



# CHALMERS

---



## Virtuell verklighet för att förbättra arkitekturen

En rapport om VR som verktyg på arkitektkontor

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör

LINN BORCHERT

SOFIA SKOGLUND



EXAMENSARBETE BOMX03-17-05

# Virtuell verklighet för att förbättra arkitekturen

En rapport om VR som verktyg på arkitektkontor

*Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet*

*Byggingenjör*

LINN BORCHERT

SOFIA SKOGLUND

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik  
Avdelningen för Construction Management

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2017

Virtuell verklighet för att förbättra arkitekturen **En rapport om VR som verktyg på arkitektkontor**

*Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet*

*Byggingenjör*

LINN BORCHERTSOFIA SKOGLUND

© LINN BORCHERT & SOFIA SKOGLUND, 2017

Examensarbete BOMX03-17-05 / Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik,  
Chalmers tekniska högskola 2017

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

Omslag:

En person med VR-utrustning och hur det ser ut på datorskärmen när en person är inne i en modell. Samma vy som personen ser i VR-glasögonen.

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, avdelningen för Construction Management  
Göteborg 2017



Virtuell verklighet för att förbättra arkitekturen  
En rapport om VR som verktyg på arkitektkontor

*Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet*

*Byggingenjör*

LINN BORCHERT    SOFIA SKOGLUND

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik  
Avdelningen för Construction Management  
Chalmers tekniska högskola

## SAMMANFATTNING

Efter att en bakgrundsundersökning gjorts bland Sveriges största arkitektföretag angående användning av VR (eng. Virtual Reality, virtuell verklighet) kan det konstateras att kunskaperna i ämnet varierar kraftigt. Rapporten har skrivits i samarbete med White arkitekter AB där VR är ett verktyg som för tillfället endast används av några få intresserade arkitekter. För att implementera VR i projekt krävs det kunskap om hur och när detta kan användas.

Syftet med detta examensarbete är att undersöka hur VR på bästa sätt kan användas i det dagliga arbetet på arkitektkontor. För att följa framtidens teknikutveckling finns ett stort intresse hos White arkitekter AB att ta reda på hur verktyget kan användas både internt mellan medarbetare på kontoret men även externt vid presentation mot kund.

Ett flertal metoder har använts för att skriva denna rapport. I en litteraturstudie har ett flertal artiklar, rapporter och tidigare undersökningar studerats. Där har relevant data valts ut för att jämföras med de resultat som kommit fram i denna rapportens undersökningar.

Två olika undersökningar har genomförts på White arkitekter ABs huvudkontor i Göteborg för att testa hur personer upplever VR. Personerna som medverkade var personal som var intresserad eller nyfiken på VR-tekniken i samband med deras dagliga arbete. Programmen som använts i undersökningarna är Revit och Enscape tillsammans med HTC Vive utrustning. Undersökningarna tar inte hänsyn till ekonomiska eller tekniska aspekter av VR och inte heller hur VR fungerar med mobiltelefon.

Test 1 är ett fältexperiment som handlar om detaljnivå och där har två olika modeller använts. Modell 1 är ett rum och modell 2 en gatuvy. Båda modellerna är indelade i 3 steg där steg 1 är låg detaljnivå och steg 3 hög detaljnivå. Testpersonerna har sedan uppskattat skalan i form av avstånd, längd, bredd och höjd.

I test 2 har en undersökning gjorts som handlar om orientering, rumslighet och siktlinjer där Whites egna projekt använts. Totalt har fem olika projekt testats med varierat antal testpersoner för varje projekt. Alla svarade före testet på vad deras

vision med projektet var och efter testet fick de svara på ytterligare ett antal frågor gällande siktlinjer, rumslighet, orientering och hur de upplevde modellen.

Resultatet av test 1 visar på att detaljnivån i VR påverkar skaluppfattningen. Ju mer detaljer i modellen desto lättare var det att uppskatta rätt skala. Resultatet av test 2 visar på att siktlinjer, orientering i byggnaden och skalor inte uppfattas på det sättet som testpersonerna trott när de utgått från planritningar och 3D-vyer. Felmodellering av byggnadsdelar samt felaktig fönster- och dörrplacering är några exempel på saker som upptäcktes tack vare VR.

Enligt testpersonerna är VR ett mycket användbart verktyg för att granska projekt på arkitektkontor.

Nyckelord: Virtual Reality, VR-glasögon, detaljnivå, skala, avståndsbedömning, upplevelse

Virtual reality as a tool to improve architecture

A report about VR as a tool at architecture companies

*Diploma Thesis in the Engineering Programme*

*Building and Civil Engineering* LINN BORCHERTSOFIA SKOGLUND

Department of Architecture and Civil Engineering

Division of Construction Management

Chalmers University of Technology

## ABSTRACT

A background search about VR (Virtual Reality) among architectural companies in Sweden has been done to establish the knowledge about this subject which turns out to vary greatly. This report has been written in collaboration with White architects AB. At the time only a few interested employees at the company use VR as a tool in their daily work. It requires knowledge about how and when to use VR to implement it in projects.

The purpose of this thesis is to investigate how VR in the best way can be used in the daily work at architecture offices. White architects AB wants to find out how VR can be used both internal and external at the office to keep up with future technology development.

Several methods have been used in this report. A literature study has been done and several articles, studies and reports have been studied. Relevant data has been chosen and compared with the results from the tests in this report.

Two different tests have been done at the head office of White architects AB in Gothenburg to see how people experience VR. The participants were interested and curious employees. Revit and Enscape together with equipment from HTC Vive have been used in the tests. The study does not contain economic and technical aspects of VR and nor how VR works with mobile phones.

Test 1 is a field experiment about detail level and contains two different models. Model 1 is a room and model 2 a street view. Both models have 3 steps. Step 1 has low detail level and step 3 high detail level. The task has been to estimate the scale in terms of distance, length, width and height.

In test 2, focus is on orientation, scale and sight lines. In total, five different projects have been tested with varied numbers of participants. The models are running projects at White architects AB. Everyone answered a question about the vision of the project before the test and after a few questions regarding sight lines, scale, orientation and how they perceived the model.

The result of test 1 shows that the level of detail in VR affects the perception of scale. If the model contained more details it makes it easier to estimate the correct scale. The result of test 2 shows that sight lines, orientation in the building and scale are not perceived in the way the attendants believed when they studied plan drawings and 3D

views. Wrong modeling of building parts and incorrect window and door settings are a few examples of things discovered thanks to VR.

According to the participant employees, VR is a very useful tool for reviewing projects at architectural offices.

Key words: Virtual Reality, VR-headset, detail level, scale, distance estimation, experience

# Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	III
INNEHÅLL	V
FÖRORD	VII
ORDLISTA	VIII
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Frågeställning	2
2 TEORI	3
2.1 VR	3
2.1.1 Utrustning	3
2.1.2 Uppkomst och användningsområden	4
2.1.3 Förutsättningar för användning	4
2.2 Presentationsmetod och visualisering	4
2.2.1 Trohetstrappan	4
2.2.2 Undersökning av presentationsmetoder	7
2.3 Avståndsuppfattning	8
2.3.1 Påverkan av färg	9
2.3.2 Påverkan av skärpa	9
3 METOD	10
3.1 Test 1, Detaljnivå	10
3.1.1 Modell 1, Ett rum	11
3.1.2 Modell 2, En gatuvy	12
3.2 Test 2, Orientering och siktlinjer	13
4 RESULTAT	14
4.1 Resultat test 1	14
4.1.1 Modell 1, Ett rum	14
4.1.2 Modell 2, En gatuvy	17
4.2 Resultat Test 2:	20
4.2.1 Borås psykiatri	20
4.2.2 Östra barnsjukhuset	21
4.2.3 Höghus i Gårda	21
4.2.4 Lägenheter och radhus i Lundbypark	22
4.2.5 Projekt Pseudonym	22

5	DISKUSSION/SLUTSATS	23
5.1	Test 1	23
5.1.1	Modell 1	23
5.1.2	Modell 2	23
5.2	Test 2	24
6	REFERENSER	25
7	FIGURFÖRTECKNING	27
8	TABELLFÖRTECKNING	28

## Förord

Det här examensarbetet har skrivits av två studenter på byggingenjörsprogrammet vid Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg. Utbildningen omfattar 180 högskolepoäng där examensarbetet motsvarar 15 högskolepoäng och har pågått från januari 2017 till juni 2017. Arbetet har utförts på institutionen för *arkitektur och samhällsbyggnadsteknik*, i samarbete med White arkitekter AB.

Ett stort tack riktas till vår handledare och examinator på Chalmers, Mattias Roupé. Vår handledare på White Gustav Skarin, kontaktpersoner på Whites kontor i Göteborg samt alla testpersoner som deltagit. Vi vill även tacka White som har tillhandahållit med datorer, VR-utrustning och modeller samt tacka våra opponenter Fabian Lundgren och Olle Rhodin.

Tack vare detta examensarbete har våra kunskaper fördjupats inom VR samt de program som krävs för att använda VR. Vi har även fått en klarare bild av hur arbetet med VR på arkitektkontor kan fungera.

Göteborg, Maj 2017  
Linn Borchert & Sofia Skoglund

# Ordlista

- VR** - Virtual reality, virtuell verklighet
- VE** - Virtual environment, virtuell miljö
- Autodesk Revit** - Program som används för att modellera i 3D
- Enscape** - VR-program som sammankopplas med Revit
- HTC Vive** - VR-utrustning av företaget HTC
- Oculus Rift** - VR-utrustning av företaget Facebook
- Detlajnivå** - I denna rapport syftar detta på hur mycket detaljer så som material, texturer, referensobjekt och skalfigurer som finns de olika modellerna.
- Blindpromenad** - Ett test som utförs genom att en person går fysiskt med VR-glasögonen på sig och samtidigt uppskattar hur långt hen går.







# 1 Inledning

Examensarbetet har utförts i samarbete med White arkitekter AB där undersökningar med VR-utrustning har skett på huvudkontoret i Göteborg. Detta för att ta reda på hur och om VR kan användas i det dagliga arbetet på arkitektkontor.

## 1.1 Bakgrund

Efter att en undersökning gjorts angående hur vanligt förekommande VR är på arkitektkontor bland tio av Sveriges största arkitektföretag exkluderat White arkitekter AB har det framkommit att kunskapen om VR varierar kraftigt. Undersökningen innefattade 14 olika arkitektkontor där det visade sig att endast 4 av de 14 kontoren arbetar aktivt med VR och har utrustning i form av Oculus- eller HTC Vive-glasögon tillgängligt. Ett par kontor använder andra komplement till VR i form av mobilglasögon och 360 panorama, några har planer på att köpa in och resterande har vid tidpunkten inga planer på att framöver inkludera VR i arbetet (Wingårdhs, o.a., 2017).

Vid fokus på endast Whites arkitekter ABs kontor kan det konstateras att VR inte är ett verktyg som används av majoriteten av de anställda utan endast av några få intresserade arkitekter på Stockholm-, Malmö- och Halmstadkontoret. För att implementera VR i det dagliga arbetet krävs det kunskap om när och hur detta kan användas.

Med ett stigande intresse för VR (Bernstein, 2017) och en teknikutveckling som hela tiden går framåt finns det intresse från White arkitekter AB att ta reda på hur verktyget kan användas både internt mellan medarbetare på kontoret men även externt vid presentation mot kund (White arkitekter AB, 2017).

White arkitekter ABs huvudkontor i Göteborg har vid tidpunkten precis köpt in VR-utrustning i form av HTC Vive och är intresserade av att ta reda på hur VR på bästa sätt kan användas av arkitekter i det vardagliga arbetet.

## 1.2 Syfte

Syftet med denna rapport är att komma fram till om det lämpar sig att använda VR som granskningsverktyg på arkitektkontor. Arkitekter och ingenjörer har delats upp i undersökningarna för att se om resultaten skiljer sig och om det kan visa på hur och i vilka processer användning av VR lämpar sig bäst för de två olika grupperna. Om det visar sig vara ett användbart verktyg är förhoppningen att arkitekter och ingenjörer får upp ögonen för VR och att det implementeras mer i arbetet på arkitektkontor.

### 1.3 Avgränsningar

- Undersökningarna som gjorts har endast utförts på frivilliga personer som befunnit sig på White arkitekter ABs kontor i Göteborg och varit intresserade av att testa VR-tekniken.
- Programmen som använts till undersökningarna är Revit och Enscape då detta är mjukvara som funnits tillgänglig på kontoret i Göteborg.
- Utrustningen till undersökningarna har bestått av HTC Vive med tillhörande kontroller.
- De tekniska och ekonomiska aspekterna av VR kommer inte att undersökas.
- Användning av VR med mobiltelefon har uteslutits från rapporten.

### 1.4 Frågeställning

Rapportens huvudfråga är *Hur kan arkitekturen förbättras med VR?* Under detta finns mer ingående frågor som *Hur uppfattas rumsligheten i VR jämfört med verkligheten? Överensstämmer arkitektens vision av planritningen med vad som faktiskt syns i VR? Hur kan man med VR förbättra sättet man orienterar sig i byggnaden? Hur ändras uppfattningen om storlek på rum/byggnader vid ökad detaljnivå?*

## 2 Teori

I detta kapitel ges teori och begrepp kring VR i allmänhet samt tidigare tester som genomförts inom området.

### 2.1 VR

Virtual Reality förkortas VR och betyder virtuell verklighet. I denna rapport kommer förkortningen VR att användas. VR innebär att man tar på sig ett par VR-glasögon och på så sätt kliver in i en tredimensionell värld som man kan ta sig runt i. VR-glasögonen kommer även att benämnas som headset längre ned i rapporten (Janlert, 2017).

#### 2.1.1 Utrustning

HTC Vive är utrustningen som använts vid undersökningarna till denna rapport, utrustningen går att se i figur 1 nedan. Med hjälp HTC Vive-headset kan man se den tredimensionella värld som man valt att gå in i. Här kan man se sig om och röra sig fritt inom Chaperone styrsystem i en stereoskopisk miljö (HTC Vive , 2017). Chaperonesystemet är utvecklat av Valve Corporation som är ett spelutvecklingsföretag och detta system gör det möjligt att kunna röra sig fysiskt inom ett visst område som begränsas av uppmonterade sensorer (Valve Corporation, 2017). För att få ett fungerande VR-system krävs det mjukvara och databaser, användare och hårdvara i form av dator, skärm, VR-headset, handkontroller och sensorer. Tillsammans med headsetet används två trådlösa handkontroller som underlättar förflyttning av sig själv och föremål inuti den tredimensionella världen. Till headsetet kan även hörlurar kopplas in för att förstärka upplevelsen (Warell, 2017).



Figur 1 Utrustning HTC Vive (HTC Vive, 2017)

### 2.1.2 Uppkomst och användningsområden

Virtuell verklighet (VR) skapades kring 1965 av Ivan Sutherland som utvecklade datorgrafik och realtidssimulering (Lin & Woldegiorgis, 2015). Ivan skapade även de första VR-glasögonen. Idag används VR i forskning, 3D-filmer, robotteknik, utbildning, design, träning och spel. Det är först på senare tid som det har börjat användas mer inom kbt-terapi, underhållning, arkitektur och konstruktion. VR-tekniken utvecklades till en början för att skapa ett säkert och billigt sätt att utbilda piloter via flygsimulatorer (Janlert, 2017).

### 2.1.3 Förutsättningar för användning

Fler författare/forskare har nämnt tre gemensamma faktorer som när de används tillsammans ger användaren en känsla av närvaro i VR. De tre faktorerna är interaktion, fördjupande och fantasi. Dessa kallas även för "Three I's of VR" då det på engelska heter *interaction*, *immersion*, och *imagination* (Lin & Woldegiorgis, 2015).

Att uppfatta, analysera och sedan rapportera är de tre huvudsakliga mentala processerna som krävs för att en person ska kunna uppfatta och uppskatta ett avstånd (Li, Zhang, & Kuhl, Minication affects action-based distance judgments in oculus rift HMDs, 2014). För att personen ska kunna uppfatta var objektet är placerat krävs det någon form av referens, antingen objekt eller med hjälp av kontrollerna.

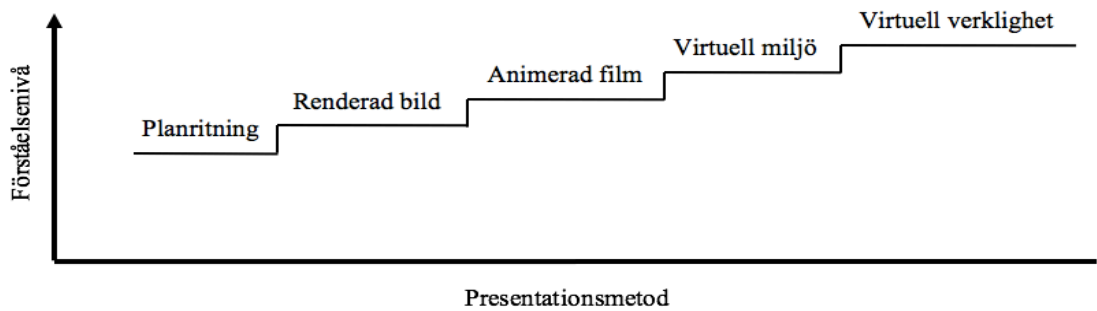
Det finns även tre tekniker som används för att uppskatta och uppfatta avstånd. Den enklaste av metoderna är muntlig rapportering där testpersonen berättar hur långt de bedömer avståndet. En annan metod består i perceptuell matchning där användaren uppskattar avståndet till ett föremål och flyttar sedan ett annat föremål samma avstånd som hen uppskattade till det tidigare objektet. Den tredje metoden är visuella handlingar i form av exempelvis blindpromenad (Lin & Woldegiorgis, 2015).

## 2.2 Presentationsmetod och visualisering

För personer som inte är utbildade inom arkitektur eller har anknytning till ämnet kan det vara svårt att visualisera hur en skiss eller planritning kommer att se ut i verkligheten. Detta är något som (Sköld, 2002) (Frost & Warren, 2000) (El Araby, 2002) anser beror på att arkitekter är tränade inom ämnet och direkt kan visualisera upp en bild i huvudet. Detta är en av anledningarna till att visualiseringsverktyg är viktiga för att utomstående ska förstå arkitektens tankar och idéer vid exempelvis en presentation. Genom att använda tredimensionella modeller där djup och skala visas blir det lättare för den som är ovan att förstå en modell (Cantimur, 2009).

### 2.2.1 Trohetstrappan

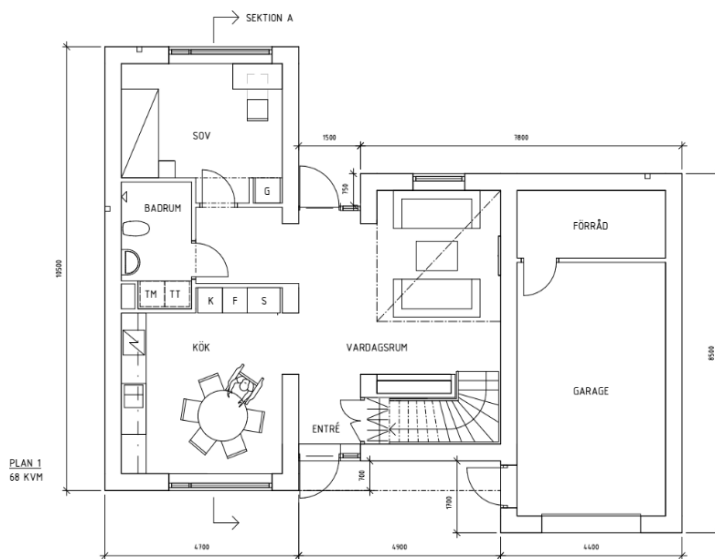
Wells & Campbell (1994) jobbar i den tekniska rapporten *A critique of virtual reality in the architectural design process* med modellen "Trohetstrappan" som beskriver ett antal olika presentationsmetoder. De menar att förståelsen för en modell eller ett objekt ökar när en mer avancerad presentationsteknik och teknologi används. Det enklaste steget i trappan är tvådimensionella ritningar och det mest avancerade steget är VR, se figur 2 nedan.



Figur 2 Trohetstrappan (Al-Kodmany, 2002)

### 2.2.1.1 Planritning

Det första steget i “Trohetstrappan” är *Planritningar*, vilken är en av de enklaste presentationsmetoderna. Det är ett traditionellt sätt att visa en modell tvådimensionellt. En planritning visar modellen ovanifrån vilket går att se på figur 3 med mått och skala men är för den som är ovan att studera ritningar svår att visualisera (Al-Kodmany, 2002).



Figur 3 Planritning

### 2.2.1.2 Renderad bild

Det andra steget är att använda en *renderad bild* som visar en vy av exempelvis ett vardagsrum eller framsidan av en byggnad, se figur 4. Renderade bilder är oftast detaljerade med tanke att de ska efterlikna ett foto från verkligheten. Detta för att personen som tittar lätt ska kunna visualisera hur det kommer att se ut. En renderad bild visar dock bara en vinkel och fler bilder måste tas fram för att få flera vinklar från modellen (Al-Kodmany, 2002).



Figur 4 Renderad bild

### 2.2.1.3 Animerade filmer

Det tredje steget i trappan är enligt Al-Kodmany (2002) en *animerad film* över objektet som visas upp på storbild. Denna är förinställd eller manövreras av den som presenterar modellen.



Figur 5 Denna vy kan både ses som en animerad film och en virtuell miljö då båda ses på storbild. Skillnaden är att den animerade filmen är förinställd eller styrs av presentatören och den virtuella miljön ger möjlighet till att själv manövrera runt på skärmen.



#### 2.2.1.4 Virtuellt miljö (VE)

Det fjärde steget i trappan är *virtuell miljö*, vilket är när den virtuella miljön presenteras på storbild men där personen själv får styra och ta sig runt i modellen (Sjöström, 2015).

#### 2.2.1.5 Virtuellt verklighet (VR)

Det högsta steget på trappan är den mest avancerade presentationsmetoden. Detta innebär att en person tar på sig ett par VR-glasögon och går in i modellen, se figur 6. Med ett par handkontroller kan personen själv manövrera sig runt i modellen. Ett verkligare sätt att uppleva en modell finns ej. Personen kan även röra sig i sidled och vända på sig i verkligheten, då rör personen sig även i modellen (Sjöström, 2015).



Figur 6 VR-utrustning.

### 2.2.2 Undersökning av presentationsmetoder

Ett par studenter i Umeå gjorde i rapporten *Understanding the design* (Andersson & Magnusson, 2016) en undersökning där testpersoner fick prova de olika trappstegen med presentationsmetoder för att undersöka vilka av trappstegen som uppskattades och gav bäst förståelse av en modell. I undersökningen kom de fram till både fördelar och nackdelar med alla metoderna. Flest personer föredrog VE och VR men ansåg att dessa två metoder tog bort fokus från själva uppgiften. Många testpersoner la fokus på att testa den avancerade teknologin istället för att granska modellen i sig.

Fördelar med VR är att det ger bra förståelse för dimensioner och perspektiv. I och med att VR har hög detaljnivå var det mest engagerade och genom att lägga till personer i verklig storlek i modellen ökade förståelsen av skala och avstånd. De renderade bilderna ansågs lätta att förstå men aningen tråkiga i jämförelse med VR. Planritningar var inte populära bland testpersonerna men många trodde att de i kombination med andra metoder skulle fungera bra. Planritningen är dock ett bra alternativ för att få en helhetsbild av modellen (Andersson & Magnusson, 2016).

Vid en sammanställning konstaterades att en planritning i kombination med renderade bilder och en animerad video gav bra förståelse för en modell. Dessa metoder ansågs även smidigare att använda vid presentation för ett flertal personer. VR bör därför sparas till de som är speciellt intresserade eller som vill granska modellen närmare. Arkitekten bör alltså välja presentationsmetod beroende på publik och vilket slags feedback som efterfrågas. I VR kunde exempelvis en hög förståelse av modellen bidra till att testpersonerna lägger märke till markmaterial och form på räcken vilket de andra presentationsmetoderna ej bidrar till (Andersson & Magnusson, 2016). I VR är det också lätt att upptäcka föremål som hamnat i fel höjd eller sitter på fel ställe. I och med att man i VR också kan lägga till sol och skuggor så är det lätt att se hur platsen uppfattas i olika ljus. Man kunde slutligen komma fram till att "förståelsetrappan" kan delas in i två delar, en för grundläggande förståelse där planritningar, renderade bilder och animerad film ingår och en mer för detaljerad förståelse där VE och VR ingår. (Andersson & Magnusson, 2016).

### 2.3 Avståndsuppfattning

Det har i rapporten *Walking through a virtual environment improves perceived size within and beyond the walked space* (Siegel & Kelly, 2016) genomförts ett flertal tester gällande avståndsuppfattning. I de flesta fall uppfattas avstånd i VR kortare än i verkligheten. Brenner & van Damme (1999) kom efter ett flertal undersökningar fram till att uppskattning av objekts storlek, form och avstånd är väldigt individuellt.

Enligt Lin & Woldegiorgis (2015) sammanfattande rapport finns det två huvudsakliga problem med tredimensionell användning och VR. Dels att föremål uppfattas som mindre än vad de faktiskt är och att personen som använder sig av VR upplever visuella obehag i form av yrsel och illamående. Det krävs tre mentala processer för att uppskattning av avstånd ska fungera. Uppfattningsförmåga, analysering och rapportering måste samverka för att få fram rätt resultat, misslyckas någon av processerna blir resultatet felaktigt. Missbedömningar av avstånd i VR kan även bero på ofullständiga referenser i miljön som exempelvis avsaknad av texturer och referensobjekt. Det finns dock ingen lista på vilka referenser som saknas i undersökningen men tidigare testresultat visar att grafiska ledtrådar förbättrar uppfattningen av avståndet även om tiden att svara ökar (Lin & Woldegiorgis, 2015).

Vid en undersökning som handlade om uppfattning av avstånd vid blindpromenad i VR uppskattades avståndet före promenaden till 50% av verkligheten medan det efter promenaden uppskattades till 100% av den verkliga sträckan (Siegel & Kelly, 2016). I en annan undersökning som också handlade om uppfattning av avstånd uppskattades ett avstånd i verkligheten till 94% av det faktiska avståndet medan det i VR uppskattades till endast 80% av det faktiska avståndet/storleken. Vid uppskattning av avstånd i verkligheten som är mindre än 20 meter kan människan enligt Lin & Woldegiorgis (2015) uppskatta rätt med 99,9%.

En annan undersökning som handlade om att gå i VR visade att personer promenerade annorlunda i jämförelse med verkligheten. Vid en blindpromenad uppkom en hastighetsminskning på 6% för personen som deltog i testet (Janeh, o.a., 2017).

### 2.3.1 Påverkan av färg

I dessa tester har inte någon ram i marginalen placerats men detta kan annars påverka uppfattningen av skalan beroende vilken färg ramen i marginalen runt VR-bilden har. Enligt rapporten *The effects of artificially reduced field of view and peripheral frame stimulation on distance judgments in HMDs* (Li, Nordman, Walker, & Kuhl, 2016) upplevdes ingen märkbar skillnad på uppskattningen av avståndet när det placerades en vit ram runt bilden i VR jämfört med den gråa. Däremot minskade uppskattningen av avstånd märkbart när det placerades en svart ram runt bilden jämfört med när det placerades en vit eller en grå ram runt bilden. Detta tyder på att ljuset på marginalen som utgör ramen runt bilden påverkar avståndsuppfattningen (Li, Nordman, Walker, & Kuhl, 2016).

I rapporten *Peripheral Stimulation and its Effect on Perceived Spatial Scale in Virtual Environments* (Jones, Swan, & Bolas, 2013) kommer de fram till att genom att tillföra statistiskt vitt ljus i ytterzonen av bilden ger en positiv inverkan på uppskattningen av skalan i ett litet synfält.

### 2.3.2 Påverkan av skärpa

Det är som tidigare nämnt svårare att uppskatta avstånd i VE och VR jämfört med verkligheten. Rapporten *Visual blur in immersive virtual environments: does depth of field or motion blur affect distance and speed estimation?* (Langbehn, o.a., 2016) har undersökt om skärpa och suddighet påverkar uppfattningen av längd och avstånd men kom efter ett flertal tester fram till att det ej var något som påverkade. Uppskattning av längd och avstånd hamnade på samma felmarginal i alla undersökningar trots förändrad skärpa. Detta kan sammanfattas på det viset att felmarginal i VR jämfört med verkligheten är densamma, däremot uppskattas objekt i VE som något mindre, endast ca 70% av det verkliga avståndet.

### 3 Metod

För att kunna påvisa varför VR ska användas som ett verktyg på arkitektkontor behöver fördelar och nackdelar med verktyget undersökas. Genom en litteraturstudie och att två olika tester har utformats har detta kunnat undersökas.

Till en början har en litteraturstudie om VR gjorts genom att ett flertal artiklar, rapporter och undersökningar studerats. Utifrån dessa har relevanta kvantitativa data och kommentarer dokumenterats som sedan jämförts med de resultat som kommit fram i denna rapportens undersökningar, som det går att läsa om i kapitlet Diskussion.

Detta har gjorts genom att i test 1 samla kvantitativa data från fältexperiment för att undersöka hur detaljnivån påverkar uppfattningen av skalan (Denscombe, 2016). För att sammanställa data i test 1 har programmet SPSS använts, där gjordes en sammanställning av medelvärde och Spearmans rangkorrelation för att hitta samband.

Test 2 är en fenomenologisk undersökning där arkitektens och konstruktörens granskningsarbete observerats med fokus på siktlinjer, rumslighet och hur man bättre kan planera orienteringen i byggnader med hjälp av VR. Detta har gjorts genom att testpersonerna fått fylla i självadministrerade frågeformulär innan och efter testet samt att det samlats kvalitativa data i form av ljudupptagningar under testernas gång. (Denscombe, 2016)

Modellerna som använts i testerna är skapade i Revit och sedan har Enscape använts som plug in för att kunna se modellen i VR. Personerna som deltagit i testerna är frivilliga personer på White arkitekter ABs kontor i Göteborg.

#### 3.1 Test 1, Detaljnivå

Test 1 undersöker hur detaljnivå påverkar uppfattningen av skalan. Denna undersökning har genomförts med hjälp av 10 testpersoner som fått uppskatta avstånd och storlek på två olika Revit-modeller. De två modellerna har haft tre olika detaljnivåer där testpersonerna har uppskattat avstånd, höjd, längd och bredd för varje nivå. Detta för att veta hur mycket detaljer som skall vara med i modellen vid exempelvis en presentation.

Testpersonerna delades in i tre grupper där arkitekter är testgrupp 1, ingenjörer är testgrupp 2 och de övriga är testgrupp 3. Personerna svarade före testet på ett antal frågor rörande utbildning, yrke samt åldersgrupp och synfel. Detta för att se om det finns något samband mellan dessa kategorier.

Test 1 innefattade tester i *två olika* modeller. *Modell 1* bestod av ett rum och *modell 2* av en gatuvy. I detta test var modellerna utformade endast för testerna och kom inte från något verkligt projekt.

I modell 1 var uppgiften att uppskatta längd, bredd och höjd på rummet medan de i modell 2 skulle uppskatta höjd på ett flertal byggnader, avstånd mellan två av byggnaderna och längden på den tredje byggnaden. Testerna utformades på det viset för att innefatta både den mindre skalan av ett rum jämfört med de större avstånden i en gatumiljö för att se om det kunde dokumenteras några större skillnader gällande

uppskattning av skala av större avstånd. Varje modell delades även in i 3 steg där steg 1 bestod av låg detaljnivå och steg 3 av hög detaljnivå.

### 3.1.1 Modell 1, Ett rum

För modell 1 innebar *steg 1* att rummet bestod av endast väggar, golv och tak utan texturer, se figur 7. I *steg 2* adderades fönster och dörrar, se figur 8 och i *steg 3* adderades även möbler och texturer på väggar samt golv för att få objekt att referera till, se figur 9.



Figur 7 Modell 1, steg 1, kala väggar, golv och tak.



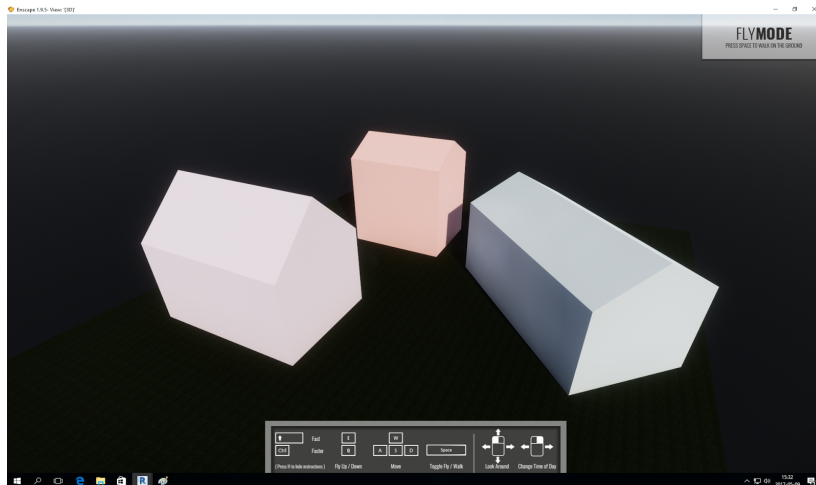
Figur 8 Modell 1, steg 2, här har dörr och fönster lagts till.



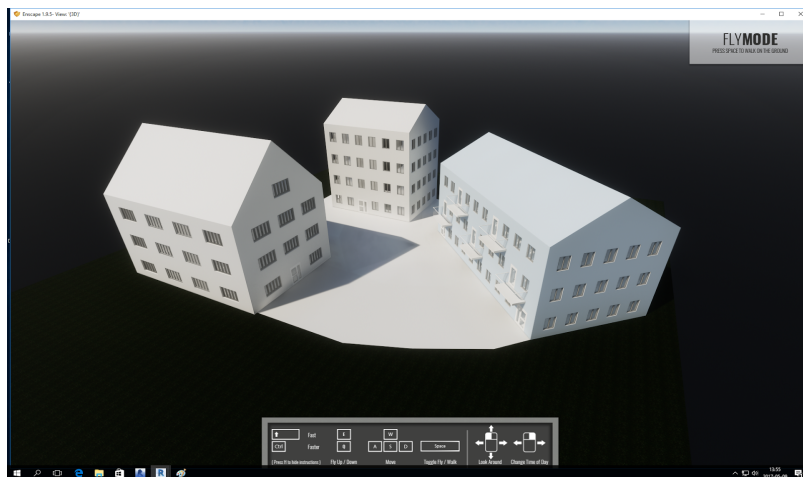
Figur 9 Modell 1, steg 3, här har även möbler och golvtextur lagts till.

### 3.1.2 Modell 2, En gatuvy

För modell 2 innebar steg 1 att modellen bestod av endast husmassor och gräs som mark, se figur 10. I steg 2 adderades fönster, dörrar, balkonger och det markerades ut var vägen mellan husen skulle gå, se figur 11. I steg 3 lades även texturer på väggar, väggar och tak samt så lades det till trottoarkanter, träd samt två människor, se figur 12.



Figur 10 Modell 2, steg 1, endast massor.



Figur 11 Modell 2, steg 2, här har mark, fönster, dörrar och balkonger adderats till modellen.



Figur 12 Modell 2, steg 3, här har även material, vägar, träd, gatulampor och människor lagts till.



## 3.2 Test 2, Orientering och siktlinjer

I test 2 har anställda på Whites kontor tittat på pågående projekt som de dagligen arbetar med. Detta för att uppleva sin egen modell i 3D och förstå hur VR kan användas i arbetsprocessen. När varje person upplevt modellen i VR har iakttagelser samt ljudupptagning skett för att få med alla relevanta kommentarer från testpersonerna.

Innan de utfört testet har de fått svara på hur deras vision av projektet är utifrån siktlinjer och orientering. Efter testpersonen tittat på sitt projekt i VR har varje person sedan dokumenterat sina egna uppfattningar genom att svara på ett frågeformulär. De handlade om ifall deras vision stämmer överens med vad de upplevde i VR, om siktlinjer var vad de hade föreställt sig, om rumsligheten och skalan stämmer överens med visionen, om de upptäckte något som de inte tänkt på innan och om de kommer att ändra något efter upplevelsen.

Frågorna är utformade kring VR-upplevelsen både innan och efter testpersonen har utfört testet. Frågorna är även utformade för att inte vara ledande och formuläret innehöll följande:

- Testat VR tidigare?
- Testat modellen tidigare?
- Hur är din vision av siktlinjer och orientering av projektet? (besvaras innan testet)
- Hur stämmer din vision av planritningen överens med sättet du orienterade dig inuti VR i ditt projekt?
- Hur var siktlinjerna jämfört med vad du föreställt dig?
- Hur uppfattade du rumsligheten i ditt projekt inuti VR? Som tänkt?
- Hur uppfattade du skalan?
- Vad upptäckte du i VR som du inte tänkt på innan?
- Kommer du ändra/se över något efter att ha testat modellen i VR?
- Är det något annat du reflekterar över?

Här användes Revit och Enscape som programvaror.

## 4 Resultat

Kapitlet om resultat sammanfattar det som de genomförda testerna handlat om. Här tas även speciella avvikelser upp.

### 4.1 Resultat test 1

I test 1 har två olika modeller använts där den ena utformades som ett rum och den andre som en gatuvy. Modell 1 behandlade mindre skalor medan modell 2 behandlade avstånd och höjd i en större skala.

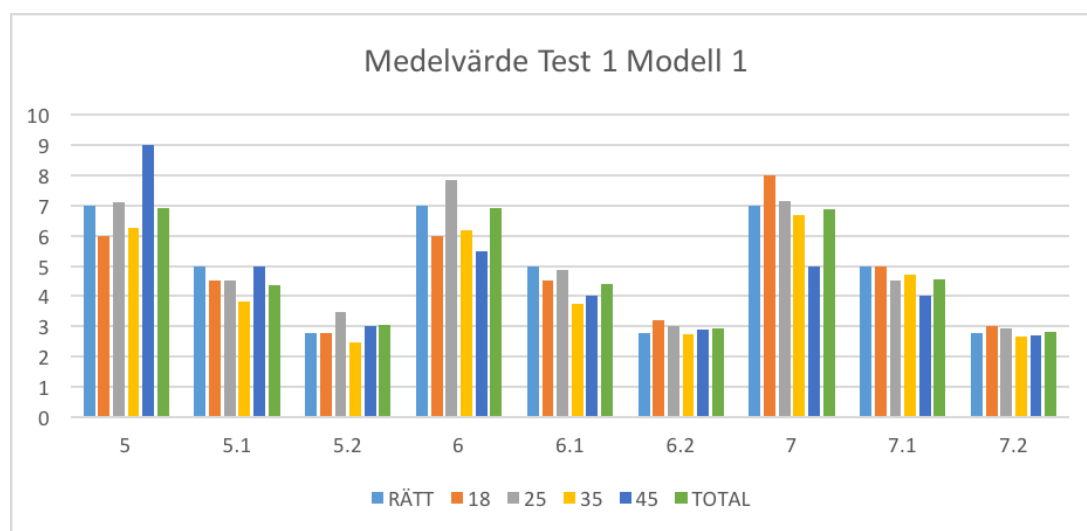
#### 4.1.1 Modell 1, Ett rum

Vid en sammanslagning av resultaten där deltagarna delats in i olika testgrupper hamnade det sammanlagda medelvärdet på svaren väldigt nära de korrekta svaren. Detta gällde speciellt vid en titt på åldersgrupper vilket går att se i figur 13 nedan.

I de kommande diagrammen står den vertikala axeln för antal meter och den horisontella axeln för vilken detaljnivå och uppskattning som skett.

Förklaring av numrering i diagram och tabeller:

- 5 - Detaljnivå 1, längd av rummet
- 5.1 - Detaljnivå 1, bredd av rummet
- 5.2 - Detaljnivå 1, höjd av rummet
- 6 - Detaljnivå 2, längd av rummet
- 6.1 - Detaljnivå 2, bredd av rummet
- 6.2 - Detaljnivå 2, höjd av rummet
- 7 - Detaljnivå 3, längd av rummet
- 7.1 - Detaljnivå 3, bredd av rummet
- 7.2 - Detaljnivå 3, höjd av rummet



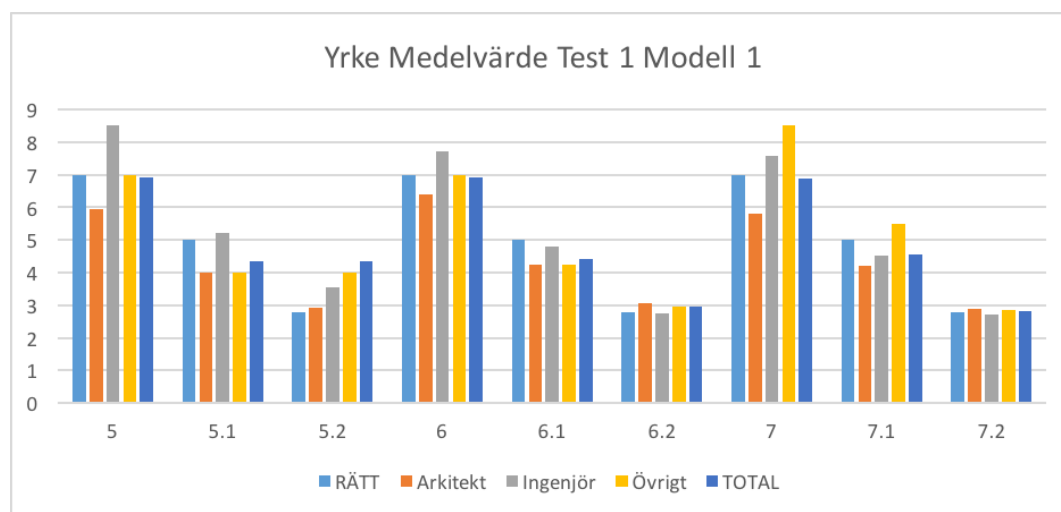
Figur 13 Uppskattning av modell 1, kategoriserat i åldersgrupp.

Här nedan följer tabeller och diagram där de går att se medelvärde och standardavvikelser indelat i kategorierna yrke och kön.



Tabell 1 Uppskattning av modell 1, kategoriserat i yrkesgrupp med standardavvikelser.

Uppskattning Rätt svar i meter	Medelvärde (SD) Arkitekt (n=5)	Medelvärde (SD) Ingenjör (n=3)	Medelvärde (SD) Övriga (n=2)	Medelvärde (SD) Totalt (n=10)
Modell 1, steg 1, kala väggar, golv och tak (Figur 7)				
5 Längd 7m	5,96m (1,35)	8,5m (2,78)	7.0m (1,41)	
5.1 Bredd 5m	4.0m (0,71)	5,2m (1,11)	4.0m (0,71)	
5.2 Höjd 2,8m	2,92m (0,65)	3,53m (1,29)	2,65m (0,21)	
Modell 1, steg 2, här har dörr och fönster lagts till (Figur 8)				
6 Längd 7m	6,4m (1,64)	7,73m (3,70)	7.0m (1,41)	
6.1 Bredd 5m	4,24m (0,83)	4,8m (1,47)	4,25m (0,35)	
6.2 Höjd 2,8m	3,05m (0,45)	2,77m (0,15)	2,95m (0,35)	
Modell 1, steg 3, här har även möbler och golvtextrur lagts till (Figur 9)				
7 Längd 7m	5,8m (0,45)	7,57m (4,1)	8,5m (0,71)	
7.1 Bredd 5m	4,22m (0,44)	4,53m (1,67)	5,5m (0,71)	
7.2 Höjd 2,8m	2,9m (0,38)	2,71m (0,13)	2,85m (0,21)	



Figur 14 Uppskattning av modell 1, kategoriserat efter yrke.

I flera uppskattningar var det gruppen av ingenjörers medelvärde som låg närmast de rätta svaren vilket går att se i tabell 1 och figur 14 ovan.

Det som går att se utifrån standardavvikelserna är att gruppen av ingenjörer avviker mer från medelvärdet än vad arkitektgruppen trots att ingenjörernas medelvärde är närmast det korrekta svaret.

Den kategorin med minst felmarginal för ingenjörer gäller takhöjd och den kategorin med störst felmarginal gäller bredd. Ser man till arkitekternas medelvärde var det uppskattningen av takhöjd som hamnade på minst felmarginal och där var längd det som landade på störst felmarginal. Där går det dock att se att ingenjörernas marginal hade större svarsspänn. Testgrupp övrigt hade som bästa felmarginal 0 m men vid en närmare titt har där den ena testpersonen gissat 1m över och den andra 1m under det rätta svaret vilket slog ut varandra till ett bra medelvärde. För testgruppen övrigt var det uppskattning av rummets bredd som hamnade på störst felmarginal.

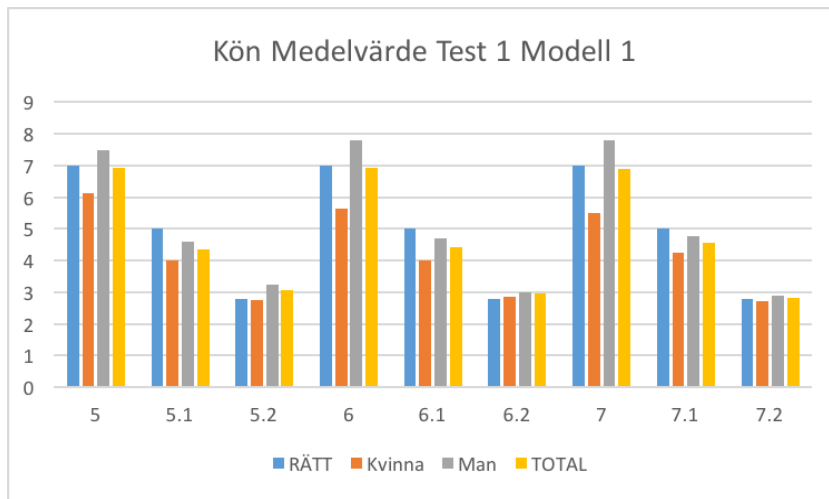
Vid uppskattning av höjd på rummet gissade många testpersoner på högre än den rätta höjden. Vid ökad detaljnivå där dörrar samt fönster lades till var det många testpersoner som tyckte att det var lättare att uppskatta höjd då dessa har en standardhöjd att referera till.

Vid uppskattning av bredden på rummet hade de flesta testpersonerna en felmarginal på +/- 1 meter. Uppskattning av längden på rummet var svårare, en del uppfattade rummet som fyrkantigt medan andra uppfattade rummet som väldigt långt och rektangulärt.

Vid en jämförelse mellan kön går det att konstatera att män uppskattar högre längd, bredd och höjd än vad kvinnor gör. Se tabell 2 och figur 15 nedan. Detta kunde dock inte säkerhetsställas statistiskt, då antalet deltagare är för få.

Tabell 2 Uppskattning av modell 1, kategoriserat i kön med standardavvikelser.

Uppskattning <i>Rätt svar i meter</i>	Medelvärde (SD) Kvinna (n=4)	Medelvärde (SD) Man (n=6)	Medelvärde (SD) Totalt (n=10)
Modell 1, steg 1, kala väggar, golv och tak (Figur 7)			
5 Längd 7m	6,13m (2,02)	7,47m (2,02)	6,93m (2,03)
5.1 Bredd 5m	4,0m (0,81)	4,6m (1,01)	4,36m (0,94)
5.2 Höjd 2,8m	2,75m (0,33)	3,25m (1,02)	3,05m (0,83)
Modell 1, steg 2, här har dörr och fönster lagts till (Figur 8)			
6 Längd 7m	5,63m (1,25)	7,78m (2,35)	6,92m (2,20)
6.1 Bredd 5m	4,0m (0,82)	4,68m (0,97)	4,41m (0,94)
6.2 Höjd 2,8m	2,85m (0,24)	3,00m (0,42)	2,95m (0,35)
Modell 1, steg 3, här har även möbler och golvtextur lagts till (Figur 9)			
7 Längd 7m	5,5m (0,58)	7,78m (1,24)	6,87m (2,30)
7.1 Bredd 5m	4,25m (0,50)	4,78 (1,24)	4,57m (1,01)
7.1 Höjd 2,8m	6,25m (1,71)	2,9m (0,32)	2,84m (0,28)



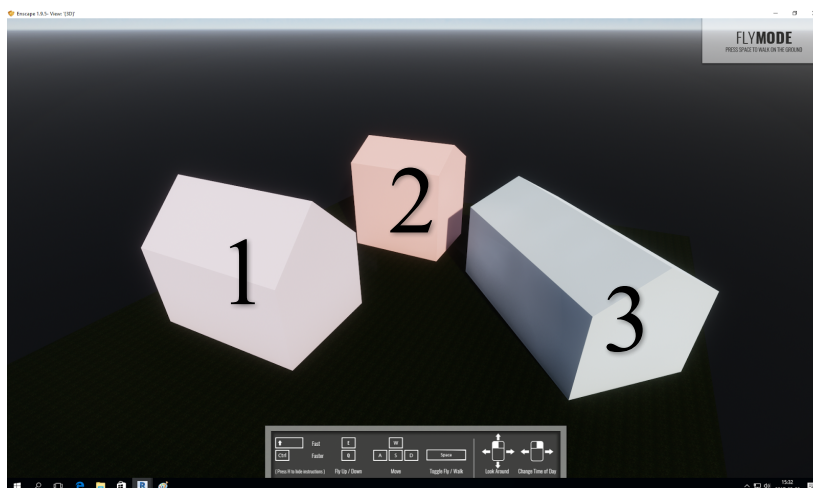
Figur 15 Uppskattning av modell 1, kategoriserat efter kön (Se bilaga).

Vid en sammanställning av synfel går det att konstatera att detta inte påverkar något särskilt. De med grövre synfel behöll glasögonen på och de som hade linser märktes det ingen skillnad på i jämförelse med normal syn vid testerna. Vidare kunde inget statistiskt säkerställas, då antalet deltagare i de olika kategorierna var för få.

#### 4.1.2 Modell 2, En gatuvy

Vid en sammanslagning av resultatet för modell 2 kan det konstateras att uppskattning av längd på hus 3 var svår och det är i de kategorierna staplarna i diagrammen sticker iväg mest, se tabeller och figurer nedan. I tabell 3 går det att se att standardavvikelseerna i denna kategori är stora. Den största standardavvikelsen gäller arkitektgruppen i detaljnivå 1 och ligger på 8,65 m.

I de kommande diagrammen står den vertikala axeln för antal meter och den horisontella axeln för vilken detaljnivå och uppskattning som skett.



Figur 16 Förklaring av husnumrering i modell 2.

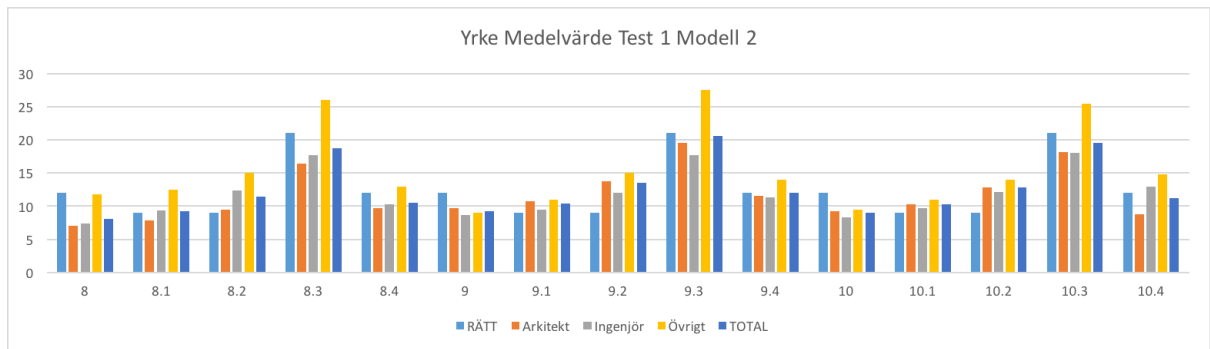
Förklaring av numrering i diagram och tabeller, se figur 16 ovan för numrering i modellen:

- 8 - Detaljnivå 1, höjd till takfot på hus 3
- 8.1 - Detaljnivå 1, höjd till takfot på hus 1
- 8.2 - Detaljnivå 1, höjd till takfot på hus 2

- 8.3 - Detaljnivå 1, längd på hus 3
- 8.4 - Detaljnivå 1, avstånd mellan hus 1 och 2
- 9 - Detaljnivå 2, höjd till takfot på hus 3
- 9.1 - Detaljnivå 2, höjd till takfot på hus 1
- 9.2 - Detaljnivå 2, höjd till takfot på hus 2
- 9.3 - Detaljnivå 2, längd på hus 3
- 9.4 - Detaljnivå 2, avstånd mellan hus 1 och 2
- 10 - Detaljnivå 3, höjd till takfot på hus 3
- 10.1 - Detaljnivå 3, höjd till takfot på hus 1
- 10.2 - Detaljnivå 3, höjd till takfot på hus 2
- 10.3 - Detaljnivå 3, längd på hus 3
- 10.4 - Detaljnivå 3, avstånd mellan hus 1 och 2

Tabell 3 Uppskattning av modell 2, kategoriserat i yrkesgrupp med standardavvikelser.

Uppskattning <i>Rätt svar i meter</i>	Medelvärde (SD) Arkitekt (n=5)	Medelvärde (SD) Ingenjör (n=3)	Medelvärde (SD) Övriga (n=2)	Medelvärde (SD) Total (n=10)
Modell 2, steg 1, endast massor (Figur 10)				
8 Höjd hus 3 9m	7,0m (2,23)	7,3m (0,58)	11,75m (1,77)	8,05m (2,54)
8.1 Höjd hus 1 9m	7,8m (2,17)	9,33m (2,08)	12,5m (0,71)	9,2m (2,57)
8.2 Höjd hus 2 12m	9,5m (4,30)	12,33m (2,52)	15,0m (0,00)	11,45m (3,85)
8.3 Längd 21,1m	16,4m (8,65)	17,67m (6,81)	26,0m (5,66)	18,7m (7,89)
8.4 Avstånd 12m	9,7m (3,8)	10,33m (2,08)	13,0m (4,24)	10,55m (3,34)
Modell 2, steg 2, här har mark, fönster, dörrar och balkonger adderats (Figur 11)				
9 Höjd hus 3 9m	9,7m (1,79)	8,67m (0,58)	9,0m (0,00)	9,25m (1,32)
9.1 Höjd hus 1 9m	10,8m (2,68)	9,5m (1,32)	11,0m (1,41)	10,45m (2,06)
9.2 Höjd hus 2 12m	13,8m (3,19)	12,0m (2,00)	15,0m (2,83)	13,5m (2,76)
9.3 Längd 21,1m	19,6m (7,80)	17,67m (6,51)	27,5m (3,54)	20,6m (7,20)
9.4 Avstånd 12m	11,6m (5,68)	11,33m (3,79)	14,0m (1,41)	12,0m (4,35)
Modell 2, steg 3, här har även material, vägar, träd och människor adderats (Figur 12)				
10 Höjd hus 3 9m	9,2m (1,68)	8,33m (0,76)	9,5m (0,71)	9,0m (1,29)
10.1 Höjd hus 1 9m	10,3m (3,31)	9,67m (1,53)	11,0m (1,41)	10,25m (2,42)
10.2 Höjd hus 2 9m	12,8m (2,28)	12,17m (1,76)	14,0m (1,41)	12,85m (1,92)
10.3 Längd 21,1m	18,2m (6,34)	18,0m (6,56)	25,5m (3,54)	19,6m (6,20)
10.4 Avstånd 12m	8,8m (2,39)	6,56m (3,46)	14,75m (0,35)	11,25m (3,51)



Figur 17 Uppskattning av modell 2, kategoriserat efter yrkesgrupp.

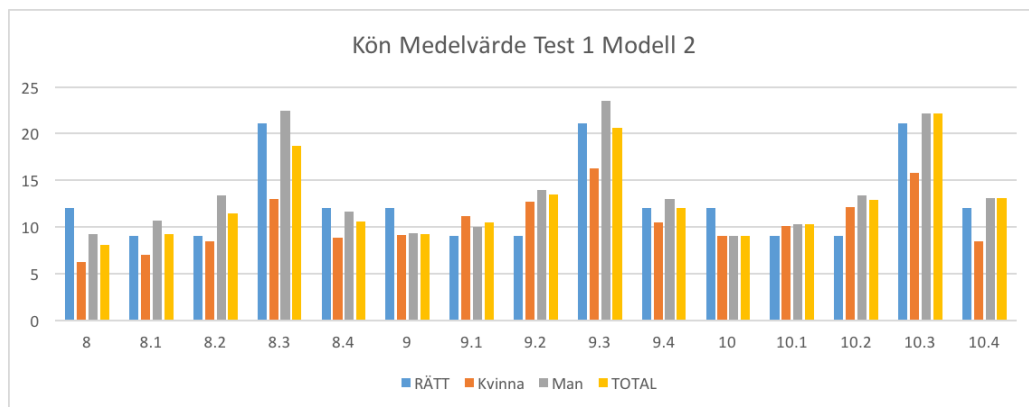
Vad gäller yrkesgrupper kan det i figur 16 ovan konstateras att resultatet mellan grupperna varierar kraftigt. Yrkesgruppen övrigt är den som tar i mest i de olika uppskattningarna. För många kategorier sjönk felmarginalen i detaljnivå 2 men ökade igen i detaljnivå 3.

Tabell 4 Uppskattning av modell 2, kategoriserat i kön med standardavvikelser.

Uppskattning Rätt svar i meter	Medelvärde (SD) Kvinna (n=4)	Medelvärde (SD) Man (n=6)	Medelvärde (SD) Total (n=10)
Modell 2, steg 1, endast massor (Figur 10)			
8 Höjd hus 3 9m	6,25m (1,71)	9,25m (2,36)	8,05m (2,54)
8.1 Höjd hus 1 9m	7,0m (2,16)	10,67m (1,63)	9,20m (2,57)
8.2 Höjd hus 2 12m	8,5m (3,87)	13,42m (2,46)	11,45m (3,85)
8.3 Längd 21,1m	13,0m (4,76)	22,5m (7,42)	18,7m (7,89)
8.4 Avstånd 12m	8,88m (4,17)	11,67m (2,42)	10,55m (3,34)
Modell 2, steg 2, här har mark, fönster, dörrar och balkonger adderats (Figur 11)			
9 Höjd hus 3 9m	9,13m (2,02)	9,33m (0,82)	9,25m (1,32)
9.1 Höjd hus 1 9m	11,13m (3,01)	10,0m (1,26)	10,45 (2,06)
9.2 Höjd hus 2 12m	12,75m (3,78)	14,0m (2,10)	13,5m (2,76)
9.3 Längd 21,1m	16,25m (4,5)	23,5m (7,48)	20,6m (7,20)
9.4 Avstånd 12m	10,5m (6,35)	13,0m (2,61)	12m (4,35)
Modell 2, steg 3, här har även material, vägar, träd och människor adderats (Figur 12)			
10 Höjd hus 3 9m	9,0m (2,12)	9,0m (0,55)	9,0m (1,29)
10.1 Höjd hus 1 9m	10,13m (3,97)	10,33m (1,03)	10,25m (2,42)
10.2 Höjd hus 2 9m	12,13m (2,72)	13,33m (1,21)	12,85m (1,92)
10.3 Längd 21,1m	15,75m (4,92)	22,17m (5,91)	19,6m (6,20)
10.4 Avstånd 12m	8,5m (1,73)	12,08m (3,20)	11,25m (3,51)

Vid en titt på standardavvikelse gällande uppskattning av längd av hus 3 utmärker sig kategorin för kvinnor. Den högsta standardavvikelsen hamnade där på 4,5 m. I

jämförelse med männen är kvinnornas standardavvikelse gällande uppskattning av längd mellan husen också låg, dock inte när det gäller uppskattning av höjden av de olika husen, där har männen oftare en lägre standardavvikelse, se tabell 4 ovan.



Figur 18 Uppskattning av modell 2, kategoriserat efter kön.

Många testpersoner upplevde att hus 1 hade högre till takfot än hus 3 trots att dessa har samma höjd till takfoten. Det som skilde dessa hus var att takets lutning på hus 1 var högre och hade högre taknock. Det går dock att se i de olika tabellerna och diagrammen att resultaten från denna kategori varierar så kraftigt att det totala medelvärdet stämmer bra överens med det rätta svaret.

Avstånden som skulle uppskattas mellan hus 1 och 2 uppfattades som svårt och att dessa hus ej stod parallellt med varandra trots att de gjorde det. Detta skiljde sig dock beroende på var i modellen testpersonen befann sig.

När fönster och dörrar kom på plats i detaljnivå 2 blev höjden genast lättare att uppskatta då det fanns referensobjekt att gå efter.

Några statistiska korrelationer som sticker ut i undersökningen gäller kön och yrken vid uppskattning av höjd hus 2 och uppskattning av avstånd mellan hus 1 och hus 2. Korrelationen är statistiskt säkerställd på nivå 0,05. Vid både uppskattning av höjd hus 1 och avstånd mellan hus 1 och hus 2 är det 96% sannolikhet att kvinnor och män svarar olika. Ser man till samma uppskattningar men gällande ingenjörer och arkitekter är det 95% sannolikhet att de svarar olika vid uppskattning av hus 2 och 98% sannolikhet att de svarar olika vid uppskattning av avstånd mellan hus 1 och hus 2.

## 4.2 Resultat Test 2:

Nedan presenteras resultat från egna projekt hos White arkitekter AB med kommentarer från testpersonerna som deltagit i de olika projekten. Totalt har 5 olika projekt testats där antal testpersoner i varje projekt varierar.

### 4.2.1 Borås psykiatri

Borås psykiatri är en helt ny byggnad som ska uppföras i Borås och består av sjukhusmiljö. I projekt Borås psykiatri deltog tre testpersoner. Deras vision av siktlinjer och orientering i projektet var att det skulle kännas stort och eventuellt vara svårt att orientera sig på utsidan samt att man lätt kan gå vilse. Efter att ha testat projektet i VR ansåg testpersonerna att deras vision av planritningen och sättet de

orienterade sig i VR stämde bra överens och att det var bra att man kunde se genom glaspartier och vad som fanns när en tittade uppåt och nedåt. Siktlinjerna tyckte de stämde bra överens med deras visioner, att det var bra perspektiv samt att vertikala siktlinjer framkommer bättre i VR än i "vanlig" 3D. Rumsligheten var som de hade tänkt men en testperson uppfattade det som att när hen "gled runt" förlorades lite av uppfattningen. Skalan uppfattade de som trovärdig. Dock sa en testperson att det hade underlättat med fler möbler och skulpturer och att det var viktigt att ögonhöjden stämde. Eftersom allt var vitt kunde man bli lurad av ljuset ansåg en av personerna. Efter att ha testat VR upptäcktes fel i modellen så som felplacering av byggnadsdelar där exempelvis fönster och dörrar hamnat i fel höjd eller att en vägg satt på fel ställe. De reagerade även på siktlinjer de tidigare inte tänkt på. De kom också fram till att en del justeringar kommer behövas göras efter information de sett i VR, exempelvis fönster- och dörrsättning. De tyckte att det skulle varit kul att se modellen med ännu mer omgivning och texturer. De gav även kommentarer som "Skitfräckt att se!" och "Känns som på riktigt!".

### 4.2.2 Östra barnsjukhuset

Östra barnsjukhuset var ett annat projekt som testades. Det är ett barnsjukhus som ska byggas till på Östrasjukhuset som ligger söder om Kviberg i Göteborg. Här deltog två testpersoner som hade en vision av att det skulle kännas omväxlande luftigt och mera intimt samt att det skulle kännas välkomnande, vackert och proffsigt. De båda upplevde att deras visioner stämde bra överens men att rummen kändes större än de tänkt. Att få se projektet i VR gav enligt testpersonerna en bra känsla för byggnaden, dock saknades material- och kulörupplevelsen då det inte var rätt material på allt i modellen, exempelvis saknades transparenta partier där det skulle vara glas. En av personerna upptäckte tack vare VR att rummen kändes större än hen tänkt sig och att korridorerna kändes längre. Även i detta projekt nämnde de vikten av rätt ögonhöjd i VR för att det annars var svårt att uppfatta skalan. De insåg efter VR värdet av att det ska vara enkelt och lätt att hitta då detta upplevdes som svårt när det inte fanns några skyltar att förhålla sig till. En av testpersonerna kommenterade att VR är ett väldigt bra verktyg för att få en bild av hur det är att orientera sig genom byggnaden och få en bild av hur rummen uppfattas.

### 4.2.3 Höghus i Gårda

Detta projekt bestod av ett höghus i Gårda med kontorslandskap. För höghuset hade de fyra testpersonerna som arbetar i projektet en vision av hur det skulle kännas som korridorerna var breda, stora fönster, mycket dagsljus och att det skulle finnas en tydlig känsla för orientering på entrétorget.

Entrétorget uppfattades som enkelt att orientera sig på men däremot uppfattades resterande delar av byggnaden som svåra att orientera sig i vilket de upptäckte i VR. De trodde att detta delvis berodde på avsaknad av fönster på vissa ställen och utsikt för igenkänning i området.

Siktlinjerna uppfattade de som förväntat. Dock var modellen inte fullständig och saknade en del kontorsväggar men i övrigt stämde de bra överens med deras vision.

Rumsligheten uppfattades som luftig men de upplevde rummen som mindre i VR än vad de tänkt att de skulle kännas. Skalan upplevdes i övrigt som mycket realistisk.

Något som testpersonerna inte tänkt på innan VR var känslan för höjden av byggnaden sett utifrån och att dimensionerna på bärande konstruktioner såsom balkar och pelare var större än vad de tidigare trott. Testpersonerna vill gärna fortsätta arbeta med VR för att testa bland annat färgsättning och alternativa rumsutformningar m.m. En av de fyra testpersonerna påpekade att hen blev åksjuk.

#### **4.2.4 Lägenheter och radhus i Lundbypark**

I projektet Lunbypark var det två personer som testade det i VR. Projektet bestod av radhus och lägenheter i ett kvarter i Lundby på Hisingen. De hade en vision av att de små sovrummen skulle kännas öppna med hjälp av stora fönster. Vardagsrummen skulle kännas väldigt öppna mot gården och radhusen skulle kännas luftiga med högt i tak. De tänkte sig även att fönsterna skulle kännas höga, att fönsterbröstningarna skulle kännas låga och att ljuset skulle gå långt in i rummen.

Planritningen och sättet att orientera sig i VR stämde inte överens, påpekade testpersonerna. De tyckte att vissa utrymmen kändes mindre och andra större än de tänkt.

Siktlinjerna var sämre i VR än vad de trott när de utgått från planritningen. De upplevde att det var svårt att känna rätt rumshöjd och att rumsligheten inte upplevdes på det viset de föreställt sig. Rummen kändes lägre i tak än de trott. De tyckte det var bra att känna på olika fönsterstorlekar och att fönsterhöjden från golv var lätt att känna.

De påpekade att de upptäckte en mängd saker som de behövde justeras. De kände att balkongerna kändes för små/grunda och att vissa saker som de trodde var i lagom storlek kändes för stora, som exempelvis loftet i radhuset. Att göra justeringar i modellen samtidigt som en av testpersonerna är inne i VR var något som uppfattades som väldigt användbart för att snabbt kunna välja bland olika alternativ i utformningen av projektet.

VR är något som båda testpersonerna gärna fortsätter att arbeta i och vill kontinuerligt testa ändringar i projektet som ritas.

#### **4.2.5 Projekt Pseudonym**

I projekt Pseudonym deltog två testpersoner. De hade en vision av bra orienterbarhet i byggnaden. Dock upplevde de en stor skillnad från vad de trott då de upplevde ett helt annat perspektiv än tidigare. De upplevde rummen som mindre och siktlinjerna som kortare än de trott. Skalan uppfattades alltså som mindre än visionen, exempelvis tyckte de att takhöjden kändes låg.

Båda testpersonerna upplever att de bör ändra saker i modellen efter att ha tittat på den i VR. Även i detta projekt påpekades vikten av rätt ögonhöjd och att det påverkar upplevelsen.



## 5 Diskussion/slutsats

Kapitlet Diskussion tar upp fördelar och nackdelar i det som teorin och undersökningarna i denna rapport fokuserat på. Att påpeka gällande förbättringar av testerna kan det användas en modell som även går att besöka i verkligheten för att undersöka skillnaderna mellan VR och en verklig miljö. Att lägga till personer och bilar i rörelse hade kunnat bidra till ett mer verkligt intryck. För att optimera upplevelsen hade även VR-handskar och annan utrustning som gör att ens egna kroppsdelar syns inuti VR-modellen kunnat användas. Ett större antal testpersoner hade givit en bättre statistisk undersökning som grund för rapporten.

### 5.1 Test 1

Test 1 visade på att svarsresultaten skiljer sig från individ till individ, vilket även Brenner och van Damme (1999) kom fram till i sin rapport *Perceived distance, shape and size*. Detta är något som går att koppla ihop med hur logiskt tänkande varje testperson tillämpar. De som refererar till verkliga objekt och hur höga våningshöjder, dörrar och fönster brukar vara i verkligheten är de som kommer närmast rätt resultat.

#### 5.1.1 Modell 1

Många testpersoner uppskattade takhöjden i modell 1 som högre än vad den var, detta kan bero på att takhöjden i modellen är 2,8 meter vilket är högre än vad ett rum är i normala fall då standard är 2,4 meter (Boverket, 2016).

Något som är intressant är att felmarginalen vid i flera kategorier vid detaljnivå 2 sänks för att sedan ökas igen för detaljnivå 3. Vid ökad detaljnivå där dörrar samt fönster lades till var det många deltagare som tyckte att det var lättare att uppskatta höjd då dessa har en standardhöjd att referera till. Vid detaljnivå 3 blev det för många svårt vilket kan bero på att möbler som adderas där förvirrar testpersonerna i och med att just möbler och inredning kan variera mycket i storlek.

Det visade sig att ingenjörerna hade minst felmarginal i testerna i jämförelse med arkitekter och övriga testpersoner. Detta kan eventuellt bero på att en ingenjör utbildning innehåller fler matematiska och räknebaserade kurser än de som läser till arkitekt eller visualiserare (Chalmers tekniska högskola, 2012). Det svåraste att uppskatta i modellen var längd och bredd då dessa mått var större än takhöjden och vi kan se i testresultaten att ju större skalan är desto svårare är det att uppskatta rätt mått.

Män uppskattar med större sannolikhet skalan större än kvinnor. Standardavvikelsen skiljer sig dock inte lika mycket vilket kan indikera på att män och kvinnor uppskattar skalan i ungefär samma spann men med en förskjutning där männens uppskattning generellt sätt är större.

#### 5.1.2 Modell 2

Många uppfattade takfoten högre på hus 1 jämfört med hus 3 i modell 1, detaljnivå 1. Detta är troligtvis en illusion orsakad av att taknocken är högre vilket ger större takvolym och det gör även att takfoten uppfattas som högre. När fönster och dörrar adderas i detaljnivå 2 uppfattades det genast som lättare att uppskatta rätt höjd då antal våningar syntes och det fanns något att referera till.

De flesta som har ett systematiskt tänkande och refererar till “normal våningshöjd” samt “normal dörrhöjd” är de som är närmast vid uppskattning av höjd. Det var något svårare att uppskatta avstånd och längd i marknivå.

Den svåraste uppskattningen i modell 2 var att bedöma längden av hus 3. Där är standardavvikelseerna som störst i alla kategorier. Detta kan bero på att det var det längsta avståndet vilket gjorde det mest svårbedömt.

Avståndet som skulle uppskattas mellan hus 1 och hus 2 uppfattades som svårt och att dessa ej stod parallellt med varandra. Detta berodde dock på hur testpersonen rörde sig i modellen. De som endast upplevde modellen från en vinkel uppfattade det som svårare än de som rörde sig mer i modellen.

## 5.2 Test 2

I test 2 uppfattade en av testpersonerna att hen tappade rumsuppfattningen när hen “gled runt” i modellen och en annan testperson upplevde yrsel vid användning av VR. Detta kan troligtvis motverkas genom att användaren lär sig navigera och hantera kontrollerna bättre.

Något som var återkommande i de fem olika projekten i test 2 var vikten av rätt ögonhöjd. Att det var svårt att få rätt skaluppfattning och uppleva rätt rumshöjd om ögonhöjden blev fel. Även detta är lätt åtgärdat om användaren har bra förståelse för hur hen hanterar handkontrollerna.

Fler av testpersonerna kommenterade att felaktiga och avsaknaden av material, möbler och referensfigurer gjorde det svårt att få rätt känsla och skaluppfattning av projekten vilket test 1 visar på att stämmer. Detta kan enkelt lösas genom noggrannare modellering där rätt texturer och byggnadsdelar sätts in.

Att använda sig av VR för att granska projekt är enligt testpersonernas uppfattning ett bra verktyg då de upptäckte dörr- och fönstersättning som bör justeras, materialfel och felplacering av byggnadsdelar.

Majoriteten av testpersonerna fick nya uppfattningar av rumsstorlekar och vikten av hur viktigt det är att orienteringen i en byggnad ska vara enkel var även det saker de uppmärksammade. Mycket visade på att rummen uppfattades som mindre än de trott att de skulle kännas. Detta visar på att VR är ett bra verktyg för att granska och förbättra skala och orienteringen i byggnader.

Att man kan justera saker i modellen samtidigt som man är inne i VR var något som testpersonerna ansåg som mycket användbart då det skapar en snabb och tydlig förändring och användaren kan snabbt få svar på frågeställningar kring hur alternativa utformningar känns.

Sammanfattningsvis visar testerna som utförts på att VR är ett väl användbart och uppskattat verktyg på ett arkitektkontor då de flesta av testpersonerna påpekat att de vill fortsätta granska sina projekt i VR.

## 6 Referenser

- Al-Kodmany, K. (2002). Visualization Tools and Methods in Community Planning: From Freehand Sketches to Virtual Reality. i K. Al-Kodmany, J. M. Cackowski, I. Audirac, K. Budthimedhee, L. Jinghuan, G. R. Varkki, . . . J. J. Potter, *Journal of planning Literature* (Vol. 17, ss. 189-211). London: Sage publications.
- Andersson, A., & Magnusson, F. (2016). *Understanding the design*. Umeå: Umeå universitetet.
- Bernstein, P. (den 1 maj 2017). *symetri.se*. Hämtat från nyheter: <http://www.symetri.se/nyheter/kan-big-data-och-vr-foerbaettra-framtidens-arkitektur-och-design/>
- Boverket. (den 5 Oktober 2016). *Boverket.se*. Hämtat från Rumshöjd: <http://www.boverket.se/sv/byggande/tillganglighet--bostadsutformning/rumshojd/>
- Brenner, E., & van Damme, W. J. (1999). Perceived distance, shape and size. i E. Brenner, & W. J. van Damme, *Vision Research* (Vol. 39, ss. 975-986). Rotterdam: Elsevier.
- Cantimur, I. (2009). *Using second life as a design environment in interior architectural design education*. Ankara: Bilkent University.
- Chalmers tekniska högskola. (den 21 november 2012). *chalmers.se*. Hämtat från Program: <https://www.chalmers.se/sv/utbildning/program-pa-grundniva/Sidor/default.aspx>
- Denscombe, M. (2016). *Forskningshandboken*. Lund: Studentlitteratur AB.
- El Araby, M. (2002). *Possibilities and Constraints of using Virtual Reality in Urban Design*. Wien: Vienna University of Technology.
- Frost, P., & Warren, P. (2000). *Virtual reality used in a collaborative architectural design process*. London: IEEE.
- Höst, G. (den 26 Augusti 2016). *Skolverket.se*. Hämtat från Pojkar tar fortfarande mer plats än flickor i klassrummet: <https://www.skolverket.se/skolutveckling/forskning/amnen-omraden/no-amnen/undervisning/pojkar-tar-fortfarande-mer-plats-an-flickor-i-klassrummet-1.252624>
- HTC Vive . (den 5 maj 2017). *vive.com*. Hämtat från VR product: <https://www.vive.com/eu/product/>
- HTC Vive. (den 18 maj 2017). *Vive*. Hämtat från Vive: <https://www.vive.com/eu/>
- Janeh, O., Langbehn, E., Steinicke, F., Bruder, G., Gulberti, A., & Poetter-Nerger, M. (2017). *Walking in Virtual Reality: Effects of Manipulated Visual Self-Motion on Walking Biomechanics*. New York: ACM Transactions on Applied Perception (TAP).
- Janlert, L.-E. (den 17 maj 2017). *ne.se*. Hämtat från Virtuellt verklighet: <http://www.ne.se.proxy.lib.chalmers.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/virtuell-veklighet>
- Jones, J. A., Swan, J. E., & Bolas, M. (2013). *Peripheral stimulation and its effect on perceived spatial scale in virtual environments*. Los Angeles: University of Southern California.
- Langbehn, E., Raupp, T., Bruder, G., Steinicke, F., Bolte, B., & Lappe, M. (2016). Visual blur in immersive virtual environments: does depth of field or motion blur affect distance and speed estimation? i E. Langbehn, T. Raupp, G. Bruder, F. Steinicke, B. Bolte, & M. Lappe, *VRST '16 Proceedings of the 22nd ACM*

- Conference on Virtual Reality Software and Technology* (ss. 241-250). München: AMC.
- Li, B., Nordman, A., Walker, J., & Kuhl, S. A. (2016). The effects of artificially reduced field of view and peripheral frame stimulation on distance judgments in HMDs. i B. Li, A. Nordman, J. Walker, & S. A. Kuhl, *SAP '16 Proceedings of the ACM Symposium on Applied Perception* (ss. 53-56). New York: ACM.
- Li, B., Zhang, R., & Kuhl, S. (2014). *Minication affects action-based distance judgments in oculus rift HMDs*. Vancouver: SAP '14 Proceedings of the ACM Symposium on Applied Perception.
- Lin, C. J., & Woldegiorgis, B. H. (2015). *Interaction and visual performance in stereoscopic displays: A review*. Taipei: Society for Information Display.
- Siegel, Z. D., & Kelly, J. W. (2016). *Walking through a virtual environment improves perceived size within and beyond the walked space*. Ames: Springer US.
- Sjöström, E. (2015). *Virtual Reality as a Sales Tool for Industrial Companies*. Umeå: Umeå Universitet.
- Sköld, P. (2002). *Att vara där – designaspekter av ett VR- system för användning i en arkitektpraktik*. Linköping: Linköpings universitet.
- Valve Corporation. (den 17 maj 2017). *valvesoftware.com*. Hämtat från Company, About Valve: <http://www.valvesoftware.com/company/>
- Warell, J. (den 17 maj 2017). *ne.se*. Hämtat från VR-glasögon: <http://www.ne.se.proxy.lib.chalmers.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/vr-glasögon>
- Wells, M., & Campbell, D. A. (1994). *A Critique of Virtual Reality in the Architectural Design Process*. Washington: University of Washington.
- White arkitekter AB. (den 17 maj 2017). *white.se*. Hämtat från Fakta och siffror: <http://www.white.se/fakta-och-siffror/>
- Wingårdhs, Nyrens, LINK arkitektur, Sweco, Temagruppen Sverige AB, Arkitekterna Krook & Tjäder, . . . ÅWL arkitekter AB. (den 9 mars 2017). Användandet av VR på arkitektkontor i Sverige. (L. Borchert, & S. Skoglund, Intervjuare)

## 7      **Figurförteckning**

Figur 1 Utrustning HTC Vive (HTC Vive, 2017).....	3
Figur 2 Trohetstrappan (Al-Kodmany, 2002).....	5
Figur 3 Planritning .....	5
Figur 4 Renderad bild .....	6
Figur 5 Denna vy kan både ses som en animerad film och en virtuell miljö då båda ses på storbild. Skillnaden är att den animerade filmen är förinställd eller styrs av presentatören och den virtuella miljön ger möjlighet till att själv manövrera runt på skärmen. ....	6
Figur 6 VR-utrustning.....	7
Figur 7 Modell 1, steg 1, kala väggar, golv och tak.....	11
Figur 8 Modell 1, steg 2, här har dörr och fönster lagts till. ....	11
Figur 9 Modell 1, steg 3, här har även möbler och golvtextur lagts till.....	11
Figur 10 Modell 1, steg 1, endast massor. ....	12
Figur 11 Modell 2, steg 2, här har mark, fönster, dörrar och balkonger adderats till modellen.....	12
Figur 12 Modell 2, steg 3, här har även material, vägar, träd, gatulampor och människor lagts till.....	12
Figur 13 Uppskattning av modell 1, kategoriserat i åldersgrupp.....	14
Figur 14 Uppskattning av modell 1, kategoriserat efter yrke. ....	15
Figur 15 Uppskattning av modell 1, kategoriserat efter kön (Se bilaga).....	17
Figur 16 Förklaring av husnumrering i modell 2.....	17
Figur 17 Uppskattning av modell 2, kategoriserat efter yrkesgrupp. ....	19
Figur 18 Uppskattning av modell 2, kategoriserat efter kön. ....	20

## 8 Tabellförteckning

Tabell 1 Uppskattning av modell 1, kategoriserat i yrkesgrupp med standardavvikelser.....	15
Tabell 2 Uppskattning av modell 1, kategoriserat i kön med standardavvikelser. ....	16
Tabell 3 Uppskattning av modell 2, kategoriserat i yrkesgrupp med standardavvikelser.....	18
Tabell 4 Uppskattning av modell 2, kategoriserat i kön med standardavvikelser. ....	19