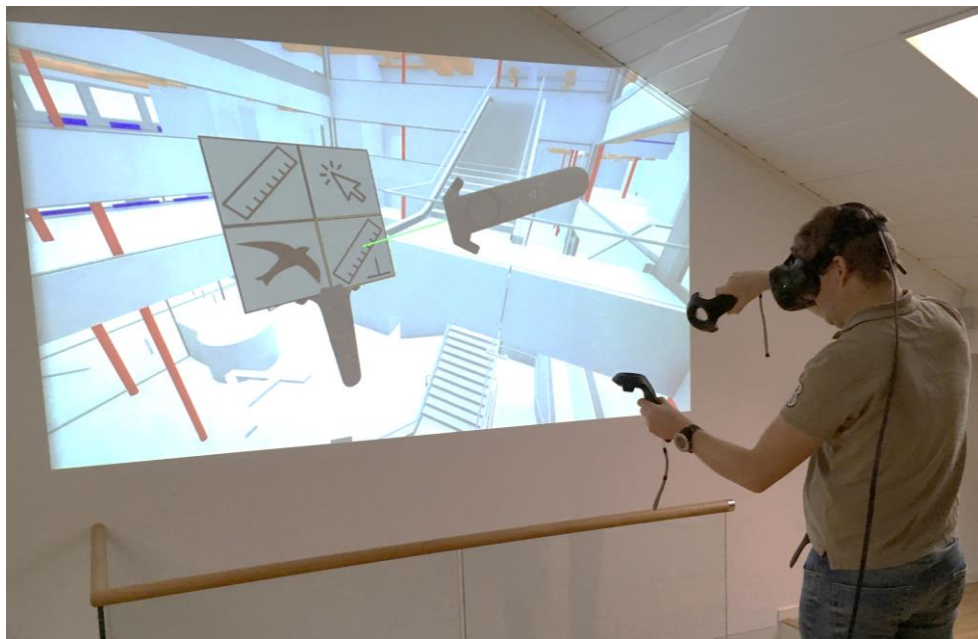


VIRTUELL PRODUKTIONS MODELL I SKALA 1:1 PÅ BYGGARBETSPLATSEN



Mattias Roupé, Chalmers Tekniska Högskola
Mikael Johansson, Chalmers Tekniska Högskola
Mikael Viklund Tallgren, Chalmers Tekniska Högskola
2017-01-23

FÖRORD

Denna rapport presenterar resultatet från ett genomfört FoU-projekt som undersöker möjligheten med att använda Virtuell Produktions Modell i skala 1:1 på byggarbetsplatsen.

Ett varmt tack riktas till de nätverk, organisationer och individer som bidragit till genomförandet av projektet som lett till denna rapport.

- *Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF) och Centrum för Management i Byggsektorn (CMB)* som båda har finansierat förstudien
- *FoU-Väst* utskott inom Sveriges Byggindustrier och BIM Management-gruppen inom CMB för stöttning, diskussioner under projektet.
- Medverkande företag var NCC, Peab, Skanska.
- Examensarbetarna Fredrik Jörnebrant och Petru Andrei Tomsa som undersökte användandet av VR-glasögonen under SCA-projektet.
- Alla företag och personer som har medverkat i intervjuer och tester av de framtagna prototyperna.

Göteborg, Januari, 2017

Mattias Roupé

SAMMANFATTNING

Denna rapport presenterar resultatet från ett genomfört FoU-projekt som undersöker möjligheten med att utveckla en BIM-viewern för att tillgängliggöra BIM modellen och dess information för yrkesarbetare och arbetsledning ute på byggarbetsplatsen genom att visualisera modellen och informationen i skala 1:1 på ett användarvänligt sätt. Den vidareutvecklade BIM-viewern, BIMXplorer, utnyttjar 3D-visualisering (interaktiv visualisering/Virtual Reality) och BIM-modellen. FoU-projektets intervju- och observationsstudie visar att VR-systemet bidrar till:

- Bättre förståelse och rumsuppfattning
- Stödjer bättre beslutsfattning och problemlösning i projekteringen
- Verktyg för att stödja arbetsberedning och planering

Det slutliga användargränssnittet presenteras i följande filmer:

[Användargränssnittet HTC-Vive](#)

[Användargränssnittet Oculus Rift Touch](#)

[Exempel på tillämpning: Planering av montage - Installation](#)

(Filmerna finns även på: <http://bimlabs.chalmers.se/#/scale1-1>)

I sin förlängning ger detta bättre informationsspridning, underlättad kommunikation, bättre förståelse och mindre missförstånd och feltolkningar av ritningar etc. De nämnda punkterna bidrar i slutändan till ökad produktivitet och effektivitet i byggproduktionen.

NOMENKLATUR

Byggnads Informations Modeller (BIM) – en digital representation av ett byggprojekt dvs. en objektbaserad modell som innehåller 2D-3D-geometri och information kopplat till byggprojektet.

BIM-viewer – en programvara som visualiserar BIM-modellen i 3D.

BIMXplorer – namnet på den utvecklade BIM-viewern i detta FoU-projektet.

IFC (Industry Foundation Classes) - är ett neutralt och öppet filformat som möjliggör informationsutbyte mellan olika BIM-program och andra mjukvaror inom bygg och förvaltning.

Virtual Reality (VR) - innebär att visualiseringen av 3D-modellen genereras i realtid dvs. användaren kan utan begränsning uppleva och navigera fritt runt i modellen.

INNEHÅLL

| | |
|--|-----------|
| INTRODUKTION | 5 |
| SYFTE | 7 |
| GENOMFÖRANDE | 8 |
| BAKGRUND | 9 |
| BYGGNADS INFORMATIONS MODELLER..... | 9 |
| <i>BIM-viewer</i> | 9 |
| <i>VR-glasögon</i> | 10 |
| RESULTAT | 12 |
| BIMXPLOERER | 12 |
| <i>VR-glasögon</i> | 13 |
| UVÄRDERING AV BIMXPLOERER OCH VR-GLASÖGON PÅ BYGGARBETSPLATSEN | 15 |
| <i>Bättre förståelse och rumsuppfattning med hjälp av VR-glasögonen</i> | 16 |
| <i>Stödjer bättre beslutfattning och problemlösning i projekteringen</i> | 17 |
| <i>Verktyg för att stödja arbetsberedning och planering</i> | 18 |
| VIDAREUTVECKLING AV ANVÄNDARGRÄNSSNITT I VR..... | 19 |
| SLUTSATSER | 23 |
| FRAMTIDA ARBETE | 24 |
| REFERENSER | 25 |

INTRODUKTION

Kommunikation och informationsutbyte i byggbranschen har varit mer eller mindre baserade på ritningar och beskrivningar. Men i och med införandet av Byggnads Informations Modeller (BIM) ser vi nu hur digitala 3D modeller kan användas för att representera och visualisera ett byggprojekt. Dessa digitala modeller (BIM-modeller) kan innehålla inte bara information om byggnadens geometri utan kan också innehålla information om komponenters namn/produkt ID, mängder (så som löpmeter, area, volym) samt information om material, ingående delars koppling till varandra etc. En BIM-modell kan ses som en stor databas där ritningar är ett sätt att presentera informationen den innehåller. Studier har dock visat att ritningar kan vara svårtolkade, vilket kan leda till feltolkningar och byggfel ute i produktionen (Sars & Tolmé, 2013). Andra studier har visat att man ofta gör avkall på detalj- och sektionsritningar då dessa kan vara kostsamma att ta fram och att det kan vara svårt att definiera och välja ut vilka som är de viktiga snitten för de olika yrkesgrupperna ute i byggproduktionen (Roupé et al. 2014).

Ovan nämnda problematik kan delvis lösas genom att använda BIM-modellen och 3D-visualisering. Dock används denna modell och teknik primärt i projekteringsstadiet och möjligheten att utnyttja denna information aktivt på byggarbetsplatsen är i dagsläget begränsad. Anledningen till detta är att de programvaror som hanterar BIM-modeller är svåra att använda samt att det inte finns verktyg som är anpassade för byggarbetsplatsen. I de projekt där BIM-modellen faktiskt används, tillämpas de främst av arbetsledningen och utföraren av det slutliga arbetet har oftast inte tillgång till BIM-modellen. Detta gör i sin tur att inte BIM-modellen och dess information inte når den faktiska utföraren av det slutliga arbetet. Samtidigt har studier visat att det finns en vilja bland yrkesarbetare och tjänstemän att använda 3D-visualisering och BIM-modeller ute på byggarbetsplatsen (Böregård & Degerman, 2013; Roupé et al. 2014; Sars & Tolmé, 2013). Dock ställer denna typ av användare höga krav på att användargränssnittet är enkelt hos programvaran som hanterar BIM-modellen (Böregård & Degerman, 2013). Man inser därigenom att mycket information förloras mellan projekteringen och byggproduktionen. Genom att tillgängliggöra BIM-modellen för utföraren av arbetet ute på byggarbetsplatsen, skulle denna person själv kunna välja och ta del av information som kan förbättra förståelse och därigenom underlättar införandet av arbetet.

En förstudie som genomfördes våren 2014 visade att yrkesarbetare (ventilation och sprinkler) i fallstudien saknade viktiga detalj- och sektionsritningar för sina installationer då dessa bedömts alltför kostsamma att producera och även svåra att bestämma i projekteringskedet. Genom att ge dem tillgång till en BIM-modell erhöll de bättre förståelse för arbetsmomenten och även hur dessa arbetsmoment påverkar andra yrkesgrupper (Roupé et al. 2014). Med hjälp av visualisering av BIM-modellen (se Figur 1) kan den visuella informationen förmedlas utan att generera någon extra kostnad kopplad till projektet. I samband med den praktiska övningen efterfrågade de intervjuade yrkesarbetarna möjligheten att även kunna få information kopplat till de olika komponenterna. Informationen som efterfrågades var dimensioner, produkt ID/namn, material. Att ta mått i modellen var också ett önskemål samt att modellen skulle vara färgkodad efter vilken yrkesgrupp som utförde arbetet. Möjligheten att filtrera modellen genom att släcka och tända andra yrkesarbetares komponenter/modeller ansågs också önskvärd. Under intervjuerna fick försökspersonerna testa att navigera omkring i BIM-modellen för det aktuella projektet.

Navigeringsmöjligheten och visualiseringen i skala 1:1, möjliggjordes av BIMXplorer (en BIM-viewer som sedan tidigare har varit under utveckling på Construction Management, Chalmers), ett par VR-glasögonen och en powerpointpresentationsenhet, se Figur 1. Användarvänligheten och enkelheten att navigera i modellen är två av de viktigaste delarna för att tillgängliggöra användandet av BIM-modellen ute på byggarbetsplatsen. Gensvaret från detta test hos Peab var mycket positivt och man såg VR-glasögonen som ett framtida arbetsredskap ute på byggarbetsplatsen. Tester på byggarbetsplats hos NCC har också validerat denna respons.



Figur 1. Med hjälp av VR-glasögon kan arbetsledare och yrkesarbetare enkelt navigera omkring i BIM-modellen i skala 1:1 för att få bättre förståelsen av arbetsmomenten och därigenom få effektivare planering och utförande av arbetsmomentet.

SYFTE

Syftet med projektet var att vidareutveckla konceptet som togs fram under förstudien (Roupe et. al. 2014) dvs. - en BIM-viewer för att tillgängliggöra BIM modellen och dess information för yrkesarbetare och arbetsledning ute på byggarbetsplatsen genom att visualisera modellen och informationen i skala 1:1 på ett användarvänligt sätt. Mer specifikt skulle detta projekt vidareutveckla arbetssättet och prototypen som togs fram till ett mer färdigt och anpassat verktyg för byggarbetsplatsen.

Detta skulle kunna bidra till:

- enklare tillgång till information relaterade till specifika arbetsmoment
- bättre förståelse för de fysiska installationerna
- bättre förståelse för arbetsmomenten och hur dessa påverkar andra yrkesgrupper

Vilket i sin tur möjliggör:

- bättre arbetsberedning
- effektivare planering och utförande av arbetsmoment
- färre krockar mellan arbetsmoment och yrkesgrupper
- färre feltolkningar av ritningar och dokument
- färre byggfel
- färre byggarbetsplatser

GENOMFÖRANDE

Projektet genomfördes i samarbete mellan NCC, Peab, Skanska och Chalmers, avdelning Construction Management, samt med stöd och stöttning av FoU-Väst. De tekniska metoder och lösningar som togs fram utvärderades och testades kontinuerligt i cirka 30 byggprojekt utspridda i landet. Projekt och dess integrering och användning av VR-glasögon i projektering och i byggproduktion har fått stor genomslagskraft i branschen bland annat använder NCC tekniken dagligen i ett antal byggprojekt runt om i Sverige. För att nämna några företag som har använt de utvecklade prototyperna är NCC, Skanska, Peab, Zynka BIM, Serneke, Sweco, Västfastigheter, Sisab och Liljewalls. En djupare utvärdering med intervjuer och observationer gjordes våren 2015 på byggarbetsplatsen av SCA-huset (kontorsbyggnad) i Mölndal (NCC). I denna utvärderingsstudie intervjuades 9 personer som representerar; Byggherre, Fastighetsägare, Fastighetsansvarig, Arkitekt, VDC-koordinator, Konstruktör, Platschef, Montering arbetsledare, Stål arbetare/montörer.

I projektet finns ett antal fördjupningsområden som har behandlats och undersökts. *Användargränssnitt* är den mest vitala, där användaren skall stå i centrum. Tanken är att användargränssnittet skall vara så enkelt som möjligt och skall ta tillvara på användarens färdigheter vilket gör det möjligt för icke IT-utbildad personal att hantera användargränssnittet. Till användargränssnittet ställs höga krav på ”verktygen” som skall stödja yrkesarbetarna. Nedan nämns några verktyg som har utvecklats för att stödja användaren (resultat från förstudie, Roupe et al. 2014 samt dialog med användare under projektets gång):

- Support för laddning av IFC-filer
- Infogning och sammanslagning av olika IFC-filer (yrkesgrupp)
- Filtrering och färgkodning av modellen efter yrkesgrupp
- Ta mått i modellen
- Välja/markera objekt i modellen
- Filtrera och hämta ut BIM-information såsom material, produkt namn/ID, dimension etc.

BAKGRUND

Här ges en introduktion till viktiga begrepp för projektet. Initialt beskrivs BIM med fokus på användandet av information och mängder.

Byggnads Informations Modeller

Utvecklingen i branschen går allt mer från 2D ritningar till 3D modeller. Detta öppnar upp för ett helt nytt fält med parametriska 3D modeller som kan innehålla mängder av information kopplat till ett objekt utöver ren geometrisk data. Begreppet för denna typ av informationsberikade modeller är ofta Byggnads Informations Modeller (BIM). BIM-modeller innehåller inte bara information om byggnadens geometri utan kan också innehålla information om vikt, längd för byggnadsdelar, information om material, ingående delars koppling till varandra med mera. En BIM-modell är en stor databas där ritningar och visualisering av 3D-modellen bara är ett sätt att presentera delar av informationen som den innehåller. För att sammanfatta det hela har bland annat det amerikanska institutet National Institute of Building Sciences gett ut en standard där de definierar BIM som *en digital representation av fysiska och funktionella attribut hos en byggnad*.

Studier har visat att ritningar kan vara svårtolkade, vilket kan leda till feltolkningar och byggfel ute i produktionen (Sars & Tolmé, 2013). Andra studier har visat att man ofta gör avkall på detalj- och sektionsritningar då dessa kan vara kostsamma att ta fram och att det kan vara svårt att definiera och välja ut vilka som är de viktiga snitten för de olika yrkesgrupperna ute i byggproduktionen (Roupé et al. 2014). Ett sätt för att komma runt dessa problem är att använda BIM-modellen som informationsbärare och tillverka produktionsvyer utifrån denna. Projekt där 2D-ritningar som informationsbärare frångåtts har genomförts och ett exempel på ett sådant projekt är Rölforsbron över Arbogaån. Detta är ett projekt som Trafikverket genomförde, där de valde att helt frångå 2D-ritningar. Rölforsbron genomfördes 2012/2013 och är ett av de första projekten som genomförts i Sverige med modellen som underlag (Trafikverket, 2013).

BIM-viewer

En BIM-viewer är en applikation som kan visualisera BIM-modeller i realtid, dvs. att användaren kan navigera omkring och undersöka modellen. Kraven på en sådan applikation är dock högre än vad man initialt kan tro. Även om processorer och grafik kort kontinuerligt blir allt snabbare innehåller kompletta BIM-modeller ofta alldeles för många objekt och detaljerad geometri för att kunna visualiseras i realtid med konventionella metoder. Dessutom skall BIM-viewern kunna läsa in BIM-modeller från olika BIM-system och oftast ha stöd för att länka in flera modeller från olika yrkesgrupper/ discipliner. Detta görs oftast i dag via en IFC-filer. IFC filformatet är en öppen standard för att utbyta information mellan BIM-system.

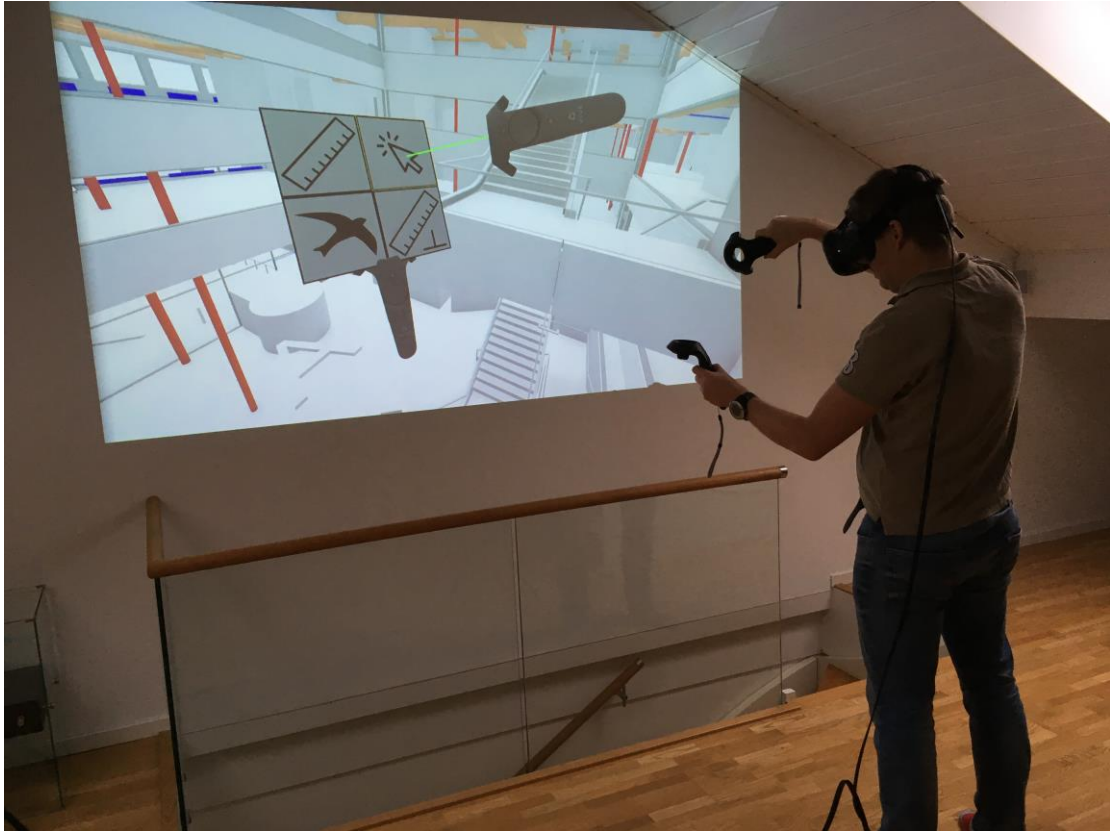
VR-glasögon

VR-glasögonen möjliggör stereoseende och jämfört med tidigare produkter inom detta segment erbjuder de större synfält och högre upplösning samtidigt som de innehåller hårdvara för att kunna erhålla användarens huvudrörelser och därigenom veta åt vilket håll i en virtuell miljö som betraktaren tittar. I början av detta projekt användes Oculus Rift Development Kit 2 (Figur 2).



Figur 2. Oculus Rift Development Kit 2 sett framifrån med handkontroll för navigering.

Det är dessa VR-glasögon som intervju- och observationsstudien har byggt på. Under hösten 2016 släpptes nya konsumentversioner av VR-glasögon vilket har gett större möjligheter till att interagera med VR världen. I tidigare konsumentversioner fanns det en begränsning som innebar att användaren var tvungen att sitta eller stå relativt stilla. Med de nya konsumentversionerna följde även ett trackersystem som används för att registrera användarens huvudrörelser och rörelser av de medföljande två kontroller/joystickarna. Detta gör att användaren nu kan interagera med VR världen genom att använda dessa kontroller och kroppsrörelser. I senare delen av projektet har HTC-Vive och Oculus Rift Touch används, se figur 3.



Figur 3. Med HTC-Vive och Oculus Rift Touch kan användaren interagera med VR världen (BIM modellen) genom att använda kroppsrörelser och de medföljande handhållna kontrollerna.

RESULTAT

Detta projekt vidareutvecklade prototypen och arbetssättet, som togs fram under förstudien (Roupe et. al. 2014), till ett mer färdigt och anpassat verktyg för byggarbetsplatsen. Detta bidrar till bättre informationsspridning, underlättad kommunikation, förståelse och färre missförstånd och feltolkningar av ritningar etc.

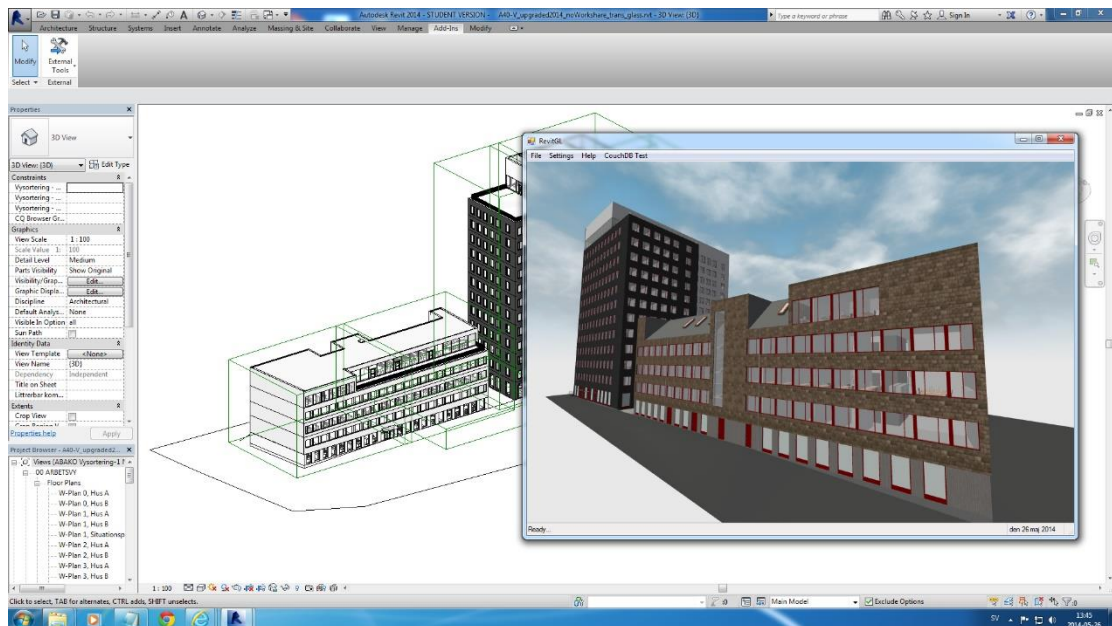
I detta kapitel presenteras den första prototypen av VR-systemet med efterföljande resultat från en intervju- och observationsstudie från ett byggprojekt där VR-systemet användes. Efter detta presenteras resultat från implementeringen av HTC-Vive och Oculus Rift Touch konsumentversioner. I dessa versioner finns det större möjlighet att erbjuda interaktion med VR-miljön dvs. BIM-modellen i skala 1:1.

BIMXplorer

Sedan tidigare har en BIM-viewer med primärt syfte att kunna hantera komplexa BIM-modeller i realtid utvecklats internt på Construction Management, Chalmers. Det som är unikt med BIMXplorer jämfört med andra system är att den kan hantera mycket större och mer detaljerade (BIM-)modeller utan någon manuell bearbetning eller optimering.

Enkelt uttryckt så utnyttjar denna BIM-viewer en teknik som sällan används i traditionella BIM-verktyg idag, nämligen det faktum att alla objekt i en BIM-modell inte är synliga samtidigt, utan ofta är skymda av andra objekt, dvs. står man i ett rum så ser man inte vad som är i nästa rum om det inte finns ett fönster eller en dörr till det rummet. Från varje given vy punkt kan BIM-viewern alltså snabbt identifiera vilka objekt som INTE är synliga och lägger sedan datorkraft endast på synliga objekt, med ökad bilduppdateringsfrekvens och interaktivitet som resultat. Jämfört med övriga alternativ på marknaden, såsom BIMSight eller Solibri, är den Chalmersutvecklade viewer mellan 10-20 gånger snabbare och kan således hantera stora och komplexa BIM-modeller i realtid (Johansson et al. 2013, Johansson et al. 2013, Johansson & Roupé 2012, Johansson et al 2014, Johansson et. al 2015, Johansson 2016, Johansson 2016).

BIM-viewern är implementerad som ett plugin till Revit, och när viewer-kommandot körs så öppnas ett nytt fönster där ”visualiserings-versionen” av modellen blir synlig efter att all geometri/data lästs från Revits ”interna” databas, se Figur 4.



Figur 4. BIM-viewern är implementerad som ett plugin till Revit, och när viewer-kommandot körs så öppnas ett nytt fönster där "visualiserings-versionen" av modellen blir synlig.

Från pluginet finns även möjlighet att spara en fil innehållande all modelldata, vilket gör det möjligt att visualisera modellen i en fristående version av BIM-viewern (utan beroende av Revit). Detta föll sig naturligt i och med att den befintliga BIM-viewern möjliggjorde extrahering av all geometri och BIM-data från Revit. I de fall då berörd disciplin använt sig av ett annat projekteringsprogram än Revit, så kan IFC-filer exporteras från gällande projekteringsmiljö (t.ex. MagiCad) och sedan importeras dessa in i BIMXplorers. IFC-filerna importeras in i BIM-viewern med hjälp av The xBIM Toolkit (Lockley 2017) som är ett open source-bibliotek för att läsa och tolka IFC-filer. IFC-support är något som har prioriterats i projektet p.g.a. att det efterfrågades i projekten.

Både IFC- och Revit-modeller utnyttjar typiskt det faktum att en komplett byggnad består av många objekt som är av samma typ, fast placerade på unika ställen (ex: en specifik fönstertyp finns på flera ställen i en byggnad).

I och med detta så kan man, rent datamässigt, "återanvända" den geometriska representationen av fönstertypen på alla ställen där den är placerad. På så sätt kan man utnyttja datorns minne bättre vilket gör BIM-modellen snabbare att öppna och hantera i BIM-viewern.

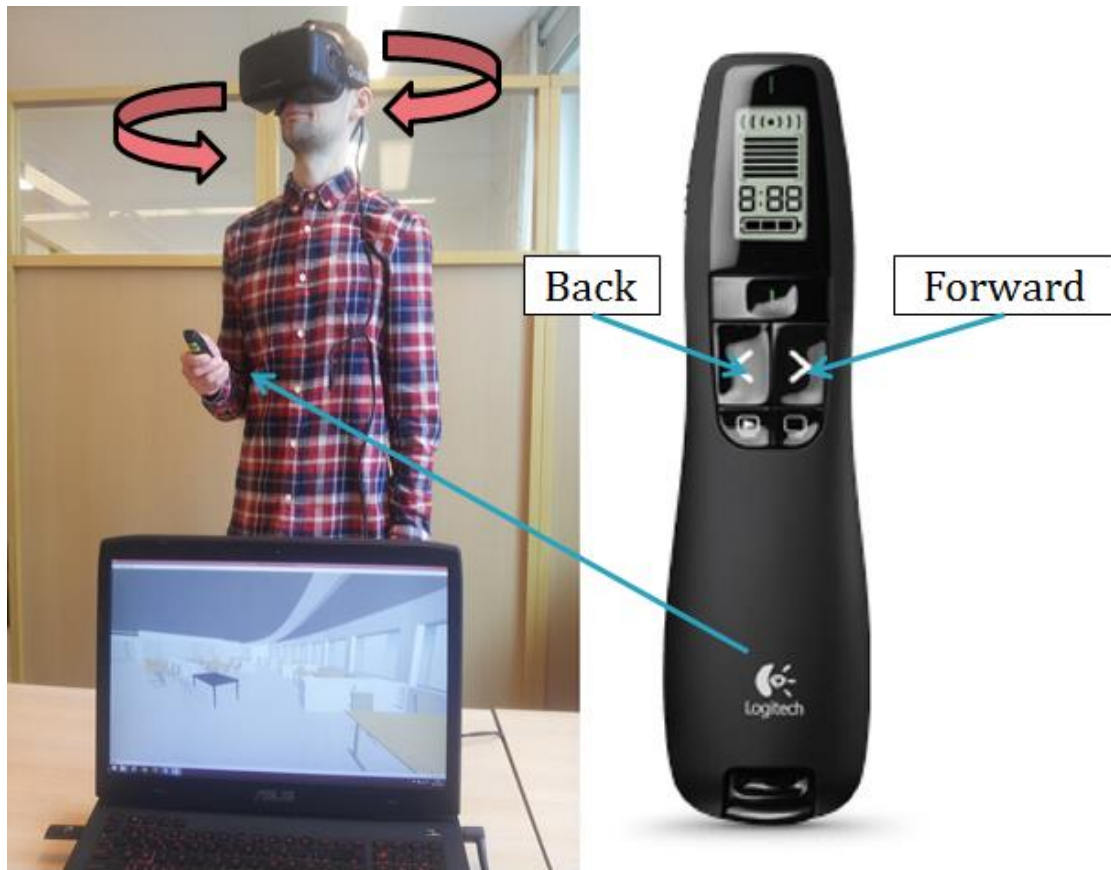
VR-glasögon

Under den senare delen av projektet dvs. under hösten 2016 släpptes även de slutgiltiga konsumentversionerna av VR-glasögonen, HTC-Vive och Oculus Rift Touch. De nya systemen kommer med ett trackersystem, dvs. ett system som läser av användarens rörelser i rummet. De nya systemen har även två kontroller som är kopplade till trackersystemet, vilket gör det möjligt för användaren att fysiskt använda sina armar och sin kropp för att på ett naturligt sätt kunna interagera med BIM-modellen i skala 1:1. Dessa nya konsumentversioner av VR-glasögon ger större möjligheter att enkelt kunna välja/markera objekt och hämta BIM-information från dessa objekt, eller att ta olika typer av mått i modellen.

Inom ramen för denna studie har stöd för VR-glasögonen implementerats i den Chalmersutvecklade BIM-viewern, BIMXplorer. Under detta arbete så blev det också tydligt hur viktigt det är med en BIM-viewer som kan erbjuda hög prestanda i form utav bilduppdateringsfrekvens (s.k. frame rate). I och med att det är huvudrörelserna som bestämmer var användaren tittar i modellen är det väldigt viktigt att BIM-viewern beter sig responsivt för att undvika åksjuka hos användaren. För detta krävs en bilduppdateringsfrekvens på 90 Hz. Utöver detta behov tillkommer kravet på BIM-viewern att generera två unika bilder, en för varje öga, för att användaren skall erhålla stereoseende. Detta innebär att BIM-viewern måste generera 180 bilder per sekund för att god användarkomfort skall åstadkommas. När det gäller den Chalmersutvecklade BIM-viewern har stor vikt lagts på att erbjuda god prestanda även för stora BIM-modeller. Tack vare detta så kan uppdateringsfrekvensen som VR-glasögonen kräver uppfyllas även för stora BIM-modeller. En tidigare studie visar att ingen av de på marknaden förekommande BIM-viewerna (Solibri, Naviswork, BIMSight) klarar av kravet på 180 bilder per sekund i stereo för stora BIM-modeller (Johansson et al. 2013, Johansson et al. 2013, Johansson & Roupé 2012, Johansson et al 2014, Johansson et. al 2015, Johansson 2016, Johansson 2016).

Användandet av VR-glasögon gör dock traditionella sätt att navigera i 3D-modeller, såsom med mus och tangentbord, svårare att bemästra. Eftersom användaren inte kan se någonting ”i verkligheten” då de har VR-glasögonen på sig, blir till synes enkla uppgifter, som att trycka på rätt tangenter på tangentbordet eller att ”hitta” musen, en utmaning. För väldigt erfarna ”piloter” som dagligen navigerar i 3D-modeller med hjälp av tangentbord och mus, innebär detta inte ett lika stort problem, men för personer med mindre eller ingen erfarenhet blir det ett stort hinder.

Tidigare studier har även visat att navigering med mus och tangentbord inte är det optimala navigeringssättet då en stor kognitiv belastning uppstår då användaren inte är van vid detta navigeringssätt (Roupé et.al. 2014). Utgångspunkten var därför att utveckla ett så enkelt navigeringssätt som möjligt och som tar tillvara användarens tidigare färdigheter. Målet var att icke datorvan personal skulle kunna hantera navigeringen i modellen. Under första delen av projektet (dvs. innan konsumentversioner kom) testades därför ett nytt sätt att navigera med hjälp av en s.k. PowerPoint-fjärrkontroll och VR-glasögon, se Figur 5. Enkelt sett innebär detta gränssnitt att användaren trycker på framåt- resp. bakåt-knappen för att röra sig fram eller bak i modellen, samtidigt som riktningen bestäms av det håll som man för tillfället tittar åt.



Figur 5. Navigeringen i modellen realiserades genom att användaren trycker på framåt- resp. bakåt-knappen för att röra sig fram eller bak i modellen, samtidigt som riktningen bestäms av det håll som man för tillfället tittar åt.

Under studien, våren 2015, testades detta gränssnitt ute på byggarbetsplats. Trots att användarna hade ingen eller väldigt liten erfarenhet av att arbeta med, eller navigera i 3D-modeller, kunde de röra sig bekymmersfritt i modellen och betrakta dess ingående komponenter med hjälp av VR-glasögonen och ”fjärrkontrollen”.

Utvärdering av BIMXplorers och VR-glasögon på byggarbetsplatsen

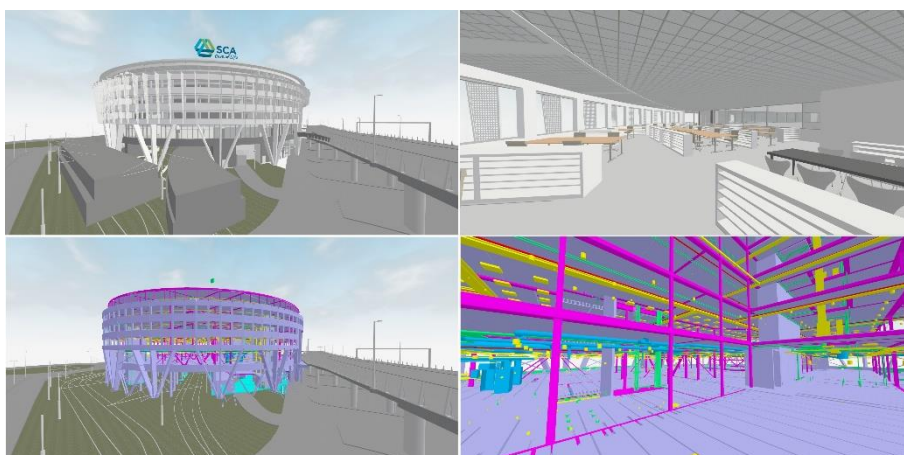
Som nämndes tidigare utvärderades den första prototypen våren 2015 på byggarbetsplatsen av SCA-huset (kontorsbyggnad) i Mölndal (NCC). Under denna utvärderingsstudie intervjuades 9 personer som representerar; Byggherre, Fastighetsägare, Fastighetsansvarig, Arkitekt, VDC-kordinator, Konstruktör, Platschef, Montering arbetsledare, Stålarbetare/montörer.

I denna del presenteras resultaten från denna utvärdering kortfattat. För mer ingående läsning hänvisas läsaren till (Roupé et al. 2016).

I detta skede hade BIMXplorers support för:

- Läs in IFC-filer
- Infogning och sammanslagning av olika IFC-filer (yrkesgrupp)
- Filtrering och färgkodning av modellen efter yrkesgrupp

Under SCA-projektet fanns tillgång till VR-glasögonen på byggarbetsplatsen.



Figur 6. Bilder tagna från SCA-modellen. De övre bilderna visar hur kontorsbyggnaden ser ut när endast arkitektur BIM-modellerna är inlästa. Bilderna längst ner visar bilder från BIM-modellen med de sammanslagna IFC-modellerna från de olika yrkesgrupperna. Dessa färgkodades efter disciplin och yrkesgrupp.

Bättre förståelse och rumsuppfattning med hjälp av VR-glasögonen

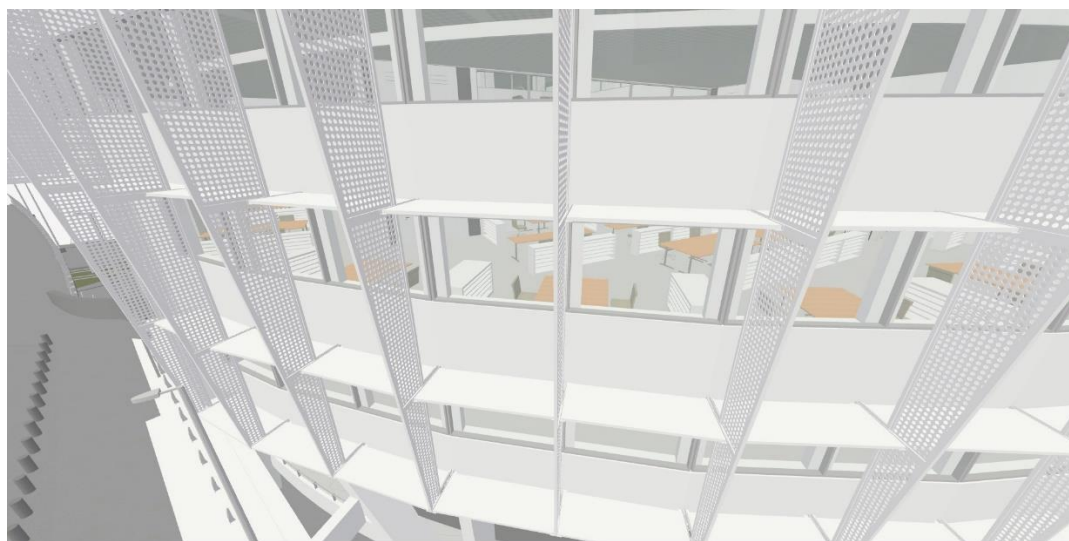
Arkitekten uttryckte att denna typ av visualisering kan vara ett bra sätt att kommunicera och dela med sig och förmedla designidéer till sina medarbetare och kunder. Arkitekten nämnde också att denna typ av visualisering var ett bra hjälpmedel/metod när man utformar och testar och försöker förstå rum och rummets proportioner. Dessutom nämnde arkitekten att denna typ av visualisering också skulle kunna stödja beslutsfattandet när man överväger en viss lösning. Som exempel nämndes att de hade haft stora diskussioner om trapporna i entrén/lobbyn och att dessa diskussioner och frågor skulle ha kunna underlättats om VR-systemet hade varit tillgängligt. Dessutom uttryckte arkitekten att denna typ av visualisering ger en annan nivå av uppfattning och förståelse i skala 1:1 av utrymmena. Vidare förklarade arkitekten att detta bidrar till att förstå hur stora eller små rum måste vara, hur föremål/möbler passar in i rummet. Denna nivå av uppfattning är svårt att uppleva i andra typer av visualiseringar.

Byggherre och *fastighetsägare* nämnde att VR-glasögonen skulle vara ett bra kommunikationsverktyg då kunden och hyresgäster ofta har svårt med att tolka och förstå 2D-ritningar. Byggherren och fastighetsägaren förklarade vidare att uppfattningen och förmågan att förstå rum och dess storlek är antagligen en av de viktigaste funktionerna med VR-systemet.

Platschefen nämnde att denna typ av visualiseringsverktyg hjälper till att förstå detaljer i projekteringen. Denna typ av visualiseringsverktyg ger en annan nivå av förståelse och upplevelse av rum vilket är svårt att förstå och tolka i andra typer av visualiseringsmedier. Han uttryckte även att detta antagligen kommer bli ett vanligt verktyg i framtiden.

Stödjer bättre beslutsfattning och problemlösning i projekteringen

VR-systemet introducerades i SCA-projektet under ett projekteringsmöte. I detta projektet utfördes projektering och produktion till stor del "parallellt", med en viss förskjutning. Systemet kom till användning direkt då en stor diskussion pågick under projekteringsmötet angående utformningen av solavskärmningen på huset. Arkitekten argumenterade för att solskyddspanelerna var alltför stora och att de skulle blockera vyn för mycket och upplevas som "en keps när personalen sitter inne på kontoret", se Figur 7. Samtidigt skulle solskyddspanelerna användas vid fönsterputsning. Det skulle vara möjligt för en fönsterputsare att stå och gå på solskyddspanelerna vid rengöring av fönsterna. Vilka dimensioner och utformning av panelerna skulle denna funktion då kräva?



Figur 7. Genom att uppleva solavskärmningen i VR-systemet kunde deltagarna under projekteringsmötet komma till konsensus och lösa utformningen av solskyddspanelerna.

Genom att använda VR-systemet kunde de olika deltagarna i projekteringsmötet undersöka och testa hur solskyddspanelerna skulle upplevas i sin naturliga skala 1:1.

Alla som fick utvärdera och testa solskyddspanelerna var förvånade över hur VR-systemet gav en annan och ny nivå av upplevelse och rumsuppfattning och förståelse av detaljerna och rummet, vilket är svårt att uppleva i andra typer av visualiseringar och medier. En observation var när platschefen undersökte och testade möjligheten att putsa fönstret med hjälp av VR-systemet. Under detta test gick han på solskyddspanelerna och testade möjligheten att komma i mellan de vertikala panelerna och byggnadens fasad. Under detta test observerades det att han faktiskt drog in magen när de passerade den vertikala panelen. Denna typ av beteende visar att han var helt involverad och närvarade av den virtuella miljön.

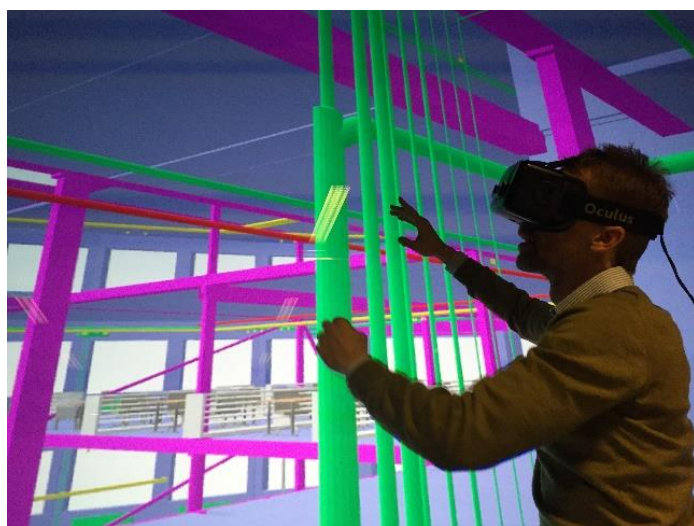
Under intervjun senare förklarade platschefen att användningen av VR-systemet och BIM-modellen i skala 1:1 skapar en bättre förståelse för projekteringsproblem, vilket kan förkorta beslutfattandet under denna processen. Platschefen uttrycker även att om vi skulle ha haft VR-systemet tidigare kunde vi ha sparat mycket timmar och pengar.

Verktyg för att stödja arbetsberedning och planering

Platschefen beskrev under intervjun att VR-systemet ger ett mer naturligt sätt att uppleva och förstå hur olika delar skall utformas och hur man skall montera dem, jämfört med visualisering på skärm. Vidare nämnde även konstruktören detta, dvs. *"Platschefen kan se konstruktionen i skala 1:1 och sedan hitta problem eller lösningar om hur man tillverkar eller monterar detaljer"*.

Arbetsledaren för montering av prefab kom till nya insikter när han använde VR-systemet. Upptäckten kom när han använde sig av konstruktionsmodellen i kombination med arkitektens modell innehållande innertak. Genom att visa dessa två modellerna samtidigt, var det lättare att förstå vart skarvar i prefab-betongelementen skulle bli synliga. Han nämnde också att om arbetarna kan se modellen i början av projektet, kan deras kunskap ge feedback och påverka konstruktionen på ett bättre sätt, så att den passar ihop och fungerar bättre när det gäller montering. Detta nämndes även av stålmontörer/svetsare som använt VR-systemet under projektet.

Det som kunde observeras då stålarbetarna använde VR-systemet var att de genast begav sig och navigerade till den plats i modellen som de för närvarande utförde arbete och montage på, och påbörjade diskussioner om konstruktionsmodellen och dess ståldelar. Vidare förklarades att VR-systemet skapar en djupare förståelse för hur monteringsarbetet från olika discipliner påverkar varandra. I detta sammanhang, var modellen färgkodad efter yrkesgrupp och det finns möjlighet att filtrera modellen efter vad betraktaren är intresserad av dvs. dölja/visa andra yrkesgruppers modeller, se Figur 8. Detta lyftes upp som en fördel av användarna då varje disciplin kunde fokusera på sina uppgifter och ansvar, men att de också hade möjligheten att få en överblick av andras discipliners arbete och ansvar.



Figur 8. Filtrering och färgkodning av modellen efter vad betraktaren var intresserad av underlättade för användaren.

Både stålarbetare och arbetsledaren för montering betonade att VR-systemet kan vara ett naturligt verktyg för att använda dagligen på byggarbetsplatsen. Platschefen, VDC-koordinatören, och konstruktören nämnde också att de såg VR-systemet som ett naturligt verktyg. De nämnde alla att mest nytta med VR-systemet är för personer som har svårt att tolka och förstå ritningar.

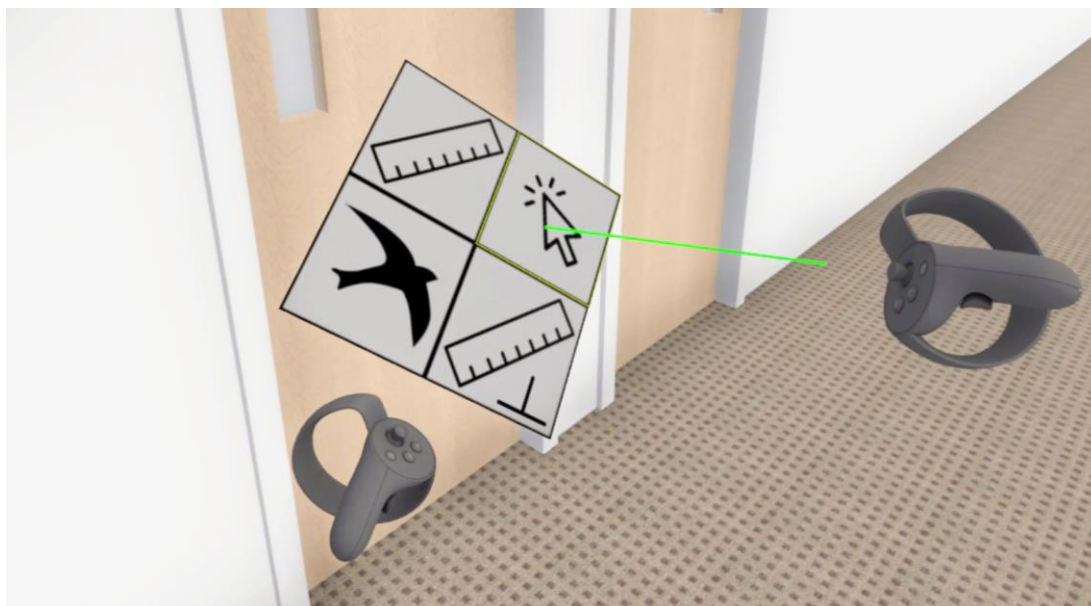
Vidareutveckling av användargränssnitt i VR

Konsumentversionerna av de nya VR-systemen inkluderade även en ny typ av handkontroller vilket öppnar helt andra möjligheter för interaktion med BIM-modellen i VR. Precis som själva VR-glasögonen, så trackas även kontrollernas position och orientering, vilket gör att man kan få in dessa som synliga 3D-objekt i VR-världen på rätt position i förhållande till användaren (se Figur 9). För närvarande finns stöd för både HTC Vive samt Oculus Rift tillsammans med Oculus Touch. Kontrollerna för båda dessa system är snarlika med en s.k. ”avtryckare” på varje kontroll samt en tryckplatta eller joystick för upp/ner/vänster/höger tryck.



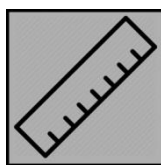
Figur 9: Kontrollerna för HTC Vive (vänster) samt Oculus Rift (höger) så som de visas i VR.

När det gäller utvecklingen av användargränssnittet så har de möjligheter som kontrollerna erbjuder försökts utnyttjats till fullo. Detta kräver dock ett helt annat tänk än vad som är vanligt när man utvecklar traditionella användargränssnitt som utnyttjar mus och tangentbord. Själva navigeringen följer samma princip som användes i den initiala prototypen med hjälp av en PowerPoint fjärrkontroll. Genom att trycka upp eller nere på kontrollens tryckplatta (eller joystick), förflyttas användaren fram eller bak i den riktningen som man tittar. Skillnaden är att om man gör det på båda kontrollerna samtidigt så flyger man snabbare, vilket var en egenskap som efterfrågades under förstudiens utvärdering på byggarbetsplatsen. Då vissa användare även har uttryckt en önskan om att kunna förflytta sig i sidled så har detta implementerats genom höger-/vänstertryck på tryckplattan. Denna funktionalitet är dock inte aktiverad i nuläget då vi upplever att det kan finnas ökad risk för ”åksjuka” vid sidledsrörelser. Huruvida detta stämmer får framtida studier visa. När det gäller övrig interaktion så innefattar den föreslagna lösningen för prototypen en ”verktygspalet” som användaren får upp när man håller in ”avtryckaren” på den ena kontrollen (Figur 10). Denna palett följer sedan med kontrollen under användarens rörelser precis som en konstnär som håller en färgpalett. Med hjälp av den andra kontrollen kan användaren sedan peka på det verktyg som den vill använda för stunden med en laserstråle.



Figur 10: Verktygspaletten och laserstrålen

Alternativt så kan man använda denna laserstråle till att visa andra personer (som betraktar modellen på datorskärmen eller en projektor) vad man syftar på i en viss diskussion. Genom att trycka in och släppa upp avtryckaren på den andra kontrollen väljs det verktyg som man pekar på. Detta förfarande följer samma princip som ett traditionellt musklick, vilket aktiverar kommandot först när knappen på musen släpps upp. I grundläget är inget verktyg valt och man befinner sig i navigeringsläget (fågelikonen). När ett verktyg är valt och blir aktiverat, så används den andra kontrollen för att interagera med verktyget, ex. vis för att mäta avståndet mellan två punkter i modellen. Man avslutar verktygen genom att välja ett annat verktyg eller navigeringsläget. Detta utgör stommen i användargränssnitten och kan i princip expanderas till hur många olika interaktionsverktyg som helst. I och med knapparna på kontrollen så går det att låta användaren ”bläddra” mellan olika verktygspaletter vilket gör att man inte, rent implementeringsmässigt, blir tvungen att få in alla verktyg på en palett. För tillfället finns tre verktyg implementerade – mäta avstånd mellan godtyckliga punkter i modellen, mäta vinkelräta avstånd från en yta, samt markera och få information om ett BIM-objekts egenskaper. Dessa verktyg beskrivs lite mer ingående nedan:



Mätverktyget:

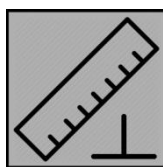
Med detta verktyg får användaren upp en ny informationspanel på den andra kontrollen. På denna panel visas sedan avståndet mellan två godtyckliga punkter som användaren siktar på och väljer med avtryckaren på den andra kontrollen. Genom att hålla inne avtryckaren så visas en laserstråle som följer samma riktning som kontrollen. När avtryckaren släpps upp väljs den punkt som laserstrålen pekar på. Då två punkter valts bildas en linje mellan dessa och avståndet visas på panelen (Figur 11). Så länge som mätverktyget är aktivt repeteras detta förfarande.



Figur 11: Användning av mätverktyget.

Under tiden som ett verktyg är aktivt så kan användaren fortfarande navigera i modellen genom tryckplattan på den första kontrollen. På detta sätt kan vissa verktyg använda sig av ytterligare funktionalitet genom att utnyttja tryckplattan på den andra kontrollen (verktygskontrollen).

:



Vinkelräta mätverktyget:

Detta verktyg är likt det tidigare mätverktyget, med skillnaden att användaren bara väljer en godtycklig punk på en yta i modellen. Baserat på ytans orientering så skapas en ny stråle/linje. Denna stråle är vinkelrät i förhållande till ytan och "skjuts ut" i 3D-modellen tills den träffar en annan yta (Figur 12). Längden på strålen visas sedan på panelen. Detta mätverktyg är framförallt till för att mäta kortaste avståndet mellan två ytor, ex.vis avståndet mellan väggarna i en korridor eller avståndet mellan golv och tak i ett utrymme.



Figur 12: Användning av det vinkelräta mätverktyget.



Välja objekt:

Med detta verktyg så kan användaren välja ett objekt i 3D-modellen och få dess egenskaper (PropertySets) visade på panelen. Om ett objekt har fler än ett PropertySet så kan användaren ”bläddra” mellan dem genom att trycka höger/vänster på tryckplattan. Varje ”sida” kommer då att visa ett PropertySet.



Figur 13: Val av objekt och visning av dess egenskaper (PropertySets).

Som redan nämnts är detta ett användargränssnitt som lätt kan expanderas med ytterligare verktyg utan att för den sakens skull bli mindre konsekvent. Genom att använda tryckplattan på den första kontrollen kan man låta användaren bläddra mellan olika verktygspaletteer. På samma sätt kan själva verktygen göras mer sofistikerade genom att också utnyttja tryckplattan på verktygskontrollen, så som i fallet med ”bläddrandet” mellan olika PropertySets. Vidare kan man också utnyttja det faktum att användaren interagerar med modellen i verklig skala. Ett bra exempel på detta skulle vara att istället för att det är en 25 x 25 cm informationspanel som följer med kontrollen (som det är nu) så kan man skapa en 30 x 4 cm rektangel med en bild av en 30 cm linjal på. Då denna linjal (eller om man vill ha en tumstock) följer med kontrollen så skulle användaren ges möjlighet att gå omkring och ex.vis mäta dimensioner eller avstånd mellan rör liknande det man gör i verkligheten.

Ovan nämnda användargränssnittet presenteras i följande filmer:

[Användargränssnittet HTC-Vive](#)

[Användargränssnittet Oculus Rift Touch](#)

[Exempel på tillämpning: Planering av montage - Installation](#)

(Filmerna finns även på: <http://bimlabs.chalmers.se/#/scale1-1>)

SLUTSATSER

Vad detta FoU-projekt har visat är att det finns stora möjligheter genom att använda VR-systemet ute på byggarbetsplatsen. Med de nya konsumentversionerna av VR-glasögon, HTC-Vive och Oculus Rift Touch finns det dessutom stora möjligheter med att skapa ett enkelt användargränssnitt där man använder sina armar och sin kropp för att på ett naturligt sätt kunna röra sig i och interagera med BIM-modellen i skala 1:1. Dessa nya konsumentversioner av VR-glasögon ger större möjligheter att enkelt kunna välja/markera objekt och hämta ut BIM-information från dessa objekt, samt att ta olika typer av mått i modellen. Vidare visade intervju- och observationsstudien från byggarbetsplatsen att det finns stor utvecklingspotential för denna typ av VR-system. Specifikt visar studien att VR-systemet bidrar med:

- Bättre förståelse och rumsuppfattning
- Stödjer bättre beslutsfattning och problemlösning i projekteringen
- Verktyg för att stödja arbetsberedning och planering

I sin förlängning ger detta bättre informationsspridning, underlättad kommunikation, ökad förståelse och mindre missförstånd och feltolkningar av ritningar, etc. De nämnda punkterna bidrar i slutändan till ökad produktivitet och effektivitet i byggproduktionen.

FRAMTIDA ARBETE

I ett framtida arbete skulle fokus främst ligga på att utvärdera och vidareutveckla det nya VR-systemet, konsumentversionerna av VR-glasögonen HTC-Vive och Oculus Rift Touch, som har större möjlighet till naturlig interaktion. Utvärderingen skulle fokusera på hur arbetsledning och yrkesarbetare upplever det nya användargränssnittet och verktygen. Vilket mervärde skapar detta gentemot tidigare verktyg och arbetssätt? Hur fungerar mätverktygen i VR-systemet? Är mätverktyget i VR-systemet tillräckligt eller behöver det vidareutvecklas för annan typ av mätning? Behöver man implementera någon form av filtrering av objektens egenskaper (properties) för att göra systemet mer användarvänligt? Vilken information skall i så fall presenteras per yrkesgrupp (dvs. vilken information vill yrkesarbetaren ha för att kunna göra effektivare planering och utförande av arbetsmoment)? Krävs det även möjligheten att tillverka egna snitt i VR-systemet?

Vidare skulle det vara intressant att implementera och utvärdera konceptet med s.k. produktionsvyer, där yrkesarbetarna själva skapar sina egna ”ritningar” genom att sätta ut mått och ta fram information i VR-systemet som de sedan kan exportera från VR-systemet i form av en eller flera bilder. Dessa bilder (eller produktionsvyer) skulle sedan kunna användas som ett komplement till, eller helt ersätta, många av ritningarna.

REFERENSER

- Böregård, N., Degerman, C. (2013). Implementering av Virtual Design and Construction inom husproduktion: Användarvänlighet och användningsområden i produktionsfasen. Chalmers Tekniska Högskola.
- Johansson, M. (2013). Integrating Occlusion Culling and Hardware Instancing for Efficient Real-Time Rendering of Building Information Models. International Conference on Computer Graphics Theory and Applications (GRAPP 2013).
- Johansson, M. (2016). From BIM to VR - The design and development of BIMXplorer. Göteborg : Chalmers University of Technology (Doktorsavhandlingar vid Chalmers tekniska högskola. Ny serie, nr: 4130).
- Johansson, M. (2016) *Efficient Stereoscopic Rendering of Building Information Models (BIM)*. *Journal of Computer Graphics Techniques (JCGT)* (2331-7418). Vol. 5 (2016), 3, pp. 1-17.
- Johansson, M., Roupé, M. (2012). Real-Time Rendering of large Building Information Models. CAADRIA 2012, Beyond Codes & Pixels, Chennai, India, 17 pp. 647-656.
- Johansson, M., Roupé, M. and Viklund Tallgren, M. (2014). From BIM to VR - Integrating immersive visualizations in the current design process, eCAADe 2014, Northumbria, 261–269.
- Roupé, M., Johansson, M., Viklund Tallgren, M., Jörnebrant, F., Tomsa, P. A. (2016). Immersive visualization of Building Information Models - Usage and future possibilities during design and construction, CAADRIA 2016, Living Systems and Micro-Utopias: Towards Continuous Designing, 21, pp. 673-682.
- Johansson, M., Roupé, M. (2009). Efficient Real-Time Rendering of Building Information Models. CGVR09, pp. 97-103.
- Johansson, M., Roupé, M. (2008). Interaktiv visualisering för byggbranschen. SBUF Rapport, 2008.
- Roupé, M., Bosch-Sijtseme, P., Johansson, M. (2014). Interactive navigation interface for Virtual Reality using the human body, Computers, Environment and Urban Systems, 43 pp. 42-50.
- Roupé, M., Johansson, M., Viklund Tallgren M. (2014). Virtuellt Produktions Planering - med hjälp av BIM och visualisering. SBUF Rapport, 2014.
- Roupé, M., Johansson, M., Viklund Tallgren, M., Gustafsson, M. (2012). Using the human body as an interactive interface for navigation in VR models. CAADRIA 2012, Beyond Codes & Pixels, Chennai, India, 17 pp. 79-88.
- Sars, C., Tolmé, S. (2013). Visuellt planering och 3D-visualisering infrastrukturprojekt: Påverkan på kommunikation och informationsflöden. Chalmers tekniska högskola.

Trafikverket. (2013). Vackra Rölforsbron på plats över Arbogaån. Hämtad från
<http://www.trafikverket.se/om-oss/nyheter/nationellt/2013-06/vackra-roforsbron-pa-plats-over-arbogaan/>

Lockley, S. (2017) <http://docs.xbim.net/> (2017-01-02)