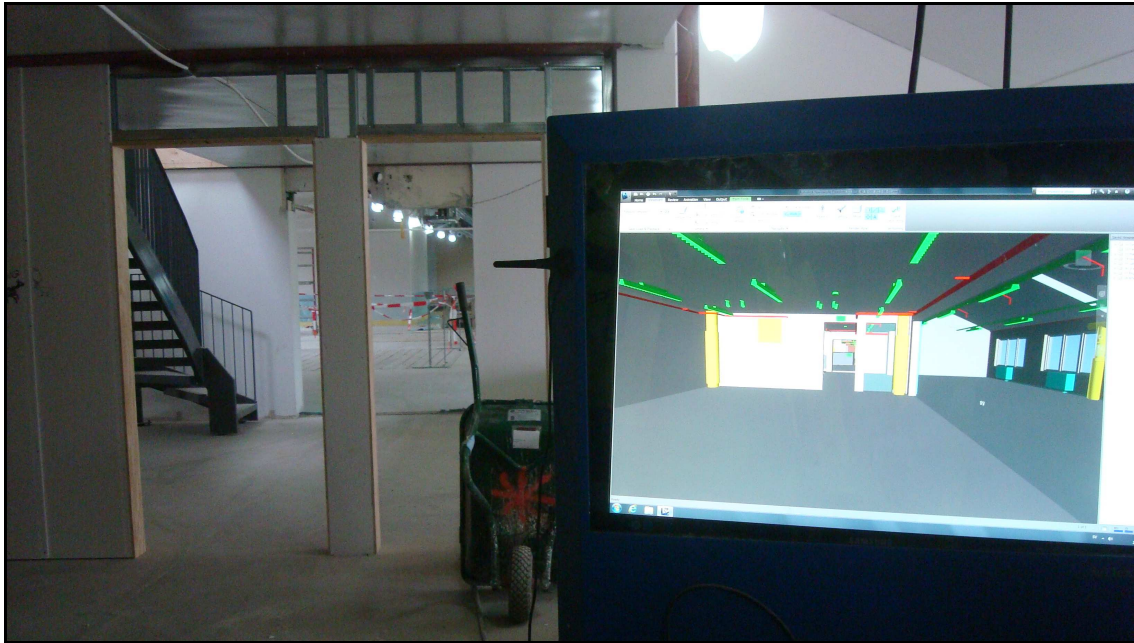


# CHALMERS



## Implementering av Virtual Design and Construction inom husproduktion

Användarvänlighet och användningsområden i produktionsfasen

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet*

*Byggingenjör*

NICLAS BÖREGÅRD, CHRISTOFFER DEGERMAN

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

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg 2013

Examensarbete 2013:18



EXAMENSARBETE 2013:18

# Implementering av Virtual Design and Construction inom husproduktion

Användarvänlighet och användningsområden i produktionsfasen

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

NICLAS BÖREGÅRD, CHRISTOFFER DEGERMAN

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
*Avdelningen för Construction management*  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, 2013



Implementering av Virtual Design and Construction inom husproduktion  
Användarvänlighet och användningsområden i produktionsfasen  
*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet*  
*Byggingenjör*

NICLAS BÖREGÅRD, CHRISTOFFER DEGERMAN

© NICLAS BÖREGÅRD, CHRISTOFFER DEGERMAN, 2013

Examensarbete / Institutionen för bygg- och miljöteknik,  
Chalmers tekniska högskola 2013:18

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

Omslag:  
[NCC:s BIM-kiosk på projekt Signalfabriken, Sundbyberg 2013]

[Chalmers Reproservice]  
Göteborg 2013



Implementering av Virtual Design and Construction inom husproduktion

Användarvänlighet och användningsområden i produktionsfasen

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet*

*Byggingenjör*

NICLAS BÖREGÅRD, CHRISTOFFER DEGERMAN

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Avdelningen för Construction management

Chalmers tekniska högskola

## SAMMANFATTNING

Examensarbetets syfte, som är framtaget i samarbete med NCC, är att undersöka hur implementering av Virtual Design and Construction (VDC) i produktionsfasen kan förbättras, samt utreda vad som krävs för att VDC skall användas i större utsträckning. Projekteringsfasen behandlas inte och antagande har gjorts att pålitliga och detaljerade modeller tillhandahålls från projekteringen. Frågeställningar som behandlats för att kunna besvara syftet är; vilka användningsområden har VDC i produktionen, vilka digitala enheter och programvaror är lämpligast, samt hur VDC kan implementeras. För att besvara syfte och frågeställningar har litteraturstudier, intervjuer, studiebesök och tester av programvaror utförts. Resultatet från litteraturstudier och intervjuer visade på att visualisering av 3D-modeller är det främsta verktyget för VDC i produktionen. För att använda visualiseringsteknik i 3D, visade sig surfplattor ha ett stort värde i produktionen genom den tidsbesparing och förenklade kommunikationen enheten erbjuder. Konceptet med BIM-kiosk har hög potential men visade sig behöva fortsatt utveckling för att uppnå den önskade funktionen. Flertalet programvaror har testats och även om de flesta intervjuade personer är nöjda med programmen de använder idag, vanligtvis Navisworks, skulle enklare och användarvänligare programvaror behövas för att vara lämpliga för all produktionspersonal. Användarvänligare programvaror för visualisering finns som applikationer till surfplattor, men ingen av de undersökta applikationerna ansågs motsvara de högt ställda förväntningarna. I examensarbetet utformades därför en vision för funktioner som bör finnas i framtida visualiseringsapplikationer eller program. Slutligen har en strategi utformats för hur VDC ska implementeras i produktionen för att vara applicerbar på alla projekt oavsett storlek. En förutsättning för att lyckas med implementeringen är ett uttalat stöd från företagsledningen, vilket leder till att fler projekt vågar testa nya arbetsmetoder och därmed ökar intresset för VDC inom organisationen. Genom att följa strategin som presenteras i examensarbetet bör implementeringen bli ekonomiskt hållbar och undvika stort motstånd från personal mot den nya arbetsmetoden.

Nyckelord: VDC, BIM, NUI, användargränssnitt, användarvänlighet, BIM-kiosk, surfplattor, produktionsfasen, molnbaserade tjänster, NCC Projektportal, implementeringsstrategi, programvaror, applikationer, 3D-modeller

Implementation of Virtual Design and Construction in building production  
User friendliness and application fields in the production phase  
Diploma Thesis in the Engineering Programme  
Building and Civil Engineering  
NICLAS BÖREGÅRD, CHRISTOFFER DEGERMAN  
Department of Civil and Environmental Engineering  
Division of Construction management  
Chalmers University of Technology

## ABSTRACT

The purpose of this thesis, which is developed in collaboration with NCC, is to examine how the implementation of Virtual Design and Construction (VDC) in the building production phase can be improved, and to find out what needs to be done to use VDC at a larger extent. The design phase has not been investigated, and assumptions that the 3D models are detailed and reliable have been made. The questions that have been investigated in this thesis includes; what application areas has VDC in building production, which digital devices and software are most suitable, and how can VDC be implemented? Literature studies, interviews, study visits and software tests have been made to answer the purpose and the questions. The result from literature and interviews showed that 3D visualization is the most common tool for VDC in building production. Results showed that tablets could be used to further enhance the use of 3D visualization. The use of tablets at the production site could save time and facilitate the communication between workers. The concept with a BIM-kiosk has good potential, but still need continued development to reach the desired function. Several software has been tested and even if most of the interviewed people are pleased with the software they use today, usually Navisworks, easier and more user-friendly software is needed to suit the production staff. User-friendly applications for visualization are available for tablets, however none of the examined ones satisfied the high expectations. This thesis therefore presents a vision for features, which should exist in future developed applications. Finally a strategy has been developed to implement VDC in building production and to be applicable on all projects regardless of size. One requirement to succeed with the implementation is a clearly expressed support from the company management. This support should result in more projects using the new working methods and thereby an increased interest for VDC in the organization is attained. The strategy presented in the thesis, regarding the implementation, should be financially sustainable and resistance from the staff towards the new working method should be minimized.

Key words: VDC, BIM, NUI, user-friendly interface, user friendliness, BIM-kiosk, tablets, building production, cloud services, NCC Projektportal, implementation strategies, software, applications, 3D models



# Innehåll

SAMMANFATTNING	I
DIPLOMA THESIS IN THE ENGINEERING PROGRAMME	II
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
1 INLEDNING	1
1.1 Syfte	2
1.2 Problemformulering	2
1.3 Mål	2
1.4 Avgränsningar	2
1.5 Metod	2
2 BIM OCH VDC	3
2.1 Virtual Design and Construction inom NCC	4
2.1.1 Projektering	5
2.1.2 Produktion	5
3 DIGITALA ENHETER OCH PROGRAMVAROR	7
3.1 Digitala enheter på byggarbetsplatsen	7
3.1.1 Surfplattor	7
3.1.2 BIM-kiosk	7
3.1.3 Interaktiv whiteboard	7
3.2 Programvaror	8
3.2.1 Autodesk Revit 2013	8
3.2.2 Autodesk Navisworks 2013	8
3.2.3 3D-PDF	9
3.2.4 SketchUp	9
3.2.5 Solibri	9
3.2.6 Autodesk BIM 360 Field	9
3.2.7 Autodesk BIM 360 Glue	10
3.2.8 Vico Office	10
3.2.9 ArchiCAD 16	10
3.2.10 ArchiCAD BIMx	10
3.2.11 Tekla BIMsight	10
4 ANVÄNDARVÄNLIGHET	11
5 MÖJLIGHETER MED VDC I PRODUKTIONEN	13

6	MÄNNISKORS INSTÄLLNING TILL FÖRÄNDRING	15
7	METOD	17
7.1	Litteraturstudie	17
7.2	Intervjustudien	18
8	RESULTAT	21
8.1	Inställning och kunskap om VDC	21
8.2	Användningsområden i produktionen	22
8.3	Digitala enheter på arbetsplats	23
8.3.1	BIM-kiosk	24
8.3.2	Kostnadsjämförelse mellan surfplatta och pappersritningar	25
8.4	Programvaror	26
8.5	NCC Projektportal	27
8.6	Utbildning inom VDC-programvaror	27
8.7	Problem och hinder med VDC	28
8.8	Framtida önskemål	29
8.9	Automatiserade informationsflöde	30
9	DISKUSSION	33
9.1	Enheter	33
9.1.1	BIM-kiosk	33
9.1.2	Surfplattor	34
9.2	Programvaror	36
9.3	VDC i produktionen	39
9.4	Implementeringsstrategier för VDC i produktionen	40
9.5	Visioner för framtiden	42
9.5.1	Vidareutveckling av NCC:s egna VDC-system	42
9.5.2	Förslag på applikation för bärbar enhet	44
10	SLUTSATS	47
10.1	Vad kan VDC användas till ute i produktionen?	47
10.2	Hur ska VDC implementeras på ett effektivt sätt?	47
10.3	Vilka digitala enheter bör användas i produktionen?	48
10.4	Vilka programvaror är användarvänligast och lämpligast?	48
10.5	Summering	49
	REFERENSER	50

## **Förord**

Vi riktar ett stort tack till NCC som försåg oss med detta lärorika och intressanta examensarbete. Vi har under examensarbetets gång lärt oss mycket om NCC, VDC och byggbranschen i helhet.

Vi tackar alla som ställt upp på intervjuer och delat med sig av sina erfarenheter och sin kunskap, utan er hjälp hade examensarbetet aldrig kunnat genomföras.

Extra stort tack till våra handledare, Karl Liberg på NCC och Mattias Roupé på Chalmers, som varit väldigt hjälpsamma och engagerade genom hela examensarbetet samt gett oss feedback och idéer.

Göteborg, juni 2013

Niclas Böregård, Christoffer Degerman







# 1 Inledning

Virtual Design and Construction (VDC) är ett begrepp framtaget av forskningsgruppen CIFE på Stanford University 2001 (Kunz, 2012). VDC är ett arbetssätt som bygger vidare från begreppet Building Information Modeling (BIM). Metoden har som syfte att vara en röd tråd genom hela projektets livstid, vilket omfattar designen, projekteringen, produktionen och slutligen användandet. Genom användandet av 3D-modeller innehållande information och design från alla inblandade discipliner uppnås ett förbättrat informationsflöde och byggprocessen kan effektiviseras.

Forskning har visat att stora ekonomiska vinster kan göras genom användning av VDC, främst i projekteringen där exempelvis tidigt utförda kollisionskontroller mellan olika byggnadsdelar sparar tid och pengar (Azhar, 2008). Andra exempel på besparingar är kostnadskalkyler, tidplanering och energianalyser. Byggindustrin arbetar mycket mot hållbart byggande, små marginaler och hög konkurrens, vilket gjort att de flesta anser att BIM och VDC är nödvändiga för att konkurrera och driva branschen framåt. Idag används främst metoderna vid projektering, där utvecklingen också drivs snabbt framåt.

NCC blev 2009 utsedda som världsledande inom VDC i husproduktion av Stanford University (NCC a, 2012). Efter utmärkelsen har utvecklingen bromsats upp och övriga företag har kommit ikapp. Nu utför NCC på nytt en omfattande satsning på VDC för att befästa sin position som världsledande. Tidigare beskrevs att de flesta företag idag använder VDC eller BIM främst i projekteringsfasen. NCC är nu redo att ta utvecklingen vidare genom att implementera VDC även i produktionsfasen.

Idag arbetar NCC med flera metoder för att främja användandet av VDC och automatisera informationsflödet från projektering vidare till produktionen. En företagsportal kallad NCC Projektportal har utvecklats för att skapa en gemensam lagringsplats för alla dokument och handlingar i projekten. Ett system som går under benämningen framtidspusslet har även skapats. Framtidspusslet kombinerar befintliga programvaror för att automatisera informationsflödet och skapa enkel åtkomst av dokument och handlingar även i produktionen oavsett mottagarens enhet. Utöver nya system har användning av surfplattor ute i produktionen testats. NCC har dessutom testat användning av BIM-kiosk ute i produktionen. BIM-kiosk är ett koncept som hämtats från USA, där ett slagåligt skåp med en dator innehållande 3D-modellen finns placerad ute på byggarbetsplatsen.

Det talas ofta om att byggbranschen har en tröghet vid omställning till nya arbetsmetoder. Under examensarbetet har åtgärder för att minska trögheten och därmed öka användning av VDC i produktionen diskuterats. När examensarbetet genomfördes framkom det några viktiga delar att ta hänsyn till för att implementera VDC i produktionen. Delarna som behandlas i examensarbetet är användningsområden, digitala enheter och programvaror med bra användarvänlighet samt att utreda människors inställning till förändring.

## 1.1 Syfte

Examensarbetets syfte är att undersöka hur implementering av VDC i produktionsfasen kan förbättras, samt utreda vad som krävs för att VDC skall användas i större utsträckning.

## 1.2 Problemformulering

Utifrån syftet har fördjupning gjorts inom följande frågeställningar:

- Vad kan VDC användas till ute i produktionen?
- Hur ska VDC implementeras på ett effektivt sätt?
- Vilka digitala enheter bör användas i produktionen?
- Vilka programvaror är användarvänligast och lämpligast?

## 1.3 Mål

Målet med examensarbetet är att finna en implementeringsstrategi som är applicerbar på alla projekt oavsett storlek. Examensarbetet ämnar även hitta lämpliga användningsområden för VDC i produktionsfasen. Målsättningen är dessutom att ta reda på vilka programvaror och enheter som har bäst användarvänlighet och funktionalitet ute i produktionen.

## 1.4 Avgränsningar

Examensarbetet behandlar användandet av VDC i produktionsfasen. Antaganden om att modellerna är välgjorda och detaljerade har använts i diskussionen, då detta är en grundläggande förutsättning för fungerande implementering. För användning av digitala enheter har fokus lagts på enheter som kan användas ute på arbetsplatsen, vilket innebär BIM-kiosk och surfplattor. Angående surfplattorna har fokus legat på användningsområden och programvaror, olika operativsystem samt prestanda på olika märken har inte utvärderats.

## 1.5 Metod

Examensarbetet inleddes med att studera relevant litteratur angående VDC. Parallellt med litteraturstudien testades olika programvaror och digitala enheter. När god kunskap inom ämnesområdet och programvaror uppnåts påbörjades studiebesök och intervjuer med olika personer inom NCC:s organisation. Att utföra intervjuer ansågs viktigt för att uppnå en fördjupad kunskap inom området, samt att se hur väl litteraturen stämmer med verkligheten. Efter att all insamlad information bearbetats, diskuterades informationen för att dra slutsatser hur VDC ska implementeras i produktionsfasen på ett effektivt sätt samt vilka programvaror och enheter som är lämpliga. Avslutningsvis utarbetades en vision för hur en framtida applikation skulle kunna se ut, samt hur NCC bör arbeta vidare med utvecklingen av deras egna system.



## 2 BIM och VDC

Förkortningen BIM står för "Building Information Modeling" (varianter som "Building Information Model" och "Building Information Management" förekommer) (National Institute of Building Sciences, 2012). Det finns många olika definitioner av BIM, nedan presenteras två varianter.

*"Building Information Modeling (BIM) is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. A BIM is a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its life-cycle; defined as existing from earliest conception to demolition."* (National Institute of Building Sciences, 2012)

*"BIM är all information från en byggnads livcykel i ett arkiv"* (Issa, 2012)

BIM är ett sätt att lagra och dela information om ett byggnadsverk (Azhar, 2011). Vad som är en stor och viktig skillnad mellan att jobba med BIM och 3D-modeller till skillnad från traditionella 2D-ritningar är att BIM är objektsbaserat. En linje är inte längre bara en linje som inte innehåller någon slags information, utan ett objekt som innehåller information. I en intelligent modell bildar en linje exempelvis en vägg som innehåller recept. Receptet innehåller väggens uppbyggnad med exempelvis panel, vindskiva, isolering, regler, fuktspärr, gips och slutligt ytskikt.

Autodesk, en av de stora tillverkarna av programvara för byggindustrin, definierar BIM som en intelligent modell (Autodesk a, 2013). Enligt definitionerna är alltså inte alla 3D-modeller en BIM-modell. En modell som bara modelleras med geometrier är inte en BIM-modell eftersom hus och liknande endast är uppbyggda av ytor där ingen information om mängder eller material finns.

BIM är ett relativt nytt begrepp men idén har funnits sedan slutet av 70-talet då branschen arbetade med modeller som var objektsbaserade (Howard, 2007). Konceptet fick mer fart 1985 då ett projekt vid namn ISO/STEP startades då försök gjordes för att lösa problemet med datautbyte för stora tillverkningsindustrin genom att skapa ett standardformat för utbyte av data. Studier har påvisat att användandet av BIM sparar tid och pengar (Dawood, 2005).

Begreppet VDC har utvecklats utifrån BIM och metoden innebär att en multidisciplinär samgranskningsmodell används (Kunz, 2012). Med hjälp av samgranskningsmodellen kan omfattande kontroller och simuleringar utföras. Främsta fördelen är att kollisionkontroller kan utföras där exempelvis rör som kolliderar kan upptäckas och ritningar kan modifieras innan det byggs i verkligheten. Kollisionkontroller sparar tid och indirekt pengar eftersom fysiska ändringar ute i produktionen kostar mycket mer än virtuella ändringar i projekteringen. De fasta kostnader är oftast mycket dyrare i produktionen än i projekteringsfasen eftersom produktionen innefattar mer personal och maskinhyror. Många fler fördelar finns både i projekterings- och produktionsfasen. Möjligheter med VDC i produktionsfasen kommer att presenteras i Kapitel 5.

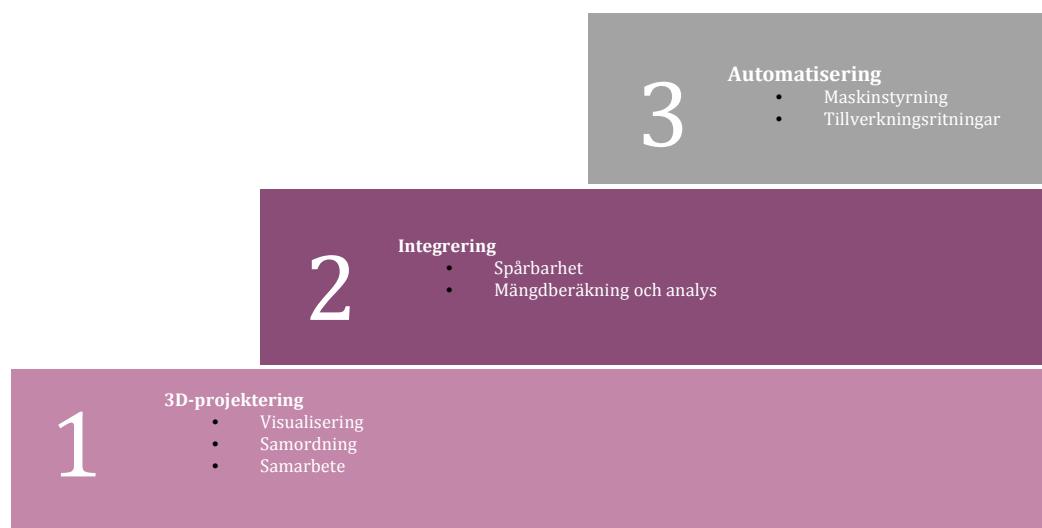
## 2.1 Virtual Design and Construction inom NCC

NCC, som står för Nordic Construction Company, är ett av de ledande byggföretagen i Norden (NCC b, 2013). Företaget har 17500 anställda och omsätter cirka 50 miljarder kronor årligen och är verksamma i de flesta områden inom byggsektorn. Visionen är att vara det ledande företaget i utvecklingen av framtidens miljöer för arbete, boende och kommunikation.

*“Virtual Design and Construction (VDC) is the use of multi-disciplinary performance models of design-construction projects, including the Product (i.e., facilities), Work Processes and Organization of the design -construction -operation team in order to support business objectives” (CIFE, 2013).*

NCC:s ledningsgrupp har bestämt att VDC skall användas i alla byggprojekt där de själva kan påverka arbetsformen (NCC c, 2013). Beslutet gäller alla verksamhetsområden, exempelvis bostad eller anläggning.

Implementeringen av VDC handlar för NCC om tre viktiga steg, se Figur 1 (NCC d, 2013). Det första steget handlar om att 3D-projektera och samordna modeller från alla inblandade discipliner för att sedan granska och samarbeta med modellen. Andra steget i trappan handlar om att integrera exempelvis mängdberäkning och kalkyler till den samgranskade modellen. NCC anser att steg två är där de står nu. Översta steget handlar om att göra processen automatisk. Exempel brukar dras med styrning av anläggningsmaskiner och tillverkningsritningar som skickas automatiskt till tillverkaren men det handlar även om att generera information automatiskt för att göra processen smidigare.



Figur 1. NCC:s implementeringsstege. (NCC d, 2013)

### 2.1.1 Projektering

Det är i projekteringsfasen som NCC kommit längst med VDC (NCC d, 2013). Inför projekt som ska projekteras i VDC informeras i tidigt skede alla parter, exempelvis arkitekter, konstruktörer och underentreprenörer. En VDC-beskrivning som beskriver hur VDC ska användas i projektet skapas. Samtidigt skapas ett CAD-PM som skickas ut till de inblandade. CAD-PM är till för att säkra tillräcklig noggrannhet från alla parter, och kan exempelvis innehålla föreskrifter om plushöjder för våningsplan eller rumsbenämningar. Samtidigt utses en modellsamordnare som ansvarar för CAD-PM. Senare lägger samordnaren ihop alla discipliners modeller till en samgranskningsmodell. Samordnaren utför sedan kollisionkontroller och allmänna kontroller. Samgranskningsmodellen, som görs med hjälp av Autodesk Navisworks, används på gemensamma projekteringsmöten där alla yrkesgrupper deltar och problem kan diskuteras och lösas på ett snabbt och effektivt sätt. Utöver kollisionkontroller kan modellen även användas till simuleringar och analyser.

### 2.1.2 Produktion

I produktionen arbetar NCC med något som kallas VDC arbetsplats. VDC arbetsplats ska göra allt digitalt underlag som finns på ett projekt tillgängligt för produktionen (NCC e, 2013). VDC arbetsplats är nytt för NCC och arbetssättet är inte helt etablerat ännu.

NCC Projektportal är ett system för att effektivt kunna tilldela arbetsuppgifter till olika personer utan tidskrävande mailkonversationer (NCC f, 2013). Projektportalen används i uppstarten av ett byggnadsarbete, främst på planerings- och projekteringsnivå men i framtiden är ambitionen att den ska användas ute i produktionen. NCC Projektportal används som en gemensam lagringsplats där alla projektets aktörer lätt kan komma åt den senaste modellen eller de senaste ritningarna.

NCC har utfört pilotförsök med en BIM-kiosk (NCC g, 2013). Konceptet med BIM-kiosk är något som testats i USA. Efter studiebesök i USA tillverkade NCC Sverige en egen BIM-kiosk som testats på ett projekt i Sundbyberg, vilket beskrivs i Kapitel 8.5. BIM-kiosken är tänkt att vara ett hjälpmedel där produktionspersonal med intresse och kunskap ska kunna navigera i modellen för att söka information. Kiosken består av ett dataskåp gjort för industrimiljöer, en stationär dator med skärm, tangentbord, mus och batterier. Batterier används under dagen för att kiosken skall vara mobil men den går även att koppla in i eluttag.



## **3 Digitala enheter och programvaror**

I kapitlet beskrivs kortfattat olika enheter med möjlighet att användas på byggarbetsplatsen. Idag finns många olika programvaror för hantering och skapande av 3D-modeller. Ett urval av programvaror sammanfattas för att skapa en generell uppfattning om hur de skulle kunna användas i produktionen.

### **3.1 Digitala enheter på byggarbetsplatsen**

För att använda VDC ute i produktionen blir val av lämpliga enheter intressant att undersöka. Digitala enheter som kan vara av intresse att använda ute i husproduktionen presenteras kortfattat i kapitlet. Användandet i praktiken för valda enheter presenteras i Kapitel 8.3 och diskuteras i Kapitel 9.1.

#### **3.1.1 Surfplattor**

Surfplattor har ökat kraftigt i användande de senaste åren (Carmitchel, 2013). En anledning till det ökande användandet är surfplattornas tunna och smidiga design samt de touchbaserade operativsystemen. Surfplattorna varierar kraftigt i prestanda beroende på modell men utvecklingen går snabbt framåt. Surfplattor finns i flera märken och med olika operativsystem, exempelvis IOS, Windows 8 eller Android. De olika operativsystemen har olika för- och nackdelar.

Nästan alla surfplattor baseras på speciella operativsystem skapade för att gynna touchbaserad användning (Carmitchel, 2013). Applikationer skapas för att förenkla användandet jämfört mot en vanlig dator. Nyare surfplattor har hög prestanda, och applikationerna skapas för att maximera surfplattans kapacitet. Det naturliga användargränssnittet gör plattorna lättanvända och användbara i många sammanhang.

#### **3.1.2 BIM-kiosk**

En BIM-kiosk innebär att en dator utrustad med tangentbord och mus har placerats i ett stort portabelt skåp tillsammans med en stor bildskärm (Modulus Consulting, 2013). Skåpet kan sedan förflyttas inom bygget då den vanligtvis är försedd med hjul. Datorn bekläds med motståndskraftiga skydd för att klara det hårda klimatet på en byggarbetsplats. Bildskärmen bör vara tålig och byggd för industrianvändning, och kan med fördel vara utrustad med touch-funktion. Datorn är försedd med aktuella programvaror och trådlös internetuppkoppling. Alla komponenter i BIM-kiosken måste tåla fukt, damm, stötar och vara enkla att rengöra.

#### **3.1.3 Interaktiv whiteboard**

En interaktiv whiteboard är i grunden en whiteboard försedd med touchfunktion (SmartBoard, 2013). Whiteboarden är kompatibel med alla datorer och projektorer, och kan användas som ett interaktivt och praktiskt redskap i samband med presentationer, diskussioner och undervisning. Grundidén är att kombinera den traditionella skrivtavlan med en dators mångsidiga användningsområden. Med en interaktiv whiteboard kan innehåll snabbt och överskådligt förmedlas för att underlätta förståelsen. Det skapade arbetet på tavlan kan sedan sparas och återanvändas om så önskas.

## 3.2 Programvaror

Kapitlet beskriver ett urval av tillgängliga programvaror, med potential att användas inom produktionen. Korta beskrivningar om programvarornas syfte och funktioner redogörs utifrån information från respektive programs hemsida. Vid val av programvara är en viktig aspekt användarvänlighet, vilket förklaras i Kapitel 4. En annan aspekt är programmets prestanda vid realtidsrenderingar, vilket innebär hur snabbt modellen renderar vid visualisering av nya vinklar. I Tabell 1 presenteras siffror på olika programvarors förmåga att rendera nya bilder. Siffrorna gäller två olika byggnader vid deras respektive värsta scenarion. Prototype BIM-viewer är ett plug-in program för Revit, skapat för snabbare renderingstider (Johansson, 2012).

Tabell 1. Renderingshastigheter för olika programvaror mätt i bildrutor per sekund vid visualisering (Johansson, 2012).

	Hus C (bilder per sekund)	Hus D (bilder per sekund)
<b>Tekla BIMSight</b>	3	1
<b>Autodesk Navisworks</b>	5	4
<b>Solibri Model Viewer</b>	23	8
<b>Prototype BIM viewer</b>	120	94

### 3.2.1 Autodesk Revit 2013

Revit-programmen är främst framtagna för att skapa intelligenta 3D-modeller i projekteringsfasen innehållande mängder, mått och längder (Autodesk b, 2013). Från modellen kan sedan mängdförteckningar och ritningar skapas och kategoriseras. Modellerna kan sedan användas för underhåll av byggnaden under dess livstid. Programmet fungerar för att visualisera modellerna och möjligheten finns att skapa verklighetstroga bilder som underlättar visualiseringen. I programmet finns flera funktioner för skapandet av modeller samt vissa analysverktyg för exempelvis energieffektivitet.

### 3.2.2 Autodesk Navisworks 2013

Programmet är framtaget främst för projektgranskning (Autodesk b, 2013). Olika discipliners modeller kan kombineras till en modell för översyn och visualisering av hela projektet. Kollisionskontroller kan sedan utföras där varningar ges om olika komponenter kolliderar. Projektet kan även komprimeras och distribueras till olika aktörer för visualisering. Genom länkning av modelldata till kostnader och projektförteckningar kan simulationer skapas för olika projektaktiviteter.

### **3.2.3 3D-PDF**

Med Adobes 3D-PDF kan exakta kopior av 3D-modeller skapas oavsett i vilken programvara de modellerats (Adobe, 2013). Här går det enkelt att vrida och vända på 3D-objektet för god visualisering. Adobes tanke är att detta ska minska designfel, öka kvaliteten, och öka produktiviteten. Programmet används främst av bilindustrin, men skulle med fördel kunna användas för visualisering i byggbranschen. 3D-modellerna innehåller ingen intelligens som mått och mängder, utan ses enbart som ett smidigt visualiseringsverktyg.

### **3.2.4 SketchUp**

SketchUp finns att ladda ner som gratisprogram (SketchUp, 2013). Det är ett lättanvänt och snabbt program för att skapa visualiseringsmodeller. För tillgång till alla funktioner måste SketchUp Pro köpas. Från modellerna kan areor och längder utläsas men de saknar intelligens som möjliggör automatisk mängdavgivning. Enkelheten att snabbt skapa precisa modeller gör att det med fördel kan användas till APD-planer, där exempelvis färdiga lyftkransmodeller kan skapas och placeras i modellen.

### **3.2.5 Solibri**

Solibri finns som gratisprogrammet Solibri Model Viewer, samt som betalprogrammet Solibri Model Checker (Solibri, 2013). Programmet kan jämföras med Navisworks då även Solibri har möjligt att länka samman olika modeller och utföra kollisionkontroller. Det som skiljer sig från Navisworks är att Solibri gör det möjligt att skriva egna regler som kan kontrolleras. Exempelvis kan det handla om att säkerställa att alla rum är handikapsanpassade. Möjligheten att ta mått samt skapa mängdförteckningar finns. Programmet anses ha stor nytta för fastighetsskötare för att hålla koll på byggnadernas underhåll och livslängd. Det är möjligt att länka modellen mot uppdaterade prislistor för att skapa ungefärliga kostnadskalkyler för ett projekt.

### **3.2.6 Autodesk BIM 360 Field**

BIM 360 Field är ett program från Autodesk som är utvecklat för produktionsfasen i byggnadsindustrin (Autodesk c, 2013). Programmet har en applikation som är anpassad till surfplattor. Till programapplikationen laddas hela projekt som skapats på BIM 360 Fields hemsida. De huvudansvariga för projektet kan där lägga in besiktningsprotokoll, anmärkningar, checklistor, bilder, ritningar och 3D-modeller för visualisering. Funktionerna som programmet innehåller skapar möjligheten till att samla all information för projektet på en plats i molnbaserade servrar, vilket innebär att om surfplattan är kopplad mot internet sker uppdateringar automatiskt när någon gör en ändring. Programmet går använda utan internet men inga uppdateringar kan då ske.

### **3.2.7 Autodesk BIM 360 Glue**

BIM 360 Glue är ett molnbaserat visualiseringsprogram för byggnadsprojekt i 3D, anpassat för surfplattor (Autodesk d, 2013). I programmet finns möjlighet att lagra, publicera och arbeta med datorkrävande modeller genom molntjänster. Vid export av modeller från exempelvis Navisworks finns sparade vyer, som skapats vid samgranskning, tillgängliga i 360 Glue. Vidare finns möjligheten att gömma valda objekt för att optimera visualiseringen. De exporterade modellerna innehåller all intelligens i form av objekts egenskaper genom att markera objektet. BIM 360 Glue fungerar utan internetuppkoppling, men för automatisk synkronisering och notiser krävs internetuppkoppling.

### **3.2.8 Vico Office**

Vico Office är en programvara specialiserad på 5D-modellerande (Vico Office, 2013). Modellerande i 5D innebär att förutom 2D-ritningar och 3D-modeller kan även tidsplaner och kostnadskalkyler kopplas till modellen. Simuleringar kan användas för olika skeden av projektet, exempelvis hur mycket resurser som använts och hur långt produktionen ska ha kommit vid en viss tidpunkt.

### **3.2.9 ArchiCAD 16**

Graphisofts program ArchiCAD påminner mycket om Revit och är ett program främst för att skapa arkitekturmodeller (Graphisoft a, 2013). ArchiCAD har arbetat mycket med att exporteringen till det öppna filformat IFC ska fungera. Graphisoft anser att ett öppet filformat är viktigt för att främja samarbetet mellan alla inblandade discipliner och därmed minska problemen vid samordning.

### **3.2.10 ArchiCAD BIMx**

BIMx är ett visualiseringsprogram som främst används av arkitekter (Graphisoft b, 2013). Programmet används i huvudsak för visualisering men är modellen rätt uppbyggd kan mängder och material utläsas på exempelvis väggar och golv. Information som kopplats till komponenter som dörrar och fönster i ArchiCAD kan även utläsas i BIMx.

### **3.2.11 Tekla BIMsight**

Tekla BIMsight är samgranskningsprogram från Tekla som finns tillgängligt gratis (Tekla, 2013). Programvaran erbjuder på många sätt samma tjänster som Autodesk Navisworks. Tekla BIMsight används främst för att visualisera 3D-modeller och för att genomföra kollisionskontroller. I programmet kan dokument länkas in till 3D-modellen och precis som i Navisworks kan egna vyer skapas.



## 4 Användarvänlighet

För att skapa bra användarvänlighet hos datorer, programvaror och applikationer handlar det till stor del om att hitta ett bra användargränssnitt (Blake, 2010). Forskning visar på fördelarna med Natural User Interface (NUI), eller fritt översatt, naturligt användargränssnitt. För att en programvara ska vara genomslagskraftig för alla åldrar krävs att de är enkla att använda och enkla att lära sig. NUI bygger på att naturliga rörelser används. Rörelser som människan övat på genom hela livet, istället för att lära sig nya rörelser som att kontrollera en muspekare. Sammanfattat bygger NUI på naturliga mänskliga beteenden som att gestikulera, prata eller peka, vilket är något de flesta människor har goda kunskaper inom även om de aldrig använt något datorbaserat program.

Till programvaror som använder sig av NUI kan exempelvis surfplattor, smartphones och XBOX Kinect räknas in (The Verge, 2013). Ingen av dessa kan anses vara perfekta, men de driver alla utvecklingen framåt. Exempel på NUI är surfplattor där integrering med informationen sker genom att trycka direkt på önskad funktion med fingret. Smartphones har även börjat med en annan form av NUI i form av röststyrning för att kontrollera de flesta funktionerna på telefonen utan ett enda knapptryck, exempelvis skriva textmeddelanden. Ett tredje exempel är XBOX Kinect där handlingen på skärmen styrs med den egna kroppen, enbart genom gester och rörelser.

Användningen av en dator är en förmåga som kräver träning och dessutom finns troligen ingen användning av förmågan i andra sammanhang i livet än att använda datorn (Blake, 2010). Genom NUI som istället använder medfödda förmågor, undviks inläring av nya ”onödiga” förmågor. När komplicerade manövrar används ökar den kognitiva belastningen, vilket lämnar mindre utrymme i hjärnan för själva lärandeprocessen. När en befintlig förmåga istället används behöver användaren inte lära sig något helt nytt, utan egentligen bara lära sig att använda sina befintliga förmågor i en ny situation. Att kunna använda sig av befintliga förmågor är en av de stora anledningarna till att NUI-baserade programvaror anses lättare att lära sig.

För att ge inläringen av nya program eller applikationer en mjuk start, borde de utformas som ett tv-spel (Blake, 2010). Där börjar det väldigt enkelt och allt eftersom kunskapen ökar öppnas nya funktioner och verktyg för varje nivå. Att bygga ett program på detta sätt för byggbranschen kan bli väldigt komplext, men det är likväl viktigt att lära sig grunderna bra innan mer komplicerade uppgifter ska hanteras. Ett sätt att hantera detta är att ge användare begränsade funktioner till en början, för att sedan låsa upp fler funktioner allt eftersom användaren känner sig säkrare på programmet.

Ett annat sätt att skapa god användarvänlighet är att begränsa antalet funktioner som kan utföras samtidigt (Blake, 2010). Istället för att ha alla funktioner tillgängliga på en gång, kan det exempelvis starta med större kategorier. När sedan en kategori väljs, finns fler inriktningar. Vägen smalnar av hela tiden och slutligen hittas precis den önskade funktionen. I vissa fall anses detta jobbigare än att direkt komma till rätt funktion, men det minskar belastningen på hjärnan då mindre tankeverksamhet krävs.

Att använda sig av fysiska gester och rörelser har potentialen att öka engagemanget och glädjen (Norman, 2010). Det finns dock bieffekter med metoden som kan innebära både kroppsliga och materiella skador. Exempelvis när Nintendo Wii lanserade sitt rörelsestyrda bowlingspel, där personer istället för att släppa knappen släppte hela handkontrollen när de skulle släppa klotet. I vissa fall resulterade spelet i en förstörd tv-apparat. Det finns även vissa hinder där olika kulturer har olika gester för olika ord, vilket skulle innebära att användning av dessa gester inte längre uppfattas som naturliga för alla.

Idag är touchbaserade produkter så starkt implementerade i de flesta människors liv, att många försöker sig på olika fingerkommandon på datorskärmar som saknar touchfunktion (Norman, 2010). NUI är dock en viktig del av framtiden, där denna interaktion med program kommer öka vår kontroll, effektivitet och glädje. En viktig funktion, som med alla system, är att alltid tillhandahålla enkel åtkomst till en ångarfunktion. Funktionen är viktig då rörelserna kan missuppfattas av maskinen, eller att ett fingerklick på skärmen sker på fel plats eller vid fel tillfälle.

## 5 Möjligheter med VDC i produktionen

Genom användning av molnbaserade programvaror ute i produktionen finns möjligheten att komma åt de senaste ritningarna och bygghandlingarna som finns tillgängliga på arbetsplatsen. Metoden innebär att all information finns lagrad i ”molnet” istället för att belasta den lokala enheten (Miller, 2009). Sammanfattat kan molnet beskrivas som en teknik där användare kan använda data, genom en internetuppkoppling, som lagras hos en leverantör.

För byggbranschen skapar molnbaserade programvaror många möjligheter då ny information når ut till alla inblandade direkt vid uppdatering. Nedan kommer ett antal möjligheter att beskrivas.

**Närheten till besked:** Genom att alltid ha informationen några steg bort, blir det enkelt att jämföra en 3D-modell mot arbete som ska utföras (Fischer, 2007). Svarstiden för frågor kan markant kortas ned eftersom svaren finns i närheten.

**Entusiastiska medarbetare:** Undersökningar har visat på att yrkesarbetare som kommer i kontakt med 3D-/ 4D-modeller känner sig mer integrerade i arbetsprocessen (Fischer, 2007). Många som kommer i kontakt med 3D-modeller anser även att det är mer informativt och intressant än 2D-ritningar, vilket motiverar arbetarna.

**Informationsflödet:** I produktionsfasen är behovet av information stort och dessutom i många olika format (Fischer, 2007). Genom VDC-verktyg kan många typer av information länkas till samma källa, och göras tillgänglig för all produktionspersonal. Tiden mellan frågor och svar minskas då frågan anländer direkt till den rätta personen. Exempel på information som kan finnas tillgängliga på arbetsplatsen med VDC-verktyg (Azhar, 2008):

- *Besiktningssprotokoll:* Besiktningssprotokoll kan distribueras till alla användare, med åtgärds punkter knutna till exempelvis rum, hantverksgrupp eller prioriteringsordning. Till protokollet kan även bilder finnas bifogade för enklare förståelse för åtgärd. När åtgärden är utförd kan det bockas av för ombesiktning.
- *Checklistor:* Checklistor kan skapas av arbetsledare eller arbetare som på platsen upptäcker något som är viktigt att komma ihåg eller behöver åtgärdas. När en punkt är åtgärdad kan den bockas av och därmed behöver ingen annan gå och titta på samma ställe.
- *Visualisering:* En tillgänglig 3D-modell ger möjligheten att titta på olika delar av konstruktionen för bättre förståelse.
- *Alla ritningar på en plats:* Alla ritningar finns samlade på en plats, och är alltid uppdaterade till den senaste versionen.
- *Materialförteckningar:* Materialförteckningar som enkelt går att plocka ut från exempelvis 3D-modellen, för önskad byggfas eller våningsplan.
- *Tidplaner:* Uppdaterade tidplaner som finns tillgängliga för att hålla koll på vilka moment som är kritiska eller hur projektiden följs.

- *Arbetsplatsdispositionsplaner (APD-planer):* APD-planer som visar placering av olika funktioner samt framtida disponeringar av arbetsplatsen för god framförhållning och säkerhet.
- *4D-simuleringar:* En välgjord 4D-simulering kan visa arbetsordningen för ett moment. 4D-simuleringar kan även användas för att kontrollera om för många discipliner måste arbeta i samma område samtidigt.

## 6 Människors inställning till förändring

När ett företag står inför en organisationsförändring eller en förändring av arbetsmetoder, finns alltid en överhängande risk att både ledningen och anställda känner sig osäkra (Wanberg, 2000). Att gå från det kända till det okända leder i många fall till att personer motsätter sig förändringen. Ledarskapet är viktigt för att förmedla utmaningar och möjligheter till de inblandade. De personer som förstår utmaningarna och möjligheterna brukar ofta uppleva förändringen som något positivt medan de personer som inte förstår, känner sig utanför och motsätter sig förändringen än mer.

Att på bästa sätt leda en förändringsprocess är starkt debatterat bland forskare (Bommer, 2005). De flesta är överens om att det är viktigt att involvera alla inblandade parter i processen. Genom möjligheten att påverka skapas en känsla av delaktighet som medför en ökad acceptans till förändringen. En naturlig reaktion hos människor är att göra motstånd mot förändringen, när dem inte själva kan vara med och bestämma (Yukl, 2005). Vidare visar det sig att människan instinktivt prioriterar sina egna intressen istället för organisationens bästa.

I stort kan motståndet mot förändring delas upp i två kategorier (Pollak, 2001). *Individuellt motstånd* beror, som tidigare behandlats, på osäkerhet. Ofta innebär förändringen i sitt startskede en ökad arbetsbelastning och stress vilket även det skapar ett motstånd från de inblandade. Den andra typen av motstånd är *organisatorisk* och innebär att det nya arbetssättet inte passar företagets organisationskultur.

En implementeringsfas för en förändrad arbetsmetod bör delas in i fyra steg (Yukl, 2005). Först måste en känsla av nytta och nödvändigheten till förändring förmedlas till de inblandade. Steg två innebär att en vision formuleras och kommuniceras till alla berörda inom organisationen. För steg tre krävs en kompetent grupp för att driva förändringsprocessen, och förankra det i företagets grundstomme. Gruppen bör arbeta med mindre mål som följs upp regelbundet och uppvisar resultat för de berörda människorna. Momentet är viktigt för känslan av att processen rör sig i rätt riktning och därmed minska motståndet mot förändringen. Slutskedet innebär total implementering, där arbetsmetoden redan är djupt förankrad i företagskulturen.



## 7 Metod

Examensarbetet har två olika delar där information insamlats, en litteraturstudie och en del där det gjorts intervjuer och studiebesök. Intervjustudien innefattar även deltagande vid ett VDC-möte för NCC:s nya projekt Växhusen. Senare hölls ett diskussionsmöte angående användandet av bärbara enheter med Växhusens projektledning. Utifrån informationsinsamlingen gjordes analyser om hur NCC kan förbättra arbetet med VDC i produktionen. Nedan beskrivs hur arbetet med vald metod utförts och varför metoderna valts.

Upplägget med en inledande litteraturstudie valdes för att insamla grundläggande kunskaper om VDC. Hur NCC arbetar med VDC var en viktig del att behandla för att få ut så mycket som möjligt av de intervjuer som genomförts. Intervjustudien valdes för att det ansågs viktigt med åsikter från de personer som arbetar med VDC i praktiken.

En viktig del var att hitta de program som fungerar bäst i produktionen, därför har olika programvaror undersökts och tester har genomförts. Författarna har som testpersoner haft liten erfarenhet av liknande program i förväg vilket sågs som en fördel då det handlade om att hitta ett användarvänligt program. Den begränsade erfarenheten hos författarna kan antas likvärdig med den erfarenhet många yrkesarbetare har. Ett antal touch-baserade programvaror har också testats, även här anses erfarenheten likvärdig eftersom många idag har mobiltelefoner med touch-funktioner. Testerna anses därför relevanta och trovärdiga.

Utvecklingen av VDC går snabbt framåt. Både arbetssätt och programvaror genomgår snabba förändringar. Rapportens innehåll är baserat på dagens teknik och nuvarande kunskaper om VDC och avser presentera nuläget i byggbranschen. Viktigt att poängtera är att framtida utveckling av VDC kan medföra att delar av rapporten blir utdaterade eller missvisande i framtiden. Lika viktigt är det att klargöra att trots åtgärder för att säkerställa en korrekt och icke missvisande resultat från intervjuer, kan det finnas risk att intervjuade personer ger ett något vinklat svar för att exempelvis gynna sin arbetsgrupp.

Examensarbetets diskussion är framtagen med hjälp av de åsikter som framkommit under de intervjuer som gjorts under examensarbetet. Åsikterna är sammanvävda med fakta från litteraturstudien och med egna erfarenheter och åsikter. Deltagandet på VDC-mötet för Växhusen blev ett viktigt inslag för analysen eftersom personalen i projektgruppen hade delade meningar om VDC. Mötet gav en bra infallsvinkel som gjorde rapportens diskussion mer representativ. Diskussionsmötet som hölls med Växhusens ledning blev likt VDC-mötet en viktig del då det gav ytterligare åsikter och insikter i problem som existerar.

### 7.1 Litteraturstudie

Informationen i litteraturdelen är hämtad från rapporter och från NCC:s eget interna material för VDC. Sökningar har gjorts med Google Scholar och Googles vanliga sökmotor. Litteraturdelen ämnade svara på frågor om vad BIM och VDC är, enheter, programvaror, användarvänlighet, möjligheter med VDC och människors inställning till förändring.

Sökord:

BIM, VDC, User friendly interfaces, NUI, Autodesk Revit, Autodesk Navisworks, Tekla BIMsight, BIMx, BIM 360 Field, BIM 360 Glue, smartboard, förändring av arbetsmetoder, inställning till förändring, 3D-PDF, ArchiCAD, SketchUp, BIM-kiosk, Solibri, Vico Office, using VDC, cloud.

Källor har valts noggrant för att säkerställa pålitligt innehåll. Främst har artiklar, rapporter och avhandlingar lästs. Information har även inhämtats direkt från företags egna hemsidor. När webbkällor från företag har använts har informationen behandlats objektivt då viss risk för säljande text kan förekomma på sådana sidor.

## 7.2 Intervjustudien

Intervjustudien har varit i stor fokus då examensarbetet ämnar lyfta fram åsikter om implementeringen av VDC i produktionen. Vilka personer som har intervjuats har valts noggrant för att få en bredd på resultatet. Personer med varierande inställning till VDC har intervjuats.

Intervjuerna har genomförts i semistrukturerad form där frågorna varierat beroende på vem som intervjuats. Formen valdes för att få en öppen diskussion där verkliga åsikter kom fram istället för att få fram styrda svar som riskerade att vara mindre representativa. Fokus för intervjuerna har justerats beroende på person och vad den personen har för tjänst. Transkripterat och färdigställt intervjumaterial har skickats till de intervjuade för godkännande. De områden som behandlats i intervjuerna är användningsområden, enheter, programvaror, utbildning, problem och hinder samt framtida önskemål.

Nedan presenteras vilka personer som har intervjuats och varför personerna varit intressanta för examensarbetet. Intervjuade personer presenteras i kronologisk ordning.

### **Karl-Magnus Hake, entreprenadingsenjör på projekt Rågården.**

Har en bakgrund som gett honom god datavana och under projekt Rågården användes surfplattor ute i produktionen. Användningen av surfplattor var anledningen till att Hake var intressant för examensarbetet.

### **Per Öberg, projekteringsledare på projekt Rågården**

Arbetade tillsammans med Hake på Rågården och intervjuades av samma anledning. Öberg är som projektledare även väl insatt i projektekonomi vilket är en del av implementeringsproblemen. Intervjuades vid samma tillfälle som Hake.

### **Josef Lindqvist, regional handledare för NCC Projektportal**

Som regional handledare för NCC Projektportal ansågs Lindqvist vara väl insatt i systemet och en intervju kändes nödvändig för att få kunskap om hur projektportalen fungerar. Lindqvist var även intressant eftersom han tillhör den yngre generationen och hans inställning väntades vara positiv till VDC.



### **Maziar Alizadeh, arbetsledare på projekt Kvillebäcken**

Alizadeh arbetade mycket med VDC-programvaror på projekt Kvillebäcken. Han har även lärt sig det mesta om programmen själv och har stort intresse för VDC vilket gjorde att Alizadehs erfarenhet och åsikter var intressanta för rapporten.

### **Björn Beskow, projekteringsledare på projekt Signalfabriken**

Beskow arbetar på NCC:s pilotprojekt för implementering av VDC i produktionen. Beskows åsikter om hur implementeringsförsöket av VDC fungerat på projektet kändes högst aktuellt för examensarbetet.

### **Niklas Melin, arbetsledare på projekt Signalfabriken**

Melin arbetade på den del av Signalfabriken där BIM-kiosken, som behandlas i examensarbetet, användes mest intensivt och såg hur det fungerade i praktiken. Melins åsikter om hur det fungerade i praktiken kändes viktiga. Att han inte arbetar aktivt med implementeringsarbetet gjorde honom till en bra neutral åsikt.

### **Elisabeth Strand, platschef på projekt Signalfabriken**

Strand använde sig av en programvara som inte examensarbetet omfattade från början och en kort intervju gjordes med henne angående vilka program och enheter hon använder sig av.

### **Kenneth Rosengren, platschef på projekt Signalfabriken**

Använde sig av en Windowsplatta och intervjuades för att ta reda på hur han använde plattan och hans åsikter om plattor ute i produktionen.

### **Adam Lennartsson, installationssamordnare på projekt Signalfabriken**

Lennartsson arbetade också med en Windowsplatta och intervjuades för att ge examensarbetet mer information om åsikter och användningsområden för surfplattor.

### **Patrik Lindvall, chef construction IT-Applications**

Ansvarig för ”Framtidspusslet” och den mest kunnige vad gäller automatiserade informationsflöden, vilket var viktigt för examensarbetet att undersöka då övriga intervjuer påvisat problem med informationsflöden.

### **Marcus Bergljung, teknisk specialist**

Bergljung har god kunskap om VDC arbetsplats som är en del av NCC:s implementeringsstrategi. En intervju med honom gjordes för att få utförligare information om VDC arbetsplats.

### **Mikael Johansson, forskningsingenjör, Chalmers tekniska högskola**

Johansson arbetar med lösningar för att förbättra renderingshastigheter. Att ta del av hans åsikter och resultat tillförde en extra dimension, som inte fanns inom NCC:s organisation, till examensarbetet.



## 8 Resultat

Resultatkapitlet är baserat på de intervjuer som genomförts på NCC:s olika projekt och med personal på kontoret i Göteborg. I kapitlet redovisas åsikter om inställningen till VDC, användningsområden, enheter som passar ut i produktionen, programvaror, NCC Projektportal, utbildning av VDC, problem och hinder med VDC, framtida önskemål och sist ett kapitel om automatiserade informationsflöden.

### 8.1 Inställning och kunskap om VDC

Maziar Alizadeh är arbetsledare på projekt Kvillebäcken. Då han har ett stort intresse för att använda 3D-modeller har han själv lärt sig Navisworks och Revit från instruktionsfilmer via Youtube. Enligt Alizadehs uppfattning är intresset det viktigaste för att våga använda nya arbetssätt. Vidare menar han att om intresse saknas blir effekten istället en negativ inställning till förändringen.

Karl-Magnus Hake, entreprenadingsenjör och Per Öberg, projekteringsledare arbetade på projekt Rågården. De berättar att ambitionen från början var att köra fullt ut med VDC för att få ett stort projekt där fördelarna med VDC kunde påvisas. Inställningen och intresset från yrkesarbetarna var från början svalt men ökade efter hand. Inställningen blev enligt Hake bättre men kunskapen saknades fortfarande och yrkesarbetarna fick hjälp att ta fram exempelvis vyer i Navisworks. De berättar att användandet av de hjälpmedel som fanns aldrig tilltog ordentligt eftersom tillräcklig tid och kunskap inte fanns och tröskeln var för hög för att det skulle komma igång. Öberg anser inte att inställning och kunskap om VDC är en generationsfråga utan att problemen ligger på andra ställen.

Enligt Björn Beskow, projekteringsledare på projekt Signalfabriken, är nyttan väldigt stor med ett VDC-orienterat arbetssätt. Det gäller att konkret kunna visa på fördelarna för alla inblandade då det just nu i allmänhet finns en viss tröghet i branschen för nya arbetssätt. Intresset för VDC på projektet är väldigt stort. Platschefer och många av arbetsledarna är positiva till VDC och villiga att testa på att använda det. Beskow tror att intresset haft stor inverkan på hur bra det gått med saker som han och NCC velat testa på Signalfabriken.

Niklas Melin, arbetsledare på Signalfabriken, anser att alla hjälpmedel som finns ska användas så länge de kan tillhandahållas för en rimlig kostnad. Personligen är han väldigt positivt inställd till surfplattor och BIM-kiosk på arbetsplatsen. Hos arbetslaget han ansvarar för har inget intresse för BIM-kiosken funnits. Melin tror att det uteblivna intresset främst beror på den höga åldern i gruppen, där de flesta yrkesarbetarna är nära pension.

Kenneth Rosengren som är en av de tre platscheferna på Signalfabriken, säger att han själv har stort intresse av att testa och använda sig av ny teknik och nya arbetsmetoder.

Elisabeth Strand och Kenneth Rosengren, två av de tre platscheferna på Signalfabriken, är väldigt positivt inställda till VDC på arbetsplatsen och intresserade av ny teknik. Strand berättar att hon använder en iPad och berättar att arbetarna blivit bortskämda med att oftast få nära tillgång till 3D-modellerna. Ibland känner hon att

yrkesarbetarna har börjat förutsätta att alla arbetsledare har med sig en surfplatta. Hon känner även att intresset för 3D-modellen har ökat bland yrkesarbetarna i samband med att fler surfplattor blev introducerade på arbetsplatsen.

## 8.2 Användningsområden i produktionen

Alizadeh har arbetat mycket med visualisering av komplicerade anslutningar, exempelvis i trapphusen på markplan eller ventilationsrummen. Bilder och mått skrevs ut från modellen för utsättning av stommen och ursparningar. Genom noggrann utsättning av ursparningar har inga hål behövt borrar i efterhand. Vidare anser han att det är under stomarbetet som det finns mest nytta av VDC, åtminstone i Kvillebäcken.

Alizadeh försökte använda 4D-simuleringar i början av projektet, men både tid och intresse saknades för att fortsätta arbetet. 5D-simuleringar är inget han provat på, men det är en metod han tror skulle göra mer nytta i produktionsfasen än 4D-simuleringar.

Hake och Öberg berättar att ingen utarbetad plan för hur VDC skulle användas på Rågården fanns från början. Projektet hade en stor etablering och i receptionen placerades en 40" TV-skärm kopplad till en stationär dator. Personalen kunde på TV-skärmen se samgranskningsmodellen med hjälp av olika program. VDC på Rågården användes främst för visualisering då projektet hade många komplicerade geometrier, vilket gjorde 2D-ritningarna svåra att förstå och 3D-modellen blev ett bra komplement för förståelsen.

Beskow berättar att 3D-modellen fyller många funktioner. Främst är det visualisering den används till idag. Installatörerna som ofta drar nytta av visualiseringen är de flitigaste användarna av BIM-kiosken, medan snickarna endast är intresserade vid sällsynta komplexa situationer. Modellen används flitigt av tjänstemännen både vid samordningsmöten och på surfplattor då de är ute på bygget. Beskow anser inte att 3D-modellen är tillräckligt tillförlitlig ännu för att användas vid utsättning.

För användning av VDC i produktionen ser Melin många användningsområden. Först och främst anser han det väldigt fördelaktigt att kunna visualisera modellen för att undvika missförstånd, främst gäller detta för installationer. Visualiseringen är även bra för komplexa byggnader där varje våningsplan är unikt. En yrkesarbetare som har modellen nära till hands kan även kontrollera rimligheten i utsättningsmått genom att jämföra mot modellen. Melin tror dessutom att 3D-modellen kan göra det enklare att förbereda för ursparningar i vägg, för att minska antalet håltagningar i efterhand, något som även Strand nämner. Melin skulle vilja ta det lite längre då han gärna sett att det med hjälp av modellen gick att se var en regel i exempelvis innerväggar krockar med en installation och på så sätt spara mycket arbete. Slutligen menar han att det även blir enklare att i förväg veta var exempelvis skåp ska monteras på väggen, och därmed förbereda för monteringen med exempelvis kortlingar mellan väggreglar.

Rosengren som använder en surfplatta ute i produktionen, säger att han främst använder den till att föra protokoll och anteckningar från möten. Vidare säger han att det är väldigt bra att bära med sig modellen ut på arbetsplatsen för att visa då yrkesarbetarna har frågor.

Adam Lennartsson, installationssammordnare på Signalfabriken, använder sig väldigt mycket av en Windowsplatta. Det främsta användningsområdet för honom är att föra anteckningar, vilket han anser sparar mycket tid genom att slippa skriva dubbla anteckningar från ronder och möten. Plattan används även till visualisering av 3D-modellen i Navisworks. Lennartsson använder också AutoCAD för att läsa DWG-filer där han kan mäta i ritningen och använda till exempelvis utsättning.

Marcus Bergljung är teknisk specialist och ansvarig för att utveckla VDC arbetsplats. Han arbetar med programvaror som ska öka och förenkla användandet av VDC i produktionen. Tanken är att det stöd som VDC arbetsplats ger skall resultera i ett ökat användande av metoden ute på arbetsplatsen. Grundtanken är att alltid ha nära till information och slippa utföra dubbelarbete genom att dokumentera digitalt ute i produktionsmiljön. Genom att använda portabla enheter som surfplattor och alltid ha tillgång till exempelvis ritningar och modeller kan en arbetsledare spara mycket tid bara genom att undvika promenader fram och tillbaka mellan produktionsmiljö och det externa kontoret. Bergljung berättar att just nu är metoden för avancerad för att ha på andra surfplattor än just de windowsbaserade. Metoden kan även spara tid genom att dokumentera digitalt på surfplattan och därmed slippa renskrivning. Uppskattningar från de som använder surfplattor har visat på att en arbetsledare kan spara 0,5-1,5 timmar per dag.

### **8.3 Digitala enheter på arbetsplats**

På projekt Kvillebäcken finns en storbildsskärm kopplad till en dator. Alizadeh berättar att de hade möten där arbetsmoment förklarades och visualiserades på skärmen. Vissa yrkesarbetare återkom sedan regelbundet för att få utskrivet komplexa detaljer ifrån olika vyer. Alizadeh är helt övertygad om att surfplattor är framtiden ute i produktionen. Inte enbart för visualisering utan många andra funktioner som exempelvis PDF-ritningar och arbetsbeskrivningar.

På Rågården köpte Öberg in två surfplattor av typen HTC flyer. Det tog tid innan användandet kom igång och surfplattorna låg länge oanvända. En av arbetsledarna började på eget initiativ använda en surfplatta för att läsa dörrkort i PDF-format. På projektet fanns 1100 unika dörrar som var för sig hade ett unikt dörrkort, om de skulle använts i pappersformat skulle detta resultera i kilovis med pärmar att bära runt på. Istället laddades alla PDF-blad ner till en surfplatta och dessutom kostade plattan mindre än att skriva ut alla papper på arkitektkopia.

Vid projekt Signalfabriken används många olika enheter på arbetsplatsen enligt Beskow. Tre stycken TV-skärmar finns placerade i fikarum och konferensrum på det externa kontoret. På TV-skärmarna rullar ett bildspel med bland annat APD-planen och leveranslistor för dagen. På projektet finns NCC:s första prototyp av en BIM-kiosk. Bland arbetsledare och övriga tjänstemän finns tre Windowsplattor och tre iPads fördelade.

Melin anser att surfplattor är perfekt ute på arbetsplatsen för att direkt kunna visa PDF-ritningar eller modellen för de som har frågor. Alternativet blir annars oftast att yrkesarbetarna skjuter på problemet och väntar till rasten för att kolla på kontoret. Däremot tycker han inte det känns nödvändigt att alla arbetsledare har en surfplatta, det räcker om några har en tillgänglig.

Rosengren som använder en Windowsplatta ute i produktionen tycker att det är helt suveränt. Modellerna flyter på och fungerar utmärkt. Ännu bättre kommer det bli när rutiner för användandet blir en naturlig del i arbetet.

Strand tycker det finns ett stort mervärde i att använda surfplattor ute på projekten och därmed direkt kunna visa arbetarna hur det ska se ut. Hon berättar vidare att de på Signalfabriken bara hade en surfplatta i början, men då många insåg mervärdet av surfplattan ville många personer få tillgång till en egen platta, vilket resulterade i att några extra köptes in.

Lennartsson använder en Windowsplatta då den stödjer de program han är beroende av i arbetet. Däremot anser han att iPad har bättre användarvänlighet och dessutom känns pålitligare. Han resonerar kring att antingen bör Windowsplattan bli pålitligare och förbättra sin användarvänlighet, eller att fler program optimeras för iPad.

Enligt Bergljung så har de största problemen med portabla enheter varit vikten. Den senaste tiden har de windowsbaserade surfplattorna kommit ut på marknaden och de nya formaten gör att de är lättare att använda ute i produktionen än exempelvis en bärbar dator. Han påpekar att det finns problem som exempelvis att många portabla enheter är känsliga för fukt och damm, något som de ofta utsätts för. På marknaden finns det enheter som är slag-, fukt- och dammtåliga men de är ofta tre-fyra gånger dyrare än vanliga enheter.

### **8.3.1 BIM-kiosk**

Projekt Signalfabriken är NCC:s pilotprojekt för BIM-kiosken. Beskow berättar att de inte hade kiosken i startskedet av projektet utan att en förfrågan om intresse skickades från IT-avdelningen efter projektstart. Kiosken som är byggd och utformad av NCC själva, kostade cirka 20 000 kronor och väger ungefär 100 kilo. Skåpet är gjort av tjockt slagåligt stål och försedd med hjul. Inuti skåpet finns en vanlig datorskärm, en standarddator, två stora båt batterier, en batteriladdare och ett mobilt internet med antenn. Beskow säger att det inte behövdes maximal prestanda i kiosken då Navisworks inte är allt för krävande. Skåpet är även låst och endast arbetsledare kan låsa upp. Anledningen till att skåpet låstes var att ingen skulle koppla in antennen till det mobila modemmet och missbruka tjänsten på arbetstid. Att skåpet har varit låst har skapat en del problem, speciellt då datorn fått slut på ström och därmed slagits av. De som tänkt använda den har då inte haft möjlighet att låsa upp skåpet och starta datorn när den försetts med ström igen.

Beskow berättar att BIM-kiosken främst använts till visualisering i 3D samt ibland för att komma åt ritningar i systemet. Det är främst installatörerna som använt kiosken då det finns många trånga komplicerade områden i projektet. Före kiosken fanns på plats kom ofta arbetarna upp på kontoret för att se 3D-modellen. Nu tittar många i modellen själva vilket medfört ett minskat antal besök på kontoret.

För framtida förbättringar säger Beskow att en lista skapats och skickats iväg till tillverkaren av datorskåpen. Listan innehöll bland annat; Lägre konstruktion med lutad skärm, lättare konstruktion för mobiliteten samt en längre förmonterad elsladd.

Melin tycker att BIM-kiosken är en väldigt bra idé, men att den inte använts så mycket tror han beror på att den oftast varit väldigt dammig och smutsig, strömlös

eller inklämd i något hörn. Att den ofta hamnat i något svårtillgängligt hörn har berott på utrymmesbrist. Melin säger att det är väldigt viktigt att hitta bra placering av kiosken för att främja användandet. Exempelvis var sprinklermontören på bygget väldigt intresserad av att använda kiosken, men då kiosken ofta var strömlös eller otillgänglig fick han aldrig möjligheten att testa.

För framtida användande av BIM-kiosken påtalar Melin främst vikten av att hitta en bra placering. En annan nödvändighet är att på något sätt förhindra urkoppling av strömladdan då kiosken ofta blev stående med tomt batteri när någon ville använda den. Han tror främst att det finns nytta med kiosken vid stora och komplicerade byggen. Byggnationer med stor upprepningsgrad minskar behovet av visualiseringshjälpmedel. Slutligen ser han ingen nytta med skrivare till kiosken, då det oftast räcker för arbetarna att få titta på modellen för att förstå problemet.

### 8.3.2 Kostnadsjämförelse mellan surfplatta och pappersritningar

Som nämnts tidigare i kapitlet köpte Öberg in två surfplattor till projektet Rågården som ett test. Surfplattan användes främst för att läsa dörrkort. Vad de noterade var att inköpet av en surfplatta var billigare än att skriva ut samtliga dörrkort på arkitektkopia.

För att göra en jämförelse togs priser för en iPad och en Windowsplatta fram och jämfördes med en faktura från arkitektkopia. Enligt webbsidan pricerunner.se kostar en Windowsplatta av typen Samsung Slate, som NCC använder, mellan 9000–14000 kronor. En iPad 4 4G ligger mellan 8000–10000 kronor. Priset på surfplattorna representerar de bästa tillgängliga just nu och nödvändigtvis inte de som behövs på ett projekt. En surfplatta som bara skall användas som PDF-läsare behöver inte alls samma prestanda och en sådan platta kostar cirka 2000-3000 kronor.

För att kunna jämföra kostnaderna för en surfplatta mot pappersutskrifter, hämtades en faktura från en avslutad byggnation och priset räknades ut med en rabatt som ansågs vara representativ för branschen. Fakturan innefattade drygt 700 utskrifter med en blandning av A4, A3 och A1. Fakturan hamnade då på cirka 7600 kronor inklusive 25 procent moms. Ett hanteringspåslag för hålslagning, häftning och paketering på tio procent och en frakt på 600 kronor är också inkluderat. Priset per utskrift blir då cirka elva kronor. Att det under en byggnation görs revideringar och handlingarna måste på nytt skrivas ut är vanligt på ett projekt. På ett projekt som löper över ett år eller mer kan det antas att nya handlingar måste skrivas ut minst tre gånger och med en liknande faktura uppgår kostnaderna snabbt till över 20000 kronor. För en jämförelse mellan pris på olika surfplattor och antalet ritningar se Tabell 2.

Tabell 2. Kostnadsjämförelse mellan surfplatta och pappersritningar.

	Pris (medelvärde i kronor)	Antal ritningar
HTC Flyer	2 500	230
Samsung Slate	12 500	1 140
iPad 4 4G	9 000	820

Hake berättar att det inte går att frångå att det i många fall är smidigt med utskrivna handlingar till yrkesarbetare. Kostnadsjämförelsen är däremot ett bra sätt att visa att den besparingen som görs bara på utskriftskostnader kan finansiera en surfplatta till stor del. Beaktas dessutom andra besparingar som kan göras med en surfplatta blir det ännu tydligare vilken liten investering en surfplatta innebär.

## 8.4 Programvaror

Under byggnationen av Kvillebäcken använder sig Alizadeh av flera olika programvaror. För konstruktionsmodellen används Revit Structure, för arkitektmodellen används ArchiCAD och för samgranskning används Navisworks. Han tycker att programmen han använt har fungerat bra.

Beskow berättar att i BIM-kiosken används enbart Navisworks där alla discipliners modeller är samordnade. Vidare anser Beskow att Navisworks fungerar utmärkt i BIM-kiosken där det finns tillgång till tangentbord och mus, men på surfplattorna behövs enklare applikationsprogram. Vid intervjun demonstrerades Autodesk BIM 360 Field, vilket han tyckte verkade betydligt enklare att navigera i än Navisworks på en surfplatta.

Strand använder främst iPaden till att köra PDF-ritningar från Dropbox. För visualisering använder hon sig av applikationen Autodesk 360 Glue. Programmet anser hon vara enkelt att navigera i, samt att det även finns möjlighet att mäta i modellen. Alla färdiga vyer från samgranskningsmodellen går dessutom att använda, vilket gör navigering och lokalisering enklare.

Bergljung berättar att de driver utveckling av programvaror vars funktioner riktar sig enbart mot produktionsmiljön. Med hjälp av ett plug-in program till Navisworks skapas länkar som kan kopplas till objekt eller rum. Länkarna kan bestå av exempelvis rumsinformation eller besiktningssprotokoll. Med hjälp av denna plug-in kan länkar kopplas exempelvis till en planvy som möjliggör färgkodning utefter olika områden inom framdriften, exempelvis olika underentreprenörer eller besiktningssstatus. Med hjälp av färgkodningen kan framdriften av ett projekt visualiseras på ett begripligt sätt, vilket främjar framdrift och uppföljning. Bergljung berättar att det krävs vidare utveckling för att färgkodningen skall bli användarvänligt. I dagsläget krävs det många operationer vilket tar tid att utföra och även att lära sig.

Mikael Johansson, forskningsingenjör på Chalmers tekniska högskola, har utvecklat en prototyp för snabbare realtidsrenderingar av 3D-modeller. Prototypen som går under benämningen BIM-viewer, är enligt Johanssons egna tester minst fem gånger snabbare än andra testade programvaror, se Tabell 1 i Kapitel 3.2. Johansson berättar att teknik för att utveckla program med bättre realtidsrenderingar finns. Enligt Johansson accepterar alla som använder programvaror från de stora företagen, exempelvis Autodesk, att renderingarna går långsamt. Att modellerna släcker och tänder olika lager då navigering i modellen utförs verkar i dagsläget vara något som användarna accepterar. Johansson säger att problemet inte blir åtgärdat om ingen börjar ställa krav mot tillverkarna angående renderingarna eftersom tillverkarna istället väljer att utveckla andra funktioner. Avslutningsvis berättar han att renderingshastigheten troligen inte är den viktigaste funktionen att förbättra i programvaror, men då det är en relativt enkel funktion att förbättra så borde programvarutillverkarna arbeta mer mot att utveckla funktionen.



## 8.5 NCC Projektportal

Enligt Josef Lindqvist, regional handledare för NCC Projektportal, bygger projektportalen på att lagra information för ett projekt. Projekterat material i digitalt format kan sparas i portalen, som agerar likt en server. Han berättar att portalen ger möjlighet att arbeta smartare och mer effektivt. Exempelvis går önskad information att hitta snabbt och enkelt då den finns samlad på ett och samma ställe i digital form. Vidare säger han att det blir enklare att styra och hålla koll på vem som utför specifika uppgifter och när de ska utföras. Det kan variera mellan olika projekt i vilken omfattning som information kopplas eller lagras i portalen. Den lagrade informationen kan sedan öppnas och behandlas med befintliga programvaror. Exempelvis kan en samordnad 3D-modell i IFC-format laddas ner och öppnas i Solibri för visualisering eller mängdavgivning.

Lindqvist berättar om flera fördelar med NCC Projektportal. Framförallt är det transparensen, att all information för projektet är synlig och finns tillgänglig på samma ställe, som är den stora fördelen samtidigt som den senaste uppdateringen alltid finns. Vidare berättar han att funktioner som att fördela ansvar till olika personer är ett snabbt och enkelt sätt att strukturera arbetet, där alla vet vem som gör vad. Funktionen kopplar arbetsuppgifter till tid och personen som blivit tilldelad uppgiften får en push-notis i form av ett mail.

Några egentliga nackdelar kan egentligen inte Lindqvist komma på, men då konceptet är nytt finns det givetvis små förbättringar att göra hela tiden. Lindqvist säger att personers inställning är det största hindret för tillfället. Vissa ger inte projektportalen en ärlig chans och tar sig inte tid att lära sig systemet. Alla tjänstemän inom NCC har fått en heldagskurs om projektportalen. Lindqvist säger att det krävs fortsatt eget arbete efteråt för att behålla och öka sin kunskap.

En av Lindqvists största förhoppningar för utvecklingen av NCC Projektportal är att det ska bli möjligt att jobba i modellerna direkt från portalen. Funktionen skulle kräva ett lättmanövrerat program för enkel visualisering, samt funktioner för exempelvis mängdavgivning. En annan vision är ett "drag and drop-system" där byggnadsdelar kan dras direkt från modellen till projektportalen, där de omvandlas till exempelvis mängdförteckningar för beställning eller kalkyl.

Alizadeh och Beskow berättar båda två att de inte börjat använda projektportalen då deras projekt påbörjades innan konceptet lanserades. Efter vad de har sett och hört tror de att det är ett bra koncept eftersom det samlar informationen på ett ställe och gör den lätt att dela och underlättar strukturering av alla dokument.

## 8.6 Utbildning inom VDC-programvaror

Som nämnts tidigare har Alizadeh inte fått någon utbildning inom VDC utan har lärt sig privat från instruktionsfilmer på internet. Han anser att alla som har intresset för VDC måste få all den utbildning de behöver. Det är däremot alltid platschefen som har sista ordet och det kan bli strid med platschefen angående tid för att lära sig under ett pågående projekt.

Hake och Öberg tycker att utbildning för personalen är viktigt. För dem själva var det inga större problem då de båda har en bakgrund som gett dem god datorvana. Hake ”tvingade” iväg personal som platschef, arbetsledare och blockchefer på en endagskurs i att navigera i 3D-modeller. Han berättar vidare att han anser att det borde vara krav på att alla går en grundkurs.

Beskow berättar att han höll en introduktionskurs för alla tjänstemän på bygget generellt kring VDC. Efter kursen fanns möjligheter för de intresserade till en frivillig fortsättningsutbildning där fokus var att lära sig navigera och hantera Navisworks, vilket de flesta tog del av. Han berättar vidare att alla var väldigt positiva till utbildningen och än idag dyker det ibland upp intresse för ytterligare utbildning. Melin berättar att förutom kursen i Navisworks är han främst självlärd inom olika programvaror.

Lennartsson har inte gått några kurser för användning av programvaror hos NCC, men han har lärt sig Navisworks av kollegor ute på projektet och läser privat några kvällskurser inom Navisworks och MagiCAD som företaget inte bekostar. Han lägger däremot snabbt till att han heller inte frågat om finansiering från NCC. Kurserna är helt på eget initiativ då han vill utöka sin kompetens i programvarorna för att kunna ställa högre krav på konsulterna och göra sitt eget arbete lättare.

## **8.7 Problem och hinder med VDC**

Enligt Alizadeh har det största hindret varit att det saknats kunskap på bygget. Han tycker att den största nackdelen att jobba med VDC har varit revideringar av ritningar. Det har gjorts massvis med revideringar vilket kan vara svårt att hålla reda på i modellerna. Själv har han tvingat NCC att uppdatera 3D-modellerna och inte bara 2D-ritningarna. En annan nackdel han nämner är att folk inte har råd och tid att göra misstag, vilket innebär att folk använder gamla beprövade arbetsätt.

Enligt Hake och Öberg ligger många av de problem som finns med implementering av VDC hos den operativa ledningen som exempelvis regionsledningen där acceptansen är långt mindre än hos projektledningen. Pengar för ett par ”hundår” krävs men det är inget som den operativa ledningen ställer upp med. Vill platschefen satsa på VDC måste han ta kostnaden från projektets budget. Öberg berättar att det är små marginaler redan nu och det fungerar i dagsläget för att platscheferna är snåla och det måste de vara för att de skall få projektets ekonomi att fungera. Ytterligare utgifter på ett projekt är för riskabelt menar han.

Det största problemet med byggande från 3D-modeller är enligt Melin vem som har ansvaret. Exempelvis om en yrkesarbetare bygger efter modellen och det i ett senare skede visar sig att det blivit felbyggt så är det svårt att veta vem som ansvarar för felet. Fel som uppstår kan bero på att yrkesarbetaren tolkat modellen fel, ansvarig personal inte uppdaterat modellen korrekt eller att konstruktören ritat fel.

Enligt Rosengren som använder en surfplatta finns det idag vissa problem att komma förbi för att öka användandet. Först måste synkronisering av material förenklas, sedan skulle han önska en större och snabbare hårddisk då modellerna i vissa fall kan kräva mycket utrymme på hårddisken. Synkroniseringsproblemet tror Rosengren kommer lösa sig genom att personalen ändrar sina arbetsrutiner och alltid laddar över det senaste materialet på plattan, alternativt att enbart använda surfplattan och ingen dator.

Lennartsson berättar om en del problem som uppkommit i samband med användning av surfplattan. Framst är det ett problem att uppdatera och granska handlingar ute på arbetsplatsen då licenser till programvaror inte fungerar när internet saknas. Enklare och mer naturliga sätt för synkronisering måste enligt Lennartsson skapas. Nu innebär synkroniseringsvårigheterna att surfplattor och BIM-kiosk inte kan användas fullt ut.

## 8.8 Framtida önskemål

Alizadeh anser att det finns vissa saker som är viktiga för en fungerande implementering av VDC i produktionen. Först måste ett förtroende utvecklas mellan användare och modell. Samordnaren måste också tillhandahålla korrekta uppdaterade modeller. Nästa steg är att det skulle behövas en VDC-specialist på arbetsplatsen för att hjälpa till med svårigheter och utbilda användarna. Det måste helt enkelt bli en princip att minst en person kan hantera 3D-modeller när projektet startar. Slutligen anser han att det är viktigt att våga testa nya arbetssätt för att utvecklingen ska gå framåt.

Alizadeh tycker att personal från produktionen borde sitta med på projekteringsmötena tidigt i projekteringen. Att produktionspersonal sitter med på möten skulle minska antalet fel på ritningar, samt skapa en enklare överlämning av modellerna till arbetsplatsen. Angående själva modellerna anser han att det skulle behövas noteringar i modellfilen som tydligt visar var och när ändringar gjorts.

Hake och Öberg önskar att den operativa ledningen inser att pengar måste satsas för att NCC ska fortsätta vara världsledande inom VDC. Öberg säger vidare att alla projekt arbetar med små marginaler, och ledningen måste ställa upp med kapital för att projektledningen ska våga implementera VDC och testa nya arbetsmetoder.

Beskow resonerar kring två konkreta önskemål för framtida användning av 3D-modellerna i produktionen. Först måste det bli lättare att lokalisera sig i modellen när navigering sker. Exempelvis skulle rumsnummer kunna vara tydligt utmarkerade och synliga i 3D-vyn. Den andra förbättringen enligt Beskow är att mer objektinformation måste finnas tillgänglig då objekt markeras i modellen.

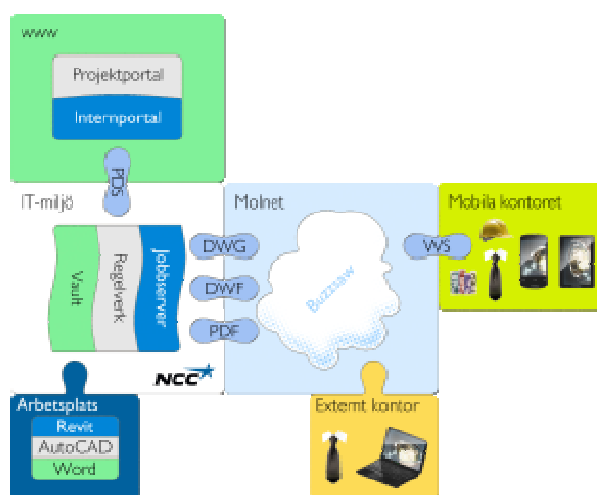
I framtiden vill Bergljung att VDC arbetsplats skall bli integrerat i resten av NCC:s system som exempelvis projektportalen som för tillfället inte är rumsorienterat. Han hoppas också att det ska bli standard med internet ute i produktionsmiljön men han är medveten om att det kan ta många år, så VDC arbetsplats utvecklas i dagsläget för att fungera offline. Problemet är att det mobila internet ofta försvinner innanför tjocka betongväggar.

## 8.9 Automatiserade informationsflöde

Patrik Lindvall, Chef för Construction IT – Applications, är ansvarig för att driva utvecklingen av informationsflöde framåt. Han sitter med i strategigruppen för VDC på NCC och arbetar med att utveckla en infrastruktur för att hantera handlingar från alla skeden av en byggnation från projektering till överlämning åt förvaltaren. Problemet som Lindvall löser är att information som delas mellan människor och programvaror inte pratar samma språk. Lösningen på problemet säger Lindvall är att hitta en infrastruktur som jobbar mot en plattform som kan hantera alla format och kan sköta utbytet på ett automatiserat sätt.

Lindvall berättar att konceptet som de utvecklade under våren 2012 har kommit långt och det används idag av ett antal projekt. Utvecklingsprojektet har fått smeknamnet ”Framtidspusslet”, se Figur 2. Konceptet bygger på programvaror och interna system som redan finns och som NCC redan använder. Lindvall säger att NCC sagt att de själva inte kan bedriva applikationsutveckling för alla olika plattformar så som Windows, Android och iOS. Systemet arbetar därför bara med befintliga programvaror och låter programmen göra precis vad de är bra på.

För att få systemet att fungera görs en rad operationer. Initialt kopplas NCC:s egna system och Autodesk-produkterna, som ses i den vänstra delen av Figur 2, till en del som distribuerar ut information i önskat format till de personer som är inblandande. En jobbserver som ses i Figur 2 lägger upp informationen på Autodesk's molnbaserade tjänst Buzzsaw. Informationen som läggs upp i Buzzsaw kopplas till en användare så att användaren får rätt typ av information och blir meddelad om att materialet har uppdaterats.



Figur 2. NCC:s pussel. (AEC, 2013)

Vad systemet resulterar i rent praktiskt är att till exempel en konstruktör som laddar upp sin modell inte behöver skapa ritningar och inte heller behöver uppdatera ritningar när en ändring i modellen har gjorts. När modellen ”checkas in”, som Lindvall kallar det, säger konstruktören att han är redo att släppa modellen och det genereras utifrån den modellen nya handlingar som skickas ut, via ett system som projektledningen styr över, till de parter som skall ha den informationen. Det är automatiseringen som är styrkan och en viktig del i systemet.

Systemet är gjort så att det går att se vilka som fått informationen och även om den mottagaren har tagit del av de senaste handlingarna. Lindvall berättar att stora vinster kan göras med systemet eftersom personalen inte behöver göra uppdateringar på alla handlingar och sedan måste skickas ut till de aktörer som är involverade.

Inför framtiden berättar Lindvall att det finns många planer och många möjligheter med systemet. Han pratar om möjligheterna att länka incheckningen av en modell till CAD-PM och på så sätt kunna göra kontroller som fastställer att konsulter som projekterar följer CAD-PM. Exempelvis kan plushöjder för våningsplan kontrolleras att de är korrekt satta. Konstruktören får då direkt reda på vad som är fel och modellsamordnaren slipper extrajobbet med att länka in något felaktigt för att senare upptäcka felet och behöva återkoppla till konstruktör. En annan framtidsvision är att direkt när modellen checkas in, utförs kollisionkontroller och funktionskontroller automatiskt i databasen. Kontrollerna skulle kunna utföras av Navisworks eller Solibri Model Checker.



## 9 Diskussion

Då det finns många aspekter att ta hänsyn till för en fungerande implementering av VDC i produktionen, har diskussionen delats upp i kapitel för olika områden. Inledningsvis diskuteras vilka digitala enheter som är mest passande i produktionen. Sedan diskuteras befintliga programvaror och vilka som är mest passande för de olika enheterna. Hur enheter och programvaror kan användas i produktionen samt vilka för- och nackdelar de har diskuteras. Därefter presenteras en strategi för att implementera VDC i produktionsfasen. Avslutningsvis diskuteras visioner för vidareutveckling av NCC:s egna system samt ett konkret förslag hur en applikation borde utformas för att uppnå god användarvänlighet och vara användbar i produktionen presenteras.

### 9.1 Enheter

I examensarbetet är surfplattor och BIM-kiosk de enheter som fokus riktats mot. Båda har de sina för- och nackdelar och en kombinerad användning kan i vissa fall vara det bästa alternativet. Den interaktiva whiteboarden som presenterades i Kapitel 3.1 är ett utmärkt verktyg vid möten i projekteringsfasen men även under produktionen, främst eftersom många personer kan informeras samtidigt. Examensarbetets fokus har riktats mot de enheter som kan användas ute på byggarbetsplatsen och därmed diskuteras whiteboarden inte vidare.

#### 9.1.1 BIM-kiosk

BIM-kiosken som användes vid projekt Signalfabriken i Sundbyberg, anses som ett spännande försök inför framtiden. Kiosken uppvisade vid pilotprojektet ett flertal brister. En av bristerna på prototypen vara att den var för tung och därmed jobbig att förflytta. Strömförsörjning blev ett problem eftersom yrkesarbetarna ofta drog ur sladden när uttaget behövdes till annat. Slutligen påpekades att det var svårt att hitta plats för placering av kiosken. En annan anledning till att den inte kan användas fullt ut är att yrkesarbetarna saknar kunskap och intresse för programvarorna. Det finns utbildningsmöjligheter för intresserade som kan hållas ute på projektet men det får bekostas ur projektets budget och det saknas ofta tid för utbildningen.

De flesta bristerna angående själva BIM-kioskens fysiska utförande anses lätta att åtgärda, något som NCC redan börjat med då det finns en version två. Lite mer tankeverksamhet behövs däremot vid placering av kiosken. För att främja användandet är det av högsta intresse att den finns synlig, ren och så nära arbetsområdet som möjligt. En lösning är att redan i tidigt skede planera för var BIM-kiosken ska placeras under olika skeden av projektet och rita ut placeringen på APD-planerna. Att i tidigt skede analysera var kiosken fyller störst funktion och samtidigt är minst i vägen för övriga moment skulle minska risken att den blir undanställd i ett hörn. Planeringen skulle som allt annat behöva en inkörningsperiod för att lära sig rutiner kring användandet och var placeringen blir effektivast. Planeringen skulle fördelaktigt kunna ske tillsammans med dem som ska använda kiosken under produktionen.

Ett alternativ eller komplement till APD-planeringen av BIM-kiosken är att utse en kioskansvarig på varje projekt där BIM-kiosken används. Personen kommer ansvara för att kiosken alltid går att använda. Ansvaret innefattar att se till att kiosken är placerad där den ska användas, och inte står i vägen för andra moment. Den ansvarige måste även säkerställa att kiosken sätts på laddning innan dagens slut så att den alltid är igång även om sladden dras ut. Rutinerna ska innefatta att uppdatera kiosken så att de senaste bygghandlingarna i form av exempelvis modeller och ritningar alltid finns på datorn.

Kontentan av lösningarna är givetvis att projektet skulle få ytterligare utgifter, och då siffror för eventuella vinster saknas blir det svårt att motivera alternativen. Det skulle vara väldigt intressant att se ett projekt som planerat BIM-kioskens placering i ett tidigt skede och ser till att kiosken underhålls väl.

För att ytterligare öka användandet av kiosken behöver användarvänligheten förbättras. Tidigare i kapitlet nämndes att det saknas kunskap om programvarorna och därmed intresse för att använda kiosken. Genom att använda en skärm med touchfunktion i kiosken och skapa ett NUI-baserat användargränssnitt, som nämnts i Kapitel 4, skulle bättre användarvänlighet kunna uppnås. Att hitta en bra programvara är en utmaning och diskuteras i Kapitel 9.2.

Genom att åtgärda de fysiska bristerna samt göra kiosken användarvänlig med hjälp av touchbaserade programvaror borde yrkesarbetare kunna lära sig att använda BIM-kiosken. Användandet av kiosken skulle öka markant och andelen icke värdeskapande tid kommer minska eftersom yrkesarbetare slipper lägga tid på att fundera på lösningar eller leta efter arbetsledare.

Trots de nuvarande bristerna känns BIM-kiosken som ett utmärkt komplement för yrkesarbetare och arbetsledare ute i produktionen. Utförs de förbättringar som nämnts ovan kommer användandet öka och därmed mervärdet med kiosken. Extra insatser kommer behövas under inkörningsperioden men konceptet löser några av de problem som finns ute i produktionen och en investering, som går att skriva av på flera projekt, skulle snabbt betalas tillbaka.

### **9.1.2 Surfplattor**

Surfplattor finns idag av flertalet märken med olika operativsystem. Ingen fokus riktas mot att undersöka operativsystemens olika fördelar eller skillnader i prestanda. Generellt verkar uppfattning vara att iPad har bäst användarvänlighet, medan windowsbaserade plattor har störst potential då det går att använda i stort sett alla program som en dator kan hantera. Val av surfplatta anses bero mycket på personlig smak, därför kommer surfplattor behandlas generellt i kapitlet.

Vad som avgör om en surfplatta är ett bra val, beror främst på vad den ska användas till och på vilken plats. Det finns flera fördelar med att använda en surfplatta i produktionen. Vad som framkommit i intervjuer som den största fördelen är att snabbt och enkelt kunna visualisera och förklara arbetsmoment och därmed undvika missförstånd. En bärbar dator har samma möjligheter, men surfplattan har ett betydligt enklare användargränssnitt och lättare vikt vilket gör den till ett bättre alternativ ute på arbetsplatsen.



Ett annat argument för att använda surfplattor i produktionen är kostnadsjämförelsen mellan pappersritningar och surfplattor som gjordes i Kapitel 8.3.2. Det är inte rimligt att tro att pappersritningar helt ska sluta användas, men antalet utskrifter kan minskas och vissa typer av pappershandlingar kan helt undvikas. Exempelvis på Rågården där de använde en surfplatta för alla dörrkort och därmed sparade in många pappersritningar. Vad kostnadsjämförelsen visar på är att det behöver sparas in cirka 250 ritningar för att finansiera en enklare surfplatta och uppemot 1200 ritningar för surfplattor med högre prestanda. Kostnadsjämförelsen är teoretiskt uppskattad eftersom varje företag har egna priser för pappersutskrifter. Siffror bör därför räknas om med företagets egna priser.

Val av surfplatta borde bestämmas av vad den ska användas till. Exempelvis behövs bara en enkel surfplatta om enbart PDF-ritningar ska läsas, medan 3D-modeller kräver högre prestanda. Det är även viktigt att tänka på att surfplattorna troligtvis håller i mer än ett projekt, och därmed blir de en investering även för kommande projekt.

De program eller applikationer som testats under examensarbetet har inte känts fullständiga, även om de varit fullt dugliga vilket beskrivs i Kapitel 9.2. Att alla yrkesarbetare ska använda sig av surfplattor istället för ritningar känns inte som en rimlig lösning. För många surfplattor på arbetsplatsen skulle förmodligen resultera i att många blir lagda olämpligt och därmed förstörda. Enheterna som behandlas i prisjämförelsen, Kapitel 8.3.2, är inte optimala för produktionsmiljön då de är känsliga och produktionsmiljön kan vara kall, varm, fuktig eller dammig. Enheten skulle därför lämpa sig bättre för en arbetsledare, som alltid bär med sig enheten ute i produktionsmiljön och kan därmed skydda den bättre. Enheter som är anpassade för produktionsmiljön och som skulle kunna ligga ute i produktionen hela tiden finns att tillgå. En sådan enhet är betydligt dyrare och det är tveksamt om enheten har tillräcklig nytta för att investeringen ska löna sig.

Analysen av surfplattor är att de är fullt dugliga för att fylla en viktig funktion i produktionen redan idag. Främst anses surfplattan vara ett bra verktyg för arbetsledare och platschefer, då de har nära till all information oavsett om de är på kontoret eller byggarbetsplatsen. Mycket tid finns att spara genom att använda surfplattor. Personal som använt surfplattor på arbetsplatsen har uppskattat att de sparar 0,5-1,5 arbetstimmar per dag på att undvika onödiga promenader då de bär med sig informationen. Besparingarna som görs blir snabbt stora om hänsyn tas till vad en arbetsledare kostar. En arbetsledare kan antas kosta företaget 300 kronor i timmen och om då tidbesparingen uppgår till en timme per dag blir besparingen per år cirka 96 000 kronor.

Det kanske kan ses som onödigt att bära runt på en surfplatta för att bara skriva protokoll eller kolla i ritningar men det känns viktigt att användandet tar fart. Trots att användningsområdena idag är begränsade så är det viktigt att börja använda de hjälpmedel som finns för att det i framtiden ska vara naturligt att jobba med surfplattor. I framtiden har kanske surfplattor ersatt bärbara datorer, vilket skulle leda till att det oundvikligt blir naturligt att jobba med en surfplatta.

## 9.2 Programvaror

Examensarbetets syfte är att ge förslag på hur VDC ska implementeras bättre i produktionen och då behövs rätt programvaror. Programvaror lämpade för produktionsfasen skulle testas ingående för att se vilket program som hade bäst egenskaper. Efter att påbörjat tester insågs att många programvaror var snarlika och att skillnader handlade om utformning snarare än funktioner. Tydligt blev då att valet av programvara handlade om personliga preferenser, därför gjordes inga grundläggande tester på alla programvaror utan fokus lades på de program som lämpar sig för surfplattor. Övriga program behandlas kort.

Navisworks, Solibri och Tekla BIMsight är tre snarlika programvaror. Fokus ligger på samgranskning och, för vissa av programmen, övriga kontroller som nämnts i Kapitel 3. Programvarorna lämpar sig bäst för projekteringsarbete då det handlar om att undvika kollisioner och få en smidigare produktion. Visualiseringen är ett stort användningsområde i dagsläget för programmen, men de anses inte användarvänliga nog för att det ska fungera tillfredsställande. Applikationer för bärbara enheter ger möjlighet till ett helt nytt arbetssätt, delar av det nya arbetssättet har NCC redan insett ger många fördelar. Solibri är den av programvarorna som utmärker sig på ett sätt och det är dess renderingsegenskaper. I Kapitel 3 finns en tabell som beskriver skillnaderna i renderingshastigheter. Solibri utmärker sig genom att ha bättre renderingshastighet än de andra programvarorna. Högre renderingshastighet möjliggör att det går att arbeta på ett smidigt sätt med stora och datortunga modeller. Programvarorna har tydliga och mervärdesskapande användningsområden men kräver mycket inlärning och ses därför inte som optimala för en produktionsmiljö.

Vico Office skiljer sig från de ovan nämnda programvarorna. Vico Office är specialiserat på 4D- och 5D-simuleringar. Programmet känns relativt användarvänligt men fokus bör först vara att få enklare metoder att fungera fullt ut innan exempelvis 5D-simuleringar börjar användas. Fokus bör istället läggas på att använda 4D-simuleringar i Navisworks och kan i senare skede kolla på att använda sig av 5D-simuleringar.

Revit och ArchiCAD är programvaror som är riktade främst mot projektering. De innehåller många funktioner och kräver hög prestanda av datorn och är inte ämnat för produktionen. Användningsområden i produktionen uppstår i vissa fall men beror ofta på att projekteringen inte lyckas projektera till rätt detaljeringsnivå. Maziar Alizadeh, som nämns i Kapitel 8, arbetade med Navisworks och Revit där han tog mått från samgranskningsmodellen i Navisworks och förde in det i konstruktionsmodellen i Revit. Han kunde sedan skapa ritningar för ursparningar inför formarbetet. Arbetet Alizadeh gjorde sparade mycket tid och pengar men det skulle varit utfört redan i projekteringen. I ett fåtal fall finns det användning för Revit och ArchiCad men fallen är inte många och framförallt inte ute på arbetsplatsen. Programmen fungerar främst som ett hjälpmedel på det externa kontoret.

Examensarbetet fokuserar mycket på användarvänlighet, något som hölls i åtanke när val av programvaror gjordes. I åtanke hölls även att visualiseringen är en viktig del och ett stort användningsområde för produktionen. Möjligheten att använda en 3D-PDF i produktionen undersöktes. Enkelheten sågs initialt som den intressanta aspekten. En yrkesarbetare skulle enkelt kunna navigera i en 3D-PDF på samma sätt

som på en smartphone. Att skapa en 3D-PDF är omständligt och det går dessutom inte navigera igenom exempelvis väggar vilket gör att en 3D-PDF för varje våningsplan måste skapas. Genomförandet är möjligt men under examensarbetet har bättre lösningar hittats och att använda 3D-PDF anses inte som den bästa lösningen.

SketchUp har god användarvänlighet och det är programmets stora styrka. Att använda SketchUp kan kännas något bakåtsträvande då det finns många program som erbjuder avancerade hjälpmedel utarbetade just för byggbranschen. Alltjämt så är programmet utmärkt i många fall när det ska göras visualiseringar av exempelvis APD-planer med upplagsplats och kranplacering. Trots att SketchUp inte har alla funktioner som många andra program erbjuder, ger programmet ett mervärde eftersom det med sin användarvänlighet ger en bra start för många som kan lära sig grunderna innan de använder mer avancerade program.

Under examensarbetets gång växte insikten fram om att alla programvaror har sitt användningsområde och att alla inte är optimala i alla skeden. Något som blev intressant var hur VDC ska användas ute på arbetsplatsen, därför flyttades fokus mot programvaror för bärbara enheter, så kallade applikationer. Under de intervjuer som genomfördes var visualisering ett återkommande användningsområde som stor del av intervjuad personal hade som huvudanvändningsområde. Att hitta en enkel applikation, där modellen kan visualiseras och där navigation kan ske enkelt, blev därför intressant. Autodesk's BIM 360 Glue och BIM 360 Field samt Graphisoft's BIMx behandlas nedan. Applikationernas skillnader beskrivs i Kapitel 3.

Användarvänligheten som nämnts tidigare har legat i fokus och det handlar om att alla funktioner i applikationen ska vara användarvänliga. Exempelvis ska det vara lätt att synkronisera den gällande modellen till applikationen. Gällande synkroniseringen skiljde sig programvarorna avsevärt. BIM 360 Field är en webbtjänst där modellen synkroniseras till webbsidan, något som vid försök visade sig vara omständligt. Programmet som i grunden bygger på en webbtjänst med en tillhörande applikation har otroligt många möjligheter och det går i princip att sköta allt i produktionsfasen via tjänsten. För NCC och andra stora byggföretag, som har arbetsrutiner och dokumentmallar som ska vara utformade på ett speciellt sätt, är funktionerna inte intressanta.

BIMx har en bra visualiseringsmotor och en kopplad planvy som förenklar lokaliseringen. Applikationens svaghet är att den endast läser filer av formatet .bimx vilka skapas från en plugin till ArchiCAD. Att skapa BIMx-filer från samgranskade modeller är inte möjligt, något som är en stor nackdel. NCC arbetar inte aktivt med ArchiCAD vilket blir en ytterligare svaghet i sammanhanget. Eftersom samgranskade modeller inte kan användas i BIMx, är programmet inte att rekommendera för entreprenadföretag utan är mer lämpat för arkitekter.

Autodesk's andra programvara BIM 360 Glue har ett användargränssnitt som påminner mycket om det i BIM 360 Field. En stor skillnad är att Glue är ett visualiseringsprogram som saknar möjlighet att exempelvis skapa besiktningsprotokoll. Styrkan ligger i användarvänligheten både för att synkronisera modellen och sedan navigera i modellen. En samgranskad modell, i filformatet nwd, kan läggas upp på en molnbaserad tjänst, exempelvis Dropbox. Modellen laddas sedan ner till en bärbar enhet där den kan öppnas i applikationen. Ingen konvertering eller synkronisering behöver utföras på datorn eller den bärbara enheten. Samtliga

vyer och sektioner som gjorts i Navisworks följer med och går att använda i Glue utan att ändra något. Applikationen känns som den bäst lämpade för NCC, men förbättringsmöjligheter finns och beskrivs i Kapitel 9.5.

I Kapitel 9.1 redogjordes att BIM-kiosken var bäst för yrkesarbetarna, medan en surfplatta är det bästa alternativet för exempelvis arbetsledare. Problemet när det nu kommer till programvaror är att surfplattor och dess applikationer anses mer användarvänliga jämfört med de mus- och tangentbordsbaserade program för BIM-kiosken. Eftersom yrkesarbetarna generellt saknar utbildning i programvaror vore egentligen det omvända att föredra, alltså att yrkesarbetarna kan använda sig av programvaror som bara innehåller de väsentliga funktionerna och är enkla att lära sig. Att begränsa antalet funktioner som användaren kan använda är ett sätt att öka användarvänligheten, något som nämnts i Kapitel 4.

I Kapitel 9.1 beskrevs att val av programvaror till BIM-kiosken är en aspekt som måste beaktas. Nu används nästan uteslutande Navisworks där en samgranskningsmodell från alla discipliners 3D-modeller kan visualiseras. Då de flesta tjänstemännen gått grundkurser i Navisworks kan de hantera det som anses viktigast, nämligen visualiseringen. För en yrkesarbetare som inte gått utbildningen blir det svårt, och det kan leda till att personen inte vill använda kiosken. Tre lösningar kan anses finnas på problemet.

*Alternativ ett* är att alla yrkesarbetare måste gå en grundkurs i valt program, exempelvis Navisworks. Alternativet har däremot en del svagheter, bland annat skulle det kosta väldigt mycket, dessutom fungerar det sällan att tvinga personer till utbildning.

*Alternativ två* är att hitta den bästa och enklaste tillgängliga programvaran, alternativt sätta press på någon tillverkare att utveckla programvaror efter företagets önskemål. Vilken programvara som anses bäst är väldigt subjektivt och därmed svårt att utreda. Alternativ två är troligen det enklaste och billigaste att utföra. Den stora frågan är bara ifall det blir tillräckligt bra.

*Alternativ tre* innebär att byggföretaget själva eller tillsammans med andra byggföretag lägger resurser på att utveckla den perfekta programvaran. Troligtvis blir alternativet det svåraste och dyraste, men det vore intressant. I Kapitel 9.5 kommer en enklare vision för en framtida applikation för bärbara enheter att presenteras. Programmet skulle kunna utvecklas i samarbete med programvarutillverkaren eller i företagets egen regi.

## 9.3 VDC i produktionen

Efter litteraturstudier, intervjuer och studiebesök står det klart att VDC har en stor potential för att effektivisera produktionen av byggnader. Till viss del har många av användningsområdena med VDC redan börjat användas. Exempelvis är visualisering i 3D, som har förbättringsmöjligheter, redan en självklarhet på många byggprojekt. Kapitlet presenterar användningsområden för VDC i produktionen samt vilken nytta det tillför.

NCC är ett företag som arbetar aktivt mot ett VDC-baserat arbete i produktionsfasen. VDC används inte på alla företagets projekt och vissa projekt baseras enbart på gamla arbetsmetoder. Antalet projekt som delvis eller fullt ut använder VDC ökar hela tiden. Genom intervjuer och studiebesök har många intressanta användningsområden upptäckts.

Det första de flesta associerar VDC med är visualisering av 3D-modeller. Visualisering är troligen den funktionen som används flitigast idag, något som framgår i Kapitel 8.2. Fördelarna med visualisering är många, bland annat underlättas kommunikation mellan arbetsledare och yrkesarbetare vilket minskar risken för missförstånd. Speciellt användbar är visualiseringen av komplexa konstruktioner och installationer. Något som minskar både tid och antal fel jämfört med att försöka tolka en 2D-ritning. Visualiseringen är grunden i hela VDC-tänket och även om det fungerar redan nu måste förbättringar göras för att visualiseringen ska uppnå sin fulla potential och passa all personal på byggarbetsplatsen.

Efter visualisering är troligtvis kollisionkontroller och mängdavgtagningar i 3D-modeller de vanligaste användningsområdena. Kollisionkontroller är något som utförs främst i projekteringen och behandlas inte vidare i diskussionen. Mängdavgtagning är ett användningsområde som NCC arbetar med och som det sker utbildning inom. Att snabbt och enkelt kunna utföra mängdavgtagningar eller skriva ut materialförteckningar i produktionen underlättar vid beställningar eller placering av material i bygget. Fortsatt utbildning i mängdavgtagning från 3D-modeller rekommenderas, för att användningen ska öka i produktionen.

På projekt där surfplattor använts har en del användningsområden hittats utöver visualisering. Ett exempel är dokumentation vid ronder i form av text och bilder. Genom digital dokumentation förenklas informationshanteringen och minskar arbetstiden eftersom ingen renskrivning av anteckningar behövs. Surfplattorna är även bra för att hantera digitala dokument. Istället för en tjock pärm med antingen ritningar, arbetsbeskrivningar, rumsbeskrivningar eller dörrkort, blir det enklare både att hantera och hitta den önskade informationen digitalt.

Ett problem som tidigare diskuterats är att många 3D-programvaror, främst applikationerna i surfplattor, har opålitliga och svåra mätinstrument. En lösning på problemet är att utföra mätning i 2D-ritningar, exempelvis i AutoCAD, där exakta mått enkelt kan utläsas. Mätning i 2D-ritningar utökar funktionen av surfplattor, men löser inte det som egentligen önskas, nämligen att kunna göra exakta och pålitliga mätningar i 3D-modeller.

4D-simuleringar anses vara ett bra hjälpmedel för framdriften. Att konkret kunna se hur långt projektet borde kommit i en simulering och jämföra med verkligheten

skapar ökad förståelse. Placeras 4D-simuleringen i exempelvis ett lunchrum inkluderas yrkesarbetarna och en positiv effekt blir engagemang. Ytterligare fördel är att yrkesarbetarna kommer i kontakt med modellen, något som alltid är positivt. 4D-simuleringen bör göras av projekteringspersonal i samråd med produktionspersonal eftersom det ofta saknas tid i produktionen, något som Alizadeh nämner i Kapitel 8.2. Med hjälp av 4D-simuleringar kan krockar mellan yrkesgrupper undvikas, exempelvis golvläggning och målning som är två sysslor som inte bör utföras i samma rum samtidigt.

APD-planer i 3D är ytterligare exempel på hur förståelse och därmed engagemang kan ökas. APD-planerna lämpar sig för planering av logistik, något som på ett stort projekt kan vara väldigt viktigt. APD-planer för olika skeden i projektet kan skapas och kan finnas att tillgå på en surfplatta. Finns APD-planen på en surfplatta går det exempelvis undvika att material placeras på fel upplagsplats då det ibland saknas tid att ta sig till det externa kontoret för att kontrollera APD-planen.

## **9.4 Implementeringsstrategier för VDC i produktionen**

Implementering av VDC i produktionen är egentligen redan igång till viss del i NCC:s organisation. Enligt intervjuade personers uppfattning har arbetsmetoderna tagits emot väldigt bra av de flesta på de projekt där det testats. Vad som framkommit under projektarbetet är att det främst testats på stora byggen, och ett av de viktigaste målen för implementeringen är att det ska vara applicerbart för alla projekt, oavsett storlek.

Genom all insamlad information under examensarbetets gång har en strategi för implementering av VDC i produktionen utarbetats. Strategin är tänkt att vara applicerbar för alla projekt, oavsett storlek. En förutsättning är att det i startskedet görs större investeringar, vilket sedan ger återbäring i framtida projekt. Implementeringsstrategin som utarbetats i examensarbetet är uppdelad i sju faser.

### **Fas 1 - Stöd från den operativa ledningen.**

Ett uttalat stöd från ledningen ekonomiskt i form av inköp av VDC-enheter och finansiering av utbildning är de grundläggande kraven för att implementeringen av VDC i produktionen ska fungera. Ledningen måste även vara beredd på att extra utgifter både för material och ökad arbetstid kan uppkomma i startfasen. Utgifterna måste finansieras av företaget och inte drabba det enskilda projektet. För att platschefer ska våga använda VDC är det viktigt att investeringar inte behöver tas ur projektets ekonomi. Det är även viktigt att ledningen förmedlar nyttan och nödvändigheten av den nya arbetsmetoden till alla inblandade. Genom att ge alla möjligheten att påverka förändringsprocessen i ett tidigt skede skapas, som nämns i Kapitel 6, en ökad känsla av delaktighet från de inblandade.

### **Fas 2 - Surfplattor och BIM-kiosk i produktionen för att öka intresset.**

Uttalat stöd från ledningen innebär att fler projekt vågar investera i VDC-enheter på arbetsplatsen. Att enheter och surfplattor finns ute på projekten där arbetsledare och yrkesarbetare får möjligheten att testa dem i praktiken bör innebära ett ökat intresse för 3D-modeller. Frivillig användning av surfplatta eller BIM-kiosk leder till att de som är skeptiska varsamt och utan tvång blir introducerade till tekniken, samtidigt

som de intresserade får möjlighet att ge sina åsikter kring möjligheter och förbättringar.

En förändrad arbetsmetod kan i startskedet, som nämnts i Kapitel 6, innebära ökad arbetsbelastning och stress, av den anledningen är det viktigt att låta användandet vara frivilligt i startskedet. Strand berättade att på Signalfabriken, där flera surfplattor användes, började fler personer förstå mervärdet av surfplattor på byggarbetsplatsen när de såg andra använda enheterna. Vidare berättade Strand att yrkesarbetarna nästan börjat förutsätta att en 3D-modell ska finnas nära till hands då de önskar titta i den eller ställa frågor. Att visa upp möjligheter och potential med användning av surfplattor och BIM-kiosk i produktionen är viktigt för att motivera personalen inför fas tre.

### **Fas 3 - Utbildning av personal.**

I takt med att intresset för VDC ökar skapas ett behov och efterfrågan för utbildning. En obligatorisk grundutbildning för platschefer och arbetsledare blir slutligen ett krav för att driva implementeringen framåt, en åsikt som framkommit under intervjuer och nämnts i Kapitel 8.6. Innan den obligatoriska utbildningen påbörjas är det en fördel om intresset för VDC blivit väl utbrett bland personal i företaget. Intresserad personal vill få utbildning och tar därmed till sig de nya kunskaperna bättre. Genom att ge personalen möjlighet att påverka innehållet i kurserna känner de sig mer delaktiga vilket ökar acceptansen till förändringen. För de personer som vill arbeta mycket med VDC på ett kommande projekt, eller de som blir utsedda att arbeta med VDC, bör en repetitionskurs erbjudas innan projektstart. Kursen avser att ge deltagarna en chans att förnya eller fördjupa sina kunskaper inom VDC ifall de inte använt sig av arbetssättet under en tid.

Yrkesarbetare som visat stort intresse bör erbjudas utbildning främst kring de programvaror som används i BIM-kiosken. Genom VDC-utbildade yrkesarbetare i produktionen kan arbetsbelastningen på arbetsledare minskas. Yrkesarbetare som fått utbildning inom VDC kan sedan sprida intresset och kunskapen till sina kollegor.

### **Fas 4 - VDC-specialister på projekten.**

När arbetssättet blir väl inkört bör de flesta tjänstemännen kunna det de behöver för att utföra sitt arbete effektivt med VDC. Under den första inkörningsperioden kommer det krävas att VDC-specialister finns på alla projekt där VDC används, vilket är ett önskemål som nämnts i Kapitel 8.8. Specialisternas roll blir viktig för att stötta och utbilda personalen på plats, samt som en trygghet för användarna att snabbt kunna få hjälp och därmed våga använda VDC-verktygen.

### **Fas 5 - Deltagande vid tidiga samgranskningsmöten.**

I Kapitel 8.8 beskrivs en önskan om att låta platschefer, arbetsledare och eventuellt intresserade yrkesarbetare delta vid samgranskningsmöten i ett tidigt skede av projekteringen. Genom deltagandet kan antal fel och därmed revideringar av ritningar minskas. Syftet med fasen är även att överlämningen av 3D-modell och handlingar till projektet kommer ske smidigare. De som fått sitta med på möten kommer ha lättare att navigera och tolka modellen. Genom att bli involverade tidigt i projektet och få möjligheten att påverka, ökar acceptansen för förändring av arbetssätt, något som

beskrivs i Kapitel 6. Fas fem bör påbörjas direkt intresse uppstår bland personal och inte nödvändigtvis som steg fem i implementeringsstrategin.

### **Fas 6 - Uppföljning och erfarenhetsåterföring.**

Fas sex är viktig för att utvärdera hur arbetet fungerat. Här är tanken att åsikter från användare av VDC ska kunna ventileras för att göra justeringar i arbetsmetoden och om möjligt i programvaror. Viktigt i uppföljningsfasen är att kunna visa på konkreta siffror för att styrka metodens fördelar, något som nämnts i Kapitel 6. Har inte önskade resultat i form av ekonomisk vinst eller intresse uppnåtts kan det krävas mer tid för inkörningen. Beroende på vad som framkommer på uppföljningen kan vissa steg i implementeringen behöva utvecklas. Fas sex kan behöva upprepas flera gånger innan företaget övergår till fas sju.

### **Fas 7 - Total implementering.**

När intresset och kunskapen har arbetats in i företaget, och finjusteringar av programvaror och arbetsmetoder är klara, kan total implementering utföras. Total implementering innebär att det på alla projekt finns kompetent personal inom VDC, samt tillgång till surfplattor och BIM-kiosk efter önskat behov.

## **9.5 Visioner för framtiden**

Potentialerna för framtiden är nästintill oändliga och det handlar till stor del om vilka resurser som finns och hur mycket företaget är beredda att satsa. Ett förslag på en framtida applikation med tillämpningsområde i produktionen presenteras i Kapitel 9.5.2.

Fokus för examensarbetet har legat på användarvänlighet och användningsområden. Vikten av god användarvänlighet kan inte nog betonas och ibland känns det som att företagen som ligger i framkant med användandet av VDC glömmer bort vikten av god användarvänlighet. I byggbranschen som är väldigt konkurrensdrivande känns det som att det för många företag handlar om att ligga längst fram. Risken finns då att företagen använder den senaste och mest avancerade tekniken istället för den bästa.

För att VDC skall implementeras i produktionen är det viktigt att stöd finns från ledningen och intresse finns bland arbetsledare och yrkesarbetare. För att skapa intresse krävs enkla lösningar som kan användas på en bred front. När en enkel lösning lanserats och börjat användas, kan fler funktioner byggas på. I dagsläget finns det många som är duktiga på att använda de programvaror som finns med stor framgång i projekteringsfasen. När programvarorna sedan ska användas i produktionen känns de inte anpassade för produktionspersonalens kunskaper och behov. Navisworks är ett perfekt exempel där det krävs tid och vana för att kunna navigera framgångsfullt.

### **9.5.1 Vidareutveckling av NCC:s egna VDC-system**

Att hitta nya användningsområden och funktioner för VDC i produktionen kräver att en efterfråga finns. Den första åtgärden som måste göras är att optimera och förenkla



de befintliga funktionerna som används nu. När användarvänligheten blivit bättre, programmen enklare och det automatiserade informationsflödet effektivare kommer användandet av VDC öka. Effekten av ökad användning kan sedan innebära en ökad efterfråga för specifika funktioner. Funktionerna är svåra att spekulera kring i dagsläget. Nedan diskuteras hur NCC:s befintliga VDC-system kan förbättras.

NCC Projektportal, som presenteras i Kapitel 2.1.2, ger möjlighet till enklare och effektivare hantering av digital information och för portalen finns goda utvecklingsmöjligheter. En idé som redan är under utveckling är att lansera NCC Projektportal som applikation för surfplattor och smartphones. I applikationen skulle en visualiseringsmotor kunna integreras och erbjuda möjligheten att visualisera 3D-modeller direkt från projektportalen utan extra hantering av filer. Projektportalen, som är en molntjänst, skapar då möjligheten till visualisering i alla existerande enheter med internetuppkoppling. Implementering av den utvecklade applikationen skulle innebära att alla med behörighet till projektet och tillgång till en smartphone, kan utföra en enkel visualisering eller kontrollera en ritning direkt i mobiltelefonen. Det som kan vara en liten fara är att yrkesarbetarna tar för mycket frihet och arbetsledaren tappar på så sätt kontrollen då han mer sällan blir tillfrågad om ritningar eller modellen.

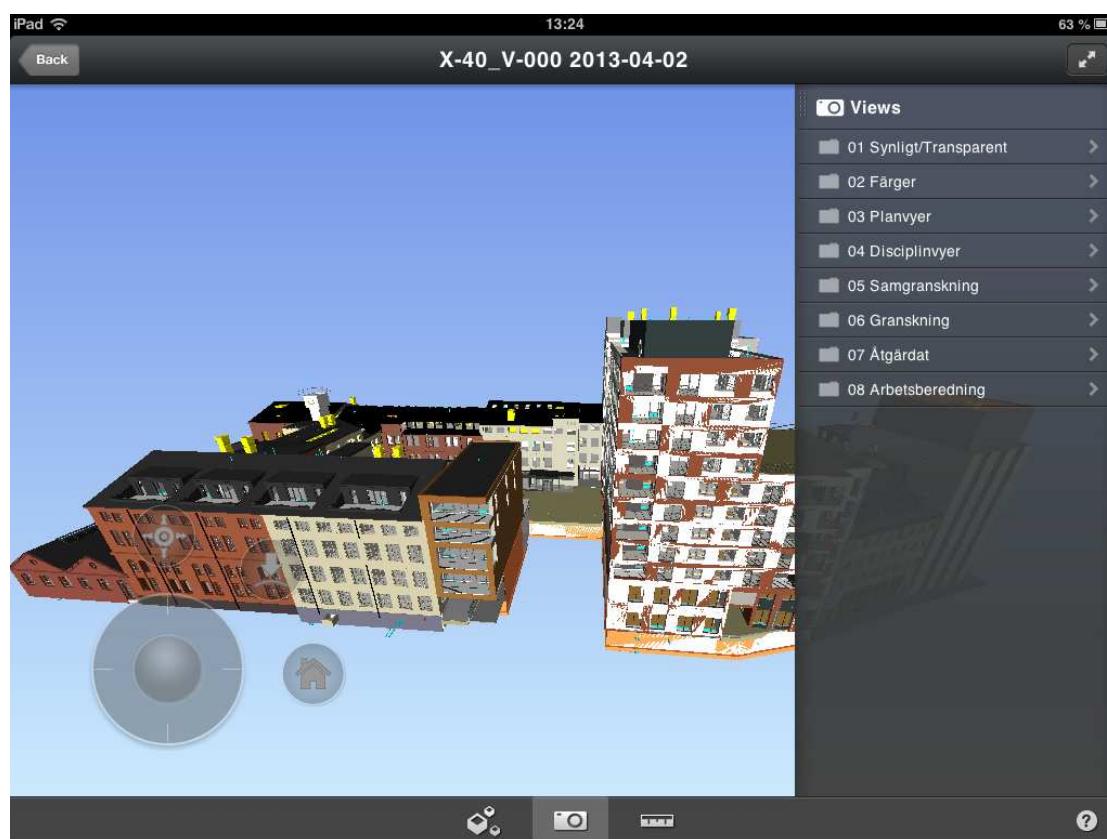
En annan systemlösning med stor utvecklingspotential är "Framtidspusslet" som presenterades i Kapitel 8.9. Systemet är tänkt att automatisera informationsflödet, och göra informationen tillgänglig för alla operativsystem och enheter, vilket är en stor förbättring och bör öka användandet av VDC. Exempelvis skapas alla ritningar för projektet automatiskt då modellen checkas in, något som skulle lösa de problem som Alizadeh berättar om i Kapitel 8.7. Framtidsplanerna med koppling till CAD-PM, som nämns i Kapitel 8.9, bör utvecklas för att säkerställa att konstruktörerna följer CAD-PM, något som uttrycktes som ett problem vid VDC-mötet med Växhusens projektledning. Vad som är viktigt med Framtidspusslet för att det ska accepteras av personalen är att det, precis som visionen, fungerar helt automatiskt och felfritt. Skulle systemet i slutändan kräva mänskliga kontroller kommer troligtvis användandet aldrig ta fart. Det är viktigt att "Framtidspusslet" och NCC Projektportal utvecklas gemensamt mot samma mål för att båda ska få bra genomslag.

Programmet med färgkodningssystemet som Bergljung berättat om placeras för tillfället under framtida användningsområden. Färgkodningssystemet känns som en bra idé för att strukturera arbetet, både gällande tidsuppföljning och samlad information i form av besiktningssmärkningar och rumsbeskrivningar. För tillfället är programlösningen alldeles för komplicerad och tidskrävande. Då goda kunskaper behövs inom Navisworks och Excel samt mycket handpåläggning krävs är programmet långt ifrån optimerat för produktionspersonal. Funktionerna som erbjuds är däremot ett välkommet tillskott i produktionen och ses som en självklarhet att fortsätta utveckla. Steg ett borde vara att undvika att flera olika program behöver användas. När funktionerna blir samlade i ett eget program eller en applikation, blir det mer användarvänligt och applicerbart i produktionen. När programmet dessutom integreras med NCC Projektportal och "Framtidspusslet" kommer NCC ha skapat ett användbart och användarvänligt produktionsverktyg för att effektivisera produktionen.

## 9.5.2 Förslag på applikation för bärbar enhet

Under examensarbetets gång har en idé vuxit fram om en applikation ämnad för surfplattor. Idén bygger mycket på de visualiseringsprogram som finns för surfplattor just nu. Den närmsta liknelsen blir Autodesk's applikation BIM 360 Glue, som går att läsa om i Kapitel 3.2.7, då den innehåller stora delar av idén. Grunden ligger i att förenkla och förbättra 3D-visualiseringen. Från intervjuerna i Kapitel 8 har det framkommit att det finns problem med att navigera i modellen. En enkel navigering baserad på ett naturligt användargränssnitt, se Kapitel 4, är styrkan i applikationen.

I dagsläget då exempelvis ett installationsrum ska visualiseras, används Navisworks eller Solibri. För att få en bra bild skapas en box eller en sektion på det som ska visualiseras. Alternativet är att navigera genom modellen in till det rummet. Båda sätten att göra det kan vara en utmaning för en yrkesarbetare vilket kan göra att programmet inte används. Lösningen på problemet blir att i applikationen ha en flik eller rullgardinsmeny som kommer från sidan likt den i Figur 3.



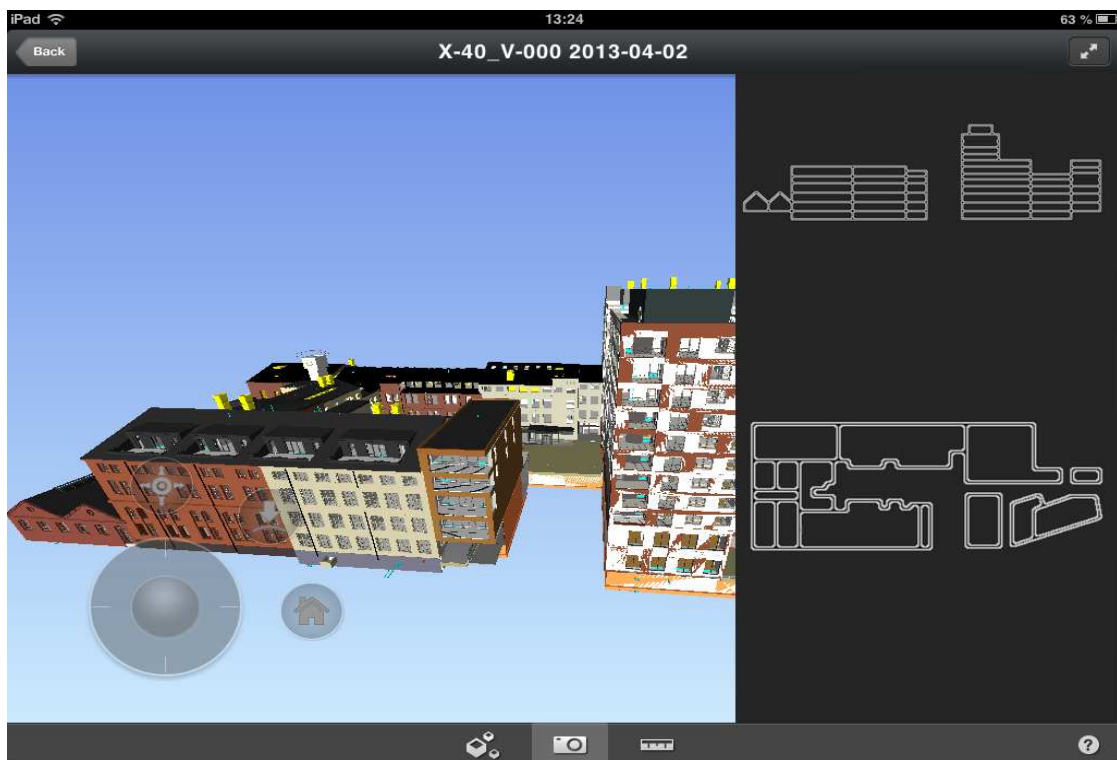
Figur 3. Skärmdump från Autodesk BIM 360 Glue.

Fliken är uppdelad i en övre och en nedre del. Båda delarna är kopplade till modellvyn och det går att klicka direkt i delarna. En av delarna består av en ritning över vilka våningsplan byggnaden har, likt en sektionsritning och den andra delen består av en planritning. Graphisoft's applikation BIMx, Kapitel 3.2.10, har en liknande lösning med en planritning som visar placering i modellen men saknar funktionen att klicka i planritningen, se Figur 4.



Figur 4. Skärmdump från Graphisofts BIMx.

För att enkelt komma till en plats i modellen väljs först våningsplan och i det aktuella våningsplanet väljs sedan önskat rum, se principen i Figur 5. Modellvyn i applikationen uppdateras då till den önskade platsen.



Figur 5. Fotomontage av applikationsförslag.

En ”ångra-knapp” som snabbt möjliggör att backa ett steg är ett måste för att användarna inte ska behöva oroa sig för att göra fel, en funktion som beskrivs som viktig i Kapitel 4. Utifrån det valda rummet kan antingen verktyg som orbit, pan, zoom eller walk användas. Verktygen är vanliga navigeringsfunktioner som finns i exempelvis Navisworks. En surfplatta med gyro erbjuder möjligheten för användaren att rotera plattan i rummet, en funktion som redan finns på BIM 360 Glue. När väl modellvyn står i den önskade platsen finns en funktion för att enkelt spara och ge namn åt vyn.

En viktig del i applikationen är att förbättra renderingshastigheten. Applikationer som BIM 360 Glue och BIMx är prestandakrävande och om enheten inte möter kraven resulterar det i att delar av modellen släcks under navigering. Modeller som inte renderar korrekt leder ofta till irritation hos användaren och modellen kan kännas opålitlig eftersom objekt försvinner under navigering. Tekniken för att lösa problemet finns redan, vilket Johansson berättar i Kapitel 8.4. Johansson har i princip redan löst problemet med sin BIM-viewer, se Tabell 1 i Kapitel 3.2. Att förbättra renderingshastigheten är viktigt för att skapa en ökad känsla av pålitlighet i modellen, och därmed bör intresset för att använda modellen öka.

Förbättringar som nämns ovan handlar om att göra applikationen användarvänlig men för att den ska få genomslag måste känslan av nytta finnas, något som nämnts i Kapitel 6. Ytterligare funktioner måste därför finnas i applikation, exempelvis mätfunktionen som finns i BIM 360 Glue. Mätfunktionen måste förbättras så att den blir lättare att använda och pålitligare. Applikationen kan även ha en flik, likt de som nämnts ovan, som innehåller 2D-ritningar i PDF-format som är kopplade till orienteringen i modellen. Exempelvis skulle detaljritningar som är kopplade till objekt inom tio meters radie finnas som förslag under fliken. Ritningarna under fliken byts ut och anpassas efter läget i modellen.

Applikationens användarvänlighet bör bli god eftersom den bygger på NUI-baserade operationer. Genom att klicka sig fram till platsen med hjälp av begränsade val, som nämnts i Kapitel 4, blir navigeringen väldigt enkel. Enkelheten borde innebära att alla kan använda applikationen oavsett vana och kunskap i att navigera. Applikationen skulle kunna kopplas ihop med de programvaror som NCC håller på att utveckla som möjliggör att ritningar och rumsbeskrivningar kopplas ihop med en orientering i modellen. Rumsbeskrivningar och ritningar skulle kunna finnas på en liknande flik som den i Figur 3.

Användarvänligheten borde innebära att även personer med vana skulle spara tid genom att använda applikationen. I Kapitel 9.1.2 visas ett exempel på de ekonomiska besparingar som kan göras då en surfplatta används och om applikationen utvecklas och används kan besparingarna bli ännu större.

Enligt NCC kan ingen utveckling av applikationer genomföras i egen regi, vilket Lindvall nämner i Kapitel 8.9, men för NCC som vill fortsätta vara världsledande och i dagsläget arbetar med utveckling av interna system känns det som att utveckling av en applikation är fullt möjligt. Applikationsutveckling är kostsamt att driva i egen regi, men NCC lägger mycket pengar på utvecklingen av VDC och det känns som att pengar finns för att driva utvecklingen framåt. Beaktas de tidsbesparingar som kan göras ses det som tillräckligt incitament för fortsatt utveckling. Alternativet är att de åtminstone borde sätta press på Autodesk att utveckla sin applikation BIM 360 Glue.

## 10 Slutsats

Examensarbetet syftar till att undersöka hur implementeringen av VDC i produktionsfasen kan förbättras, samt utreda vad som krävs för att VDC ska användas i större utsträckning. Utifrån syftet har fördjupning gjorts inom följande frågeställningar: *Vad kan VDC användas till ute i produktionen? Hur ska VDC implementeras på ett effektivt sätt? Vilka digitala enheter bör användas i produktionen? Vilka programvaror är användarvänligast och lämpligast?* Slutsatsen är strukturerad i underrubriker efter dessa frågeställningar.

### 10.1 Vad kan VDC användas till ute i produktionen?

Efter diskussion kring användning av VDC ute i produktionen, kan det konstateras att metoden har många potentiella användningsområden. För att användningen ska accepteras av alla och öka i nytta finns däremot hinder, främst i form av att hitta användarvänliga programvaror med automatiserade informationsflöden. De användningsområden som framkommit i intervjuer och genom litteratur är:

- Visualisering av 3D-modell – underlättar kommunikationen och kan minska antalet fel.
- Måttagning – för exempelvis utsättning.
- Kollisionskontroller (utförs främst i projekteringen) – minskade utgifter desto tidigare fel upptäcks.
- APD-planer i 3D – visar framtida disponering av arbetsplatsen för god framförhållning och säkerhet.
- Digital hantering av dokument – sparar tid och underlättar hanteringen.
- Digitala ritningar – minskar antal utskrivna pappersritningar.
- Mängdtagning och materialföreteckningar från 3D-modell – för snabbare och enklare framtagning av material som ska beställas eller var det ska placeras.
- 4D- och 5D-simuleringar – kan ge ökad förståelse för framdriften och därmed förbättrad tidsplanering och säkerhet.

### 10.2 Hur ska VDC implementeras på ett effektivt sätt?

Att undersöka hur implementering av VDC ska ske på ett effektivt sätt, har under genomförandet av examensarbetet visat sig vara svårt att definiera. Att teoretiskt bedöma någonting som effektivt, speciellt då inga referenser existerar, anses inte rimligt. Frågan borde istället formulerats för hur VDC ska implementeras. VDC är för många i byggbranschen ett nytt begrepp och arbetssätt. För att undvika stora motsättningar från personal och ekonomiska förluster för företaget bör implementeringen av VDC ske i etapper. I början ska alla som är intresserade av VDC uppmuntras till användning. Genom att några personer använder metoden blir personerna i närheten introducerade och förhoppningsvis nyfikna på fortsatt användande. En viktig del av examensarbetet var att skapa en implementeringsstrategi som är applicerbar på alla projekt oavsett storlek. Strategin är baserat på sju faser och redogörs utförligare i Kapitel 9.4.

- Fas 1 - Stöd från operativa ledningen.
- Fas 2 - Surfplattor och BIM-kiosk i produktionen för att öka intresset.
- Fas 3 - Utbildning av personal.
- Fas 4 - VDC-specialister på projekten.
- Fas 5 - Deltagande vid samgranskningsmöten.
- Fas 6 - Uppföljning och erfarenhetsåterföring.
- Fas 7 - Total implementering.

Fas fyra och fas fem behöver inte följa ordningen utan bör påbörjas direkt då intresse finns. Genom att följa den presenterade strategin bör implementeringen bli ekonomiskt hållbar och undvika stort motstånd från personal mot arbetsmetoden.

### 10.3 Vilka digitala enheter bör användas i produktionen?

Under genomförandet har främst två typer av digitala enheter ansetts lämpliga ute i produktionen. De valda enheterna är surfplatta och BIM-kiosk, vilka har olika användningsområden och riktar sig mot olika användare.

*Surfplattor* är smidiga och lätta, vilket gör dem enkla att bära med sig runt byggarbetsplatsen. De innehåller ett användargränssnitt som baseras på touchbaserade applikationer. Nackdelarna med surfplattor är att de är känsliga för stötar, damm, kyla och hög värme, vilket innebär att de måste hållas under uppsikt, och därmed främst lämpar sig för exempelvis arbetsledare och platschefer. En annan nackdel är att de ofta har sämre prestanda än en stationär dator.

Rekommendationen är att surfplattor ska användas i någon form på alla nya byggnadsprojekt. Intervjuer har visat på att surfplattor kan minska behovet av utskrivna ritningar, och därmed finansieras surfplattan helt eller delvis av de besparingar som görs av utskrifter. Personal som använder surfplatta i produktionen har uppskattat att de sparar 0,5-1,5 arbetstimmar per dag genom att alltid bära med sig informationen. Ett exempel i Kapitel 9.1.2 påvisar att de ekonomiska besparingarna som surfplattorna kan innebära uppgår till 96 000 kronor per år och användare.

*BIM-kiosk* är tåligare och mer anpassad för det hårda klimatet i produktionsmiljön än vad en surfplatta är, vilket innebär att den med fördel kan placeras nära arbetet som ska utföras. Eftersom det har fastslagits att surfplatta är det mest lämpade för arbetsledare, anses BIM-kiosken främst rikta sig mot yrkesarbetarna. En del brister som måste åtgärdas finns beskrivna i Kapitel 9.1.1, bland annat enklare programvaror, bättre mobilitet samt högre kunskap och intresse hos yrkesarbetare. Innan de är bearbetade anses kiosken inte redo för implementering. När yrkesarbetare framöver kan använda BIM-kiosken själva blir enheten ett bra verktyg i produktionen, främst genom att minska arbetsbördan på arbetsledare.

### 10.4 Vilka programvaror är användarvänligast och lämpligast?

För att välja en lämplig programvara till produktionen måste det först fastställas vad som är de viktiga funktionerna. Efter genomförda intervjuer har visualisering visat sig

vara det största användningsområdet. Med fokus på visualisering har lämpliga programvaror valts och dessutom har en vision för en framtida applikation skapats i Kapitel 9.5.1.

Till surfplatta har applikationen BIM 360 Glue visat sig mest lämpad i produktionen. Flertalet visualiseringsapplikationer har testats under examensarbetet, och det som var utmärkande för BIM 360 Glue är att sparade vyer från Navisworks finns tillgängliga i applikationen. Applikationen har även möjligheten att styra visualiseringen med hjälp av surfplattans inbyggda gyro. Genom användandet av de två nämnda funktionerna bli navigering och visualisering enkelt och bör kunna användas av alla efter en kort introduktion.

För NCC:s BIM-kiosk, som fungerar på samma sätt som en stationär dator, finns idag inte möjligheten att använda applikationer och touchbaserade programvaror, vilket borde eftersträvas i framtiden. I nuvarande situation rekommenderas att BIM-kiosken innehåller de samgranskningsprogram som flest personer är bekväma med. För NCC innebär det i de flesta fall Navisworks, men alternativ är exempelvis Solibri eller Tekla BIMsight.

## 10.5 Summering

Avslutningsvis har examensarbetet visat på att det finns många aspekter som kan förbättras och utvecklas för att öka användandet av VDC i produktionen. Några av de viktigaste delarna presenteras nedan.

- Ekonomiskt stöd från den operativa ledningen.
- Enklare programvaror och applikationer.
- Ökad möjlighet till utbildning.
- Konkreta beskrivningar för nytta och vinster med VDC.
- Erfarenhetsåterföring mellan projekt angående användning av VDC.
- System för automatisk uppdatering och synkronisering av 3D-modeller och bygghandlingar.

## Referenser

- Adobe. (2013) *3D PDF technology*. [www.adobe.com](http://www.adobe.com). (2013-02-23).
- AEC (2013) *NCC lägger framtidspusslet*. [http://www.aec.se/wp-content/uploads/2013/03/AEC\\_referens\\_NCC.pdf](http://www.aec.se/wp-content/uploads/2013/03/AEC_referens_NCC.pdf). (2013-04-17).
- Autodesk a. (2013) *Autodesk-Building Information Modeling-About BIM*. [www.autodesk.com](http://www.autodesk.com) . (2013-02-12).
- Autodesk b. (2013) *Autodesk Revit-produkter*. [www.autodesk.se](http://www.autodesk.se). (2013-02-23).
- Autodesk c. (2013) *BIM 360 Field*. [www.bim360field.com](http://www.bim360field.com). (2013-02-23).
- Autodesk d. (2013) *Autodesk BIM 360 Glue*. [www.autodesk.com](http://www.autodesk.com). (2013-04-18).
- Azhar, S. Hein, M. Sketo, B. (2008) *Building Information Modeling: Benefits, Risks and Challenges*. Auburn Alabama: Auburn University.
- Azhar, S. (2011) Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, vol. 11, no. 3, pp. 241-252.
- Blake, J. (2010) *Natural User Interfaces in .NET*. Shelter Island, NY: Manning Publications Co.
- Bommer, W. H., Rich, G. A., & Rubin, R. S. (2005) Changing attitudes about change: Longitudinal effects of transformational leader behaviour on employee cynicism about organizational change. *Journal of Organizational Behavior*, 26, 733-753.
- Carmitchel, J. (2013) What is a Tablet PC. *Intel*. [www.intel.com](http://www.intel.com). (2013-03-04).
- CIFE. (2013) *Mission /Center for Intergrated Facility Engineering*. <http://cife.stanford.edu/mission>. (2013-05-07).
- Dawood, N. N. et. al. (2005) 'The virtual construction site (vircon) tools: An industrial evaluation', *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 10, pp.43-54.
- Fischer, M. Hudgens, D. Mourgues, C. (2007) *Using 3D and 4D models to improve jobsite communication – Virtual huddles case study*. Los Angeles: Stanford University.
- Graphisoft a. (2013) *ArchiCAD*. [www.graphisoft.com](http://www.graphisoft.com). (2013-04-08).
- Graphisoft b. (2013) *BIMx for Archicad*. <http://www.graphisoft.com/products/bim-explorer/>. (2013-04-08).
- Howard, R., Björk, B-C. (2007) Building information modeling – Experts' views on standardisation and industry development. *Advanced Engineering Informatics*, vol. 22, pp. 271-280.



- Issa, R. Wu, W. (2012) BIM-Enabled Building Commissioning and Handover. *Computing in Civil Engineering*, ss. 237-244.
- Johansson, M. Roupé, M. (2012) *Real-Time Rendering of large Building Information Models*. CAADRIA 2012, Beyond Codes & Pixels, Chennai, India, 17 pp. 647-656. ISBN/ISSN: 978-988-19026-3-4.
- Kunz, J. & Fischer, M. (2012) Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions. *Stanford University - Center for Integrated Facility Engineering* 14:e upplagan.
- Miller, M. (2009) *"Cloud Computing: Web-Based Applications That Change the Way You Work and Collaborate Online"*. Indianapolis: Que Publishing.
- Modulus Consulting. (2013) BIM kiosk for field implementation. *Modulus Consulting*. [www.modulusconsulting.com/bimkiosk](http://www.modulusconsulting.com/bimkiosk). (2013-04-12).
- National Institute of Building Sciences. (2012) *bSa NBIMS FAQ* <http://www.buildingsmartalliance.org/index.php/nbims/faq/>. (2013-02-12).
- Norman, D A. (2010) Natural user interfaces are not natural. *Interactions*. 17, 3, 6 -10.
- NCC a. (2012) Virtuellt Byggande på NCC, Internt kunskapsdokument.
- NCC b. (2013) Om NCC, [www.ncc.se](http://www.ncc.se). (2013-03-04).
- NCC c. (2013) Virtuellt byggande, VDC och 3D-modeller-NCC, [www.ncc.se](http://www.ncc.se). (2013-05-06).
- NCC d. (2013) En gemensam bild effektiviserar-Virtuellt byggande för byggnader, Internt presentationsmaterial.
- NCC e. (2013) Arbetsmetoder för VDC arbetsplats, Internt kunskapsdokument.
- NCC f. (2013) NCC projektportal – kort introduktion, Internt presentationsmaterial.
- NCC g. (2013) VB-nytt 3, Internt nyhetsbrev.
- Pollak, K. (2001) *Att välja glädje: En bok om att få ett bättre liv*. Viborg: Hansson och Pollak Förlag.
- SketchUp. (2013) *Sketchup*. [www.sketchup.com](http://www.sketchup.com). (2013-02-23).
- SmartBoard. (2013) *SMART Board i skolan. Smart Board*. [www.smartboard.se/skola](http://www.smartboard.se/skola). (2013-04-12).
- Solibri. (2013) *Solibri Model*. [www.solibri.com](http://www.solibri.com). (2013-02-23).
- Tekla. (2013) *Tekla BIMsight Home Page*. [www.teklabimsight.com/](http://www.teklabimsight.com/). (2013-04-08).
- The Verge. (2013) *Natural user interface is a red herring, what we really need is a Dyson sphere*. <http://www.theverge.com/2011/08/03/natural-user-interface-red-herring-dyson-sphere/>. (2013-03-15).

Vico Office. (2013) *Vico Office Suite*. [www.vicosoftware.com](http://www.vicosoftware.com). (2013-02-23).

Wanberg, C. R., & Banas, J. T. (2000). Predictors and outcomes of openness to changes in a reorganizing workplace. *Journal of Applied Psychology*, 85(1), 132-142.

Yukl, G. (2005). *Leadership in organizations* (6:e upplagan). New Jersey: Pearson Education, Inc.

### **Muntliga källor**

Maziar Alizadeh (Arbetsledare avdelning hus, NCC) intervjuad av författarna den 8 mars 2013.

Marcus Bergljung (Teknisk specialist, NCC) intervjuad av författarna den 23 april 2013.

Björn Beskow (Projekteringsledare, NCC) intervjuad av författarna den 15 april 2013.

Karl-Magnus Hake (Entreprenadingenjör, NCC) intervjuad av författarna den 1 mars 2013.

Mikael Johansson (Forskningsingenjör, Chalmers tekniska högskola) intervjuad av författarna den 3 maj 2013.

Adam Lennartsson (Installationssamordnare, NCC) intervjuad av författarna den 15 april 2013.

Josef Lindqvist (VDC-specialist och regional handledare för NCC Projektportal, NCC) intervjuad av författarna den 5 mars 2013.

Patrik Lindvall (Chef construction IT-Applications, NCC) intervjuad av författarna den 16 april 2013.

Niklas Melin (Arbetsledare, NCC) intervjuad av författarna den 15 april 2013.

Kenneth Rosengren (Platschef, NCC) intervjuad av författarna den 15 april 2013.

Elisabeth Strand (Platschef, NCC) intervjuad av författarna den 15 april 2013.

Per Öberg (Projekteringsledare, NCC) intervjuad av författarna den 1 mars 2013.

