedet och detaljprojektering	
Kunna knyta parametrar/information till objekt i modellen	
Ha statushantering för objekt i modellen	
Fungera i stora bro- och anläggningsprojekt	
Flexibel med avseende på varierande krav	

## 5 Resultat och diskussion

I förstudien konstaterades att ArtrA var den bäst lämpade för Skanska Teknik av de kommersiella lösningarna. Dessutom visar undersökningen i kapitel 4.3 att det är möjligt att utveckla en egen lösning. Den egenutvecklade lösningen har vissa distinkta likheter med ArtrA, främst att de är uppbyggda kring en SQL-databas och Navisworks. Det har resulterat i att både ArtrA och potentialen för den egenutvecklade lösningen har uppnått de flesta av bedömningskriterierna som åskådliggörs i tabell 3.

Tabell 3: Jämförelse mellan ArtrA och potentialen av en egenutvecklad lösning

Kriterier	ArtrA	Potentialen för en egenutvecklad lösning
Kompatibel med de filformat som Skanska använder		
I övrigt flexibel med avseende på filformat		
Ge möjlighet att använda modellen i både anbudsskedet och detaljprojektering		
Kunna knyta parametrar/information till objekt i modellen		
Ha statushantering för objekt i modellen		
Funktionera i stora bro- och anläggningsprojekt		
Flexibel med avseende på varierande krav		

Eftersom att jämförelsen i tabell 3 är mellan potentialen för en egenutvecklad och ArtrA kan den framstå som missvisande. Då den ena bedöms för vilka kriterier den uppnår nu medan den andra bedöms för vilka kriterier den skulle kunna uppnå. Alternativet skulle vara att jämföra en programvara som ännu inte finns efter vilka kriterier den uppnår nu, vilket skulle vara mer missvisande. Faktum är dock att det är möjligheterna och friheten med en egenutvecklad lösning som gör det till ett intressant alternativ.

En stor skillnad mellan ArtrA och upplägget för den egenutvecklade lösningen är att ArtrA i princip är oberoende av var ifrån CAD-modellerna kommer medans den egenutvecklade lösningen är låst till att modellerna görs i Revit. Anledningen till att den egenutvecklade lösningen är låst till Revit är att volymer och areor räknas ut medan modellen skapas. Många av de kommersiella lösningarna som undersökts beräknar istället volymer och areor i samband med att modellen importeras. Om den egenutvecklade lösningen skulle kompletteras med en funktion som beräknar volymer och areor i Navisworks skulle den inte längre behöva vara låst till Revit.

En av skillnaderna mellan kommersiella helhetslösningar, som ArtrA, och en egenutvecklad lösning är att när man utvecklar en egen lösning finns möjligheten att bygga upp lösningen kring de egna arbetssätten. Medans färdiga arbetssätt ingår i helhetslösningar som i princip måste följas på gott och ont.

## 6 Slutsats

Studien visar att liknande funktionalitet som helhetslösningar, som ArtrA, bidrar med kan uppnås genom att samordna de programvaror som redan används.

Då båda alternativen har liknande funktionalitet borde ett beslut om att välja det ena eller det andra alternativet istället baseras på andra frågeställningar och aspekter. Frågeställningar som vilket av alternativen som är billigast, att betala licenser för en helhetslösning eller att utveckla och förvalta en egen lösning, eller om helhetslösningens arbetssätt är mer tilltalande än att anpassa lösningen till sina egna arbetssätt, kan vara till hjälp för att fatta ett bra beslut.

Då det står klart att det finns för- och nackdelar med båda alternativen kan ingen generell slutsats dras. Därför behöver bedömning av vilket av alternativen som är bäst göras från fall till fall.

Oavsett vilket av alternativen som väljs blir det en hjälp för uppnå det viktigaste målet, att jobba smartare.

## 7 Referenser

McGraw-Hill Construction (2007) *Interoperability in the Construction Industry*. <http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aias077485.pdf> (9 juni 2013).

BIMserver (2009) *BIMserver*. [bimserver.org](http://bimserver.org) (7 maj 2013).

buildingSMART (2011) CI-2 Bridge. *buildingSMART International home of openBIM*. [www.buildingsmart-tech.org](http://www.buildingsmart-tech.org) (12 maj 2013).

buildingSMART (2013) buildingSMART to develop open standards for infrastructure. *buildingSMART International home of openBIM*. [www.buildingsmart.org](http://www.buildingsmart.org) (12 maj 2013).

Vico Software (2012) What's New in Vico Office R4? *Vico Software*. [www.vicosoftware.com](http://www.vicosoftware.com) (16 maj 2013).

Vico Software (2013) *Vico Software*. [www.vicosoftware.com](http://www.vicosoftware.com) (16 maj 2013).

M-SIX (2013a) *M-SIX*. [www.m-six.com](http://www.m-six.com) (18 maj 2013).

M-SIX (2013b) VEO Preview. [video online] <http://www.m-six.com/Video/li/VEO-Preview.html> (18 maj 2013).

amtech (2013a) *ArtrA*. [www.artra.co.uk](http://www.artra.co.uk) (19 maj 2013).

amtech (2013b) *ArtrA Overview*. *ArtrA*. [www.artra.co.uk](http://www.artra.co.uk) (19 maj 2013).

amtech (2013c) *Civil Case Study*. *ArtrA*. [www.artra.co.uk](http://www.artra.co.uk) (19 maj 2013).