

Litteraturreview:

Kan brugen af VR/AR give arkitektfirmaet Urban Powers kunder en bedre brugeroplevelse?

Steen Jensen, lektor

Erhvervsakademi Sjælland, Danmark

stje@easj.dk

ABSTRACT

The fundamental challenge within architecture is, that it is both an expensive and long process to build a house and/or change a landscape. In the same way it is very expensive to change or “regret”, when the construction is finished. The Danish architect company “Urban Power” (UP) therefore wants to examine, if the use of VR/AR could show new ways to visualize their solution towards customers.

The purpose of this paper is to provide an overview of current research within the VR/AR area.

Nøgleord: *Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR), traditionelle visualiseringsmetoder*

1. INTRODUKTION

Nærværende litteraturreview indgår i udviklingsprojektet *Moderne brugergrænseflader*.

Formålet med dette review er at afdække eksisterende forskning inden for VR/AR-området, så det kan danne bases for en besvarelse af forskningsspørgsmålet (se afsnit 5) i et senere working paper.

Den grundlæggende udfordring inden for arkitektur er, at det er både en dyr og langvarig proces at opføre et hus og/eller ændre et landskab med en helhedsplan. På samme måde er det meget dyrt at ændre, “fortryde”, når konstruktionen er udført. Derfor har arkitekter gennem årene udviklet og forfinet præsentationen af ideen: Som modeller og som billeder eller tegninger i perspektiv og med mennesker til størrelsesforhold. Det kan være svært at afkode den konkrete oplevelse af det færdige byggeri, og håbet er, at man med ny teknologi kan opleve bygninger eller landskabsændringer i landskabet, og dermed opleve bygningernes effekt.

Arkitektfirmaet Urban Power ønsker derfor at undersøge, hvordan AR / VR kan vise nye veje til at præsentere visualiseringer af arkitektoniske scenarier for beslutningstagere og interessenter, og dermed kvalificere beslutningerne.

EASJ's rolle er at fungere som kontakt til kunde (Urban Power) samt at sørge for, at der bliver udarbejdet løsninger til at belyse graden af anvendelighed af VR/AR – dette søges opnået ved at

anvende studerende i et VR/AR-valgfag på PBA Webudvikling som arbejdskraft. For at opnå et tilstrækkeligt erfaringsgrundlag med anvendeligheden af VR/AR skal der udarbejdes løsninger i to iterationer, hvor hver iteration svarer til et semesters forløb med VR/AR-valgfaget.

2. VIRTUAL REALITY (VR)

Virtual reality er et kunstigt miljø, som er skabt med software og præsenteret for brugeren på en sådan måde, at brugeren opfatter dette som et virkeligt miljø. På en computer opleves virtual reality primært gennem to af de fem sanser: syn og lyd¹.

3. AUGMENTED REALITY (AR)

Augmented reality er integrationen af digital information med live video eller brugerens miljø i realtid².

4. TRADITIONELLE VISUALISERINGSMETODER

Urban Power benytter p.t. visualiseringsmetoder såsom *fly-through* (bevæge sig/flyve rundt om 3D-modeller), videoer, tændstiksmodeller, flamingomodeller. Der er altså tale om "traditionelle" visualiseringsmetoder, som **ikke** anvender hverken VR eller AR som metode.

5. AFGRÆNSNING & SPØRGSMÅL

Omfanget af nærværende litteraturreview begrænser sig til artikler, der kan findes via online søgemaskiner. Artikler, der enten er for gamle eller har for specifikt et fokus (fx 'AR i skakspil') er **ikke** medtaget.

Litteraturreviewet er styret af følgende spørgsmål:

- Giver brugen af VR/AR-teknologi arkitektfirmaet Urban Power's kunder en bedre brugeroplevelse sammenlignet med de traditionelle visualiseringsmetoder, som Urban Power p.t. benytter?

6. METODE

Jeg har valgt at opdele min litteratursøgning i tre trin. Dette er begrundet i, at der er tale om et længerevarende forløb, hvor fokus har ændret sig, og vi har opnået vigtige erfaringer undervejs. På baggrund af dette giver det god mening at betragte litteratursøgningen som et **iterativt** forløb.

De tre trin beskrives nedenfor. Som søgemaskiner er der benyttet **DBLP**, **Google Scholar** samt **ResearchGate**. Endvidere er der i trin 2 udelukkende anvendt Google.

De udvalgte artikler fra hvert trin vil blive yderligere analyseret under afsnit 7 "Analyse af litteraturen".

1. Indledende søgning:

Sammen med resten af projektgruppen har jeg foretaget en litteratur-scanning for at få et overblik over, hvilke forskningsartikler inden for Virtual Reality (VR) & Augmented Reality (AR), som vi ville kunne drage nytte af i projektet. Samtidig vil vi også gennem scanningen forsøge at

¹ Definition oversat fra engelsk fra <https://whatis.techtarget.com/definition/virtual-reality> Lokaliseret d. 29. juni 2018

² Definition oversat fra engelsk fra <https://whatis.techtarget.com/search/query?q=augmented+reality> Lokaliseret d. 29. juni 2018

få et overblik over, om der er nogle uudforskede områder, hvor vi vil kunne byde ind gennem vores projekt.

Da vores samarbejdspartner (Urban Power) arbejder inden for arkitektur, har vi medtaget termen "arkitektur" som afgrænsende søgeparameter. I den indledende søgning er afdækning af forskning indenfor VR og AR foretaget med to søgemaskiner: **DBLP** (en tysk søgemaskine udviklet af universitet i Trier med fokus på forskning inden for området Computer Science) samt **Google Scholar**.

I DBLP er der søgt på henholdsvis 'virtual reality architecture' og 'augmented reality architecture', mens der i Google Scholar (kun søgeresultater siden 2013 er anvendt) er søgt på henholdsvis 'virtual reality arkitektur Danmark' og 'augmented reality arkitektur Danmark'. På denne måde opnår vi at scanne både international og dansk forskning.

Generelt gælder det for både VR og AR, at søgeresultaterne i søgemaskinen DBLP generelt afspejler et fokus på forskning i udvikling af en arkitektur (software + hardware) til VR/AR og ikke i særlig høj grad en systematisk erfaringsopsamling i forbindelse med anvendelse af VR/AR. Søgeresultaterne i Google Scholar afspejler generelt et fokus på arkitektur generelt set eller 3D-modellering til arkitektur. Der er endvidere en del artikler, der behandler VR/AR på et generelt niveau.

På dette trin valgte vi at opdele vores søgninger i henholdsvis **VR** og **AR**.

Vi har valgt at medtage tre artikler inden for VR:

- [1]. Portman, Michelle et al (2015). *To go where no man has gone before: virtual reality in architecture, landscape architecture and environmental planning*.
- [2]. Patel, Navinchandra K. et al (2002). *Evaluating the use of virtual reality as a tool for briefing clients in architecture*.
- [3]. Fritz-Rasmussen, Nikolaj B. (2016). *Virtual design & construction, fremtidens projekteringer og simuleringer*. Artiklen er i kategorien **ikke akademisk**, men er skrevet af en studerende på Bygningskonstruktøruddannelsen på KEA. Der er således tale om et godt, praktisk fundament. Både artikel 1+2 er i kategorien **akademisk** og behandler VR i laboratorie-omgivelser, hvor VR-løsningen afvikles på kraftige computere.

Vi har valgt at medtage to artikler inden for AR:

- [4]. Chi, Hung-Lin et al (2013). *Research trends and opportunities of augmented reality applications in architecture, engineering, and construction*.
 - [5]. Paul Hockett, Tim Ingleby (2016). *Augmented Reality with Hololens: Experiential Architectures Embedded in the RealWorld*.
- Både artikel 4+5 er i kategorien **akademisk**

2. Søgning til undervisning i valgfag:

I forbindelse med udvikling af valgfaget fandt vi ud af, at vi manglede nogle **designregler**, som de studerende kunne støtte sig op ad, når de udviklede VR/AR-løsninger. Ved søgning i Google fandt jeg to artikler, begge i kategorien **ikke akademisk**, men begge med et solidt, praktisk fundament. Det drejer sig om artiklerne:

- [6]. Ravasz, Jonathan (2016). *Design Practices in Virtual Reality*.
- [7]. Wilson, Tyler (2017). *The Principles of Good User Experience Design for Augmented Reality*.

Efter første iteration (første semester af valgfaget) ønskede Urban Power fremover udelukkende at fokusere på AR og havde desuden følgende bemærkninger / ønsker til forbedringer i løsningerne:

- Bedre realisme i 3D-objekter: teksturer, skala, lyssætning, perspektiv
- Bedre skalaforhold i 360-fotos
- Realistisk beplantning
- Større grad af brugerinteraktion:
 - Kunne styre animerede objekter (fx biler)
 - Tænde / slukke for forskellige lag, fx:
 - Med/uden beplantning
 - Med/uden byrumsmøbler (fx bænke)
 - Valg af forskellige materialer/teksturer på objekter
 - Valg af forskellige former for kunstbelysning (herunder skift mellem dag/nat)
 - Valg af forskellige typer beplantning, byrumsmøbler etc.

Der skal altså fokuseres på AR og en høj grad af brugerinteraktion i løsningerne. På denne baggrund gennemførte jeg søgninger som beskrevet nedenstående under trin 3.

3.

3.1. DBLP med søgestreng 'interacting augmented reality architecture'

Dette gav kun *1 hit* fra 2005 (Liarokapis, Fotis (2005). *Augmented Reality Interfaces-Architectures for Visualising and Interacting with Virtual Information*). Da der er tale om en temmelig gammel artikel (ihvertfald i VR/AR-sammenhæng), har jeg valgt **ikke** at medtage denne artikel.

3.2. DBLP med søgestreng 'interacting augmented reality' (dvs. ordet *architecture* udeladt)

Dette gav *15 hits* (1998-2017), men **ingen brugbare**.

3.3. DBLP med søgestreng 'augmented reality gestures'

Dette gav *10 hits* (2006-2017). Enten var artiklerne generelt for gamle, eller også var de for specifikke i deres fokus, fx til skakspil. Jeg fandt dog en enkelt artikel i kategorien **akademisk**, som jeg har medtaget. Det drejer sig om artiklen:
[8]. Piumsomboon, Thammathip et al (2013). *User-Defined Gestures for Augmented Reality*.

3.4. Google Scholar med søgestreng 'augmented reality gestures -book' (bogreferencer udeladt)

Dette gav *29400 hits*. For at nedbringe dette meget høje antal angav jeg, at der kun skulle medtages sider *siden 2018*. Dette nedbragte *antal hits til 1080*, men **ingen brugbare**, da fokus var for specifikt (fx på specifik hardware eller specielle anvendelsesområder).

3.5. ResearchGate med søgestreng 'augmented reality gestures'

Dette gav *42 henvisninger* til forskere, der havde skrevet om emnet, men generelt **ingen brugbare**, da fokus var for specifikt (fx på specifik hardware eller specielle anvendelsesområder). Jeg fandt dog her samme reference som under 3.3 (reference nummer 8).

7. ANALYSE AF LITTERATUREN

De otte fundne artikler nævnt i afsnit 6 *Metode* analyseres nu nærmere. I afsnit 10 *Referencer* er der endvidere for hver artikel angivet, hvor man kan få fat i den givne artikel. Nogle steder kan man læse den givne artikel direkte på skærmen, andre steder skal man først downloade artiklen, før man kan læse den, og endelig skal man nogle steder anmode artiklens forfatter om at rekvirere en kopi af artiklen.

Artikel 1 - Portman, Michelle et al (2015). *To go where no man has gone before: virtual reality in architecture, landscape architecture and environmental planning*.

Artiklen nævner som en udfordring ved VR, at det er vigtigt at komme ud over rent deskriptive visualiseringer/løsninger, hvor brugeren bare passivt kan betragte omgivelserne i løsningen. I stedet bør løsningen fokusere på at aktivere brugeren ved at inkorporere multisensoriske virkemidler. Artiklen agiterer mere for en kombination af VR og AR (mixed reality) og opstiller fem egenskaber ved en god VR-løsning: intensiv, interaktiv, immersiv, illustrativ samt intuitiv.

Artiklen kan kategoriseres under forskningstraditionen 'best practice'. I artiklen anvendes følgende taksonomi/begreber: *Mixed Reality* fra VR/AR-området, immersiv fra computerspil samt *intuitiv* fra GUI generelt. Vi har valgt artiklen, fordi den vil kunne bruges til at opstille fem egenskaber ved en god VR-løsning samt fokus på aktivering af bruger (multisensoriske virkemidler i en mixed reality løsning).

Artikel 2 - Patel, Navinchandra K. et al (2002). *Evaluating the use of virtual reality as a tool for briefing clients in architecture*.

Artiklen indeholder et spørgeskema inddelt i fire sektioner (engelsk termer):

- scale/spatial – grad af kundes evne til at bedømme skala & rumlighed
- cognition – grad af design information internaliseret af kunde
- presence/immersion – grad af involvering/fordybelse
- richness of view – grad af realisme.

Artiklen kan kategoriseres under forskningstraditionen 'kvantitativ metode'. I artiklen anvendes følgende taksonomi/begreber: *scale/spatial* fra arkitektbranchen/3D, *cognition* fra psykologi samt *presence/immersion* fra computerspil. Vi har valgt artiklen, fordi den vil kunne bruges som udgangspunkt til at konstruere et spørgeskema til evaluering af de udarbejdede løsninger.

Artikel 3 – Fritz-Rasmussen, Nikolaj B. (2016). *Virtual design & construction, fremtidens projekteringer og simuleringer*.

Artiklen beskriver værktøjer & metoder i 'virtual design & construction' (VDC) samt giver en oversigt over virksomheder, der benytter VDC.

Artiklen kan kategoriseres under forskningstraditionen 'Virtual Design & Construction (VDC)'. Da artiklen er tro mod den opstillede fremgangsmåde & de listede værktøjer beskrevet i VDC,

benyttes taksonomi/begreber svarende til, hvad der benyttes i VDC. Vi har valgt artiklen, fordi den vil kunne bruges som guide til en oversigt over værktøjer samt liste over mulige inspirationsfirmaer, der arbejder med arkitektur.

Artikel 4 – Chi, Hung-Lin et al (2013). *Research trends and opportunities of augmented reality applications in architecture, engineering, and construction*.

Artiklen diskuterer tendenser i AR applikationer til arkitektur, ingeniørvirksomhed, byggeri og facilitetsstyring med særlig fokus på arkitekturområdet.

Artiklen nævner at, der er udfordringer både ved VR- og AR-løsninger. Disse udfordringer kan løses ved at benytte en mixed reality-løsning i stedet for.

Artiklen beskriver arkitekturen af en AR-applikation i fire faser: Data, Computing, Tangible og Presentation. I hver fase kan følgende teknologier anvendes:

- Data: Cloud Computing (BIM, Database)
- Computing: Lokaliseringsteknologier (GPS, UWD)
- Tangible: Portable og Mobile enheder (Mobil, Briller)
- Presentation: Natural User Interface (Kinesthetic, Motion Capture).

Artiklen kan kategoriseres under forskningstraditionen 'best practice'. I artiklen anvendes følgende taksonomi/begreber: *Mixed Reality* fra VR/AR-området samt *NUI* (natural user interface) fra GUI. Navnene på de fire faser (Data, Computing, Tangible og Presentation) er alle nye som navne på faser, men er velkendte fra andre områder, fx Big data (Data) og undervisning (Presentation). Vi har valgt artiklen, fordi den vil kunne bruges til at forstå vigtigheden af at anvende mixed reality. Endvidere kan artiklen bruges som en slags inspirationsliste til, hvilke teknologier man kan inddrage i løsningen.

Artikel 5 - Paul Hockett, Tim Ingleby (2016). *Augmented Reality with HoloLens: Experiential Architectures Embedded in the RealWorld*.

Artiklen tager udgangspunkt i brugen af HoloLens i AR-applikationer. I denne artikel beskriver forskerne deres arbejde og erfaringer med HoloLens.

Det interessante ved denne artikel er, at en af forskerne er en arkitekt med interesse for visualisering af arkitektoniske former og med en baggrund i 3D- modellering og CAD.

Der bliver forsket i tre grundlæggende anvendelser.

- 1- Grundlæggende 3D-datavisualisering
- 2- Visualisering af arkitektoniske former
- 3- Dybdegående (immersiv) datavisualisering.

Eksempler på nogle af de anvendte teknologier, som artiklen nævner: Matlab (mapning af 3D-figur til 3D XML-format), Blender, Google Sketch-Up), Unity HoloLens project.

Artiklen kan kategoriseres under forskningstraditionen 'teknologiafprøvning', hvor der opstilles en række use cases som grundlag for afprøvning af Microsoft HoloLens³. I artiklen anvendes følgende taksonomi/ benyttet inden for AR & MR (mixed reality) samt 3D-visualisering/arkitektur. Vi har valgt artiklen, fordi den vil kunne bruges som guide til værktøjer, især brug af HoloLens i augmented reality.

³ Se fx beskrivelse på <https://www.microsoft.com/en-us/hololens> Lokaliseret d. 13. september 2018

Artikel 6 - Ravasz, Jonathan (2016). *Design Practices in Virtual Reality*.

Artiklen er skrevet af Jonathan Ravasz, som er interaktionsdesigner og arbejder som prototypeudvikler hos Oculus med fokus på social VR. Forfatteren opstiller en række designregler for VR (her blot gengivet med engelsk termer): Role of the ground, Atmosphere, Terrain features, Introducing the user to the environment via soundscapes, Guiding the user with objects, Contextual reticle, Interactive objects.

Artiklen kan kategoriseres under forskningstraditionen 'best practice'. I artiklen anvendes følgende taksonomi/begreber: *Role of the ground*, *Atmosphere*, *Terrain Features* fra 3D-modellering, *soundscapes* fra computerspil, samt Contextual *reticle* fra måleenhed fra optiske instrumenter. Vi har valgt artiklen, fordi den vil kunne bruges som vejledende designregler, når der udarbejdes VR-løsninger.

Artikel 7 - Wilson, Tyler (2017). *The Principles of Good User Experience Design for Augmented Reality*.

Artiklen er skrevet af Tyler Wilson, som er UX/UI-designer og arbejder hos Helios Interactive. Forfatteren opstiller en række designregler for AR (her blot gengivet med engelsk termer): Environmental Design vs Interaction Design, Visual and Audio Cues, Color and Text, Add Weight, Innovate in Small Doses, Finding What Works, Empathy.

Artiklen kan kategoriseres under forskningstraditionen 'best practice'. I artiklen anvendes følgende taksonomi/begreber: *Color and text* fra Farveteori, *Add weight* (lys/skygge) fra 3D-formgivning, *Innovate in small doses* (brug kendt mobil gestik) fra Mobil gestik, *Finding what works* fra Usability test samt *Empathy* fra psykologi. Vi har valgt artiklen, fordi den vil kunne bruges som vejledende designregler, når der udarbejdes AR-løsninger.

Artikel 8 - Piumsomboon, Thammathip et al (2013). *User-Defined Gestures for Augmented Reality*.

Artiklen er skrevet af Thammathip Piumsomboon et al, der forsker hos University of Canterbury, New Zealand. Jeg vil her fokusere på afsnit 4.1+4.4, da disse afsnit har mest relevans for udviklingsprojektet. Afsnit 4.1 opstiller en taksonomi for håndbevægelser / gestik i AR, mens afsnit 4.4 opstiller en række, konkrete håndbevægelser / gestik for forskellige ønskede handlinger i AR.

Artiklen kan kategoriseres under forskningstraditionen 'kvalitativ metode, udvikling af taksonomi'. I artiklen anvendes følgende taksonomi/begreber fra Wobbrock et al⁴ udvidet. Den nye taksonomi blev brugt som basis for udvikling af brugerdefinerede håndbevægelser / gestik, hvor resultater fra tænke-højt tests samt interviews blev indsamlet. Vi har valgt artiklen, fordi den vil kunne bruges til at klassificere anvendte håndbevægelser / gestik i udarbejdede AR-løsninger samt at kunne tage udgangspunkt i forslag til konkrete håndbevægelser / gestik, når interaktionen i AR-løsninger skal implementeres.

⁴ Wobbrock, J. O., Morris, M.R., Wilson, A.D.: User-defined gestures for surface computing.

In: Proceedings of the 27th International Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 1083–1092. ACM, Boston (2009)

8. INTERESSENER

Primære interesser:

Da litteraturreviewet som beskrevet i afsnit 5 *AFGRÆNSNING & SPØRGSMÅL* er styret af spørgsmålet 'Giver brugen af VR/AR-teknologi arkitektfirmaet Urban Power's kunder en bedre brugeroplevelse sammenlignet med de traditionelle visualiseringsmetoder, som Urban Power p.t. benytter?', er den vigtigste interessant naturligvis arkitektfirmaet Urban Power (UP).

UP vil kunne bruge resultaterne fra litteraturreviewet som inspiration og vejledende designregler, når de skal udarbejde løsninger til deres kunder. Da UP som nævnt i afsnit 6 *METODE* ønsker at fokusere på AR, vil specielt artiklerne/referencerne 4, 5, 7 og 8 være interessante.

En anden primær interessant er BIMLab⁵, som løbende arbejder med projekter inden for både VR og AR. BIMLab vil kunne bruge artiklerne/referencerne 1, 4, 5, 6, 7 og 8 som inspiration og vejledende designregler i udarbejdelsen af deres løsninger. Da det er planen at revidere spørgeskemaet fra artikel/reference 2 i samarbejde med BIMLab, hvor der fokuseres på AR med input fra artiklerne/referencerne 7+8, vil BIMLab også have mulighed for efterfølgende at benytte det reviderede spørgeskema for sammen med deres kunder at kunne evaluere de udarbejdede løsninger. Spørgeskemaet vil naturligvis også kunne bruges af Urban Power til sammen med deres kunder at foretage en evaluering af de udarbejdede løsninger.

En tredje primær interessant er de studerende i VR/AR-valgfaget på PBA Webudvikling. De studerende vil kunne bruge artiklerne/referencerne 6, 7 og 8 som designregler, når de udarbejder VR- & AR-løsninger.

Sekundære interesser:

Det vil være oplagt at tro, at også andre arkitektfirmaer end Urban Power vil kunne få glæde af resultaterne fra litteraturreviewet, hvis de ligeledes enten er i gang med eller overvejer at inddrage VR/AR i deres arkitektfaglige praksis.

Hvis det viser sig, at det reviderede spørgeskema fra artikel/reference 2 (med fokus på AR) bliver *generelt* i sin udformning (taksonomi og terminologi), vil spørgeskemaet formentlig (evt. med mindre tilpasninger) kunne anvendes i forbindelse med brugertests af udarbejdede løsninger inden for forskellige brancher: formidling (fx museer), simulationer (fx sundhedssektoren og militæret), produktpræsentationer etc.

9. KONKLUSION

Generelt afspejler søgeresultaterne ikke i særlig høj grad en systematisk erfaringsopsamling i forbindelse med anvendelse af VR/AR.

Mange hits er for gamle, og en del hits er enten *for generelle* eller har *for specifikt* et fokus (fx AR i skakspil).

Vi valgte nogle få artikler, hvor jeg her vil fokusere på:

- Artikel/reference 2: basis for udvikling af spørgeskema

⁵ Se beskrivelse på <https://easjbimlab.wordpress.com/author/jnieeasj/> Lokaliseret d. 29. juni 2018

- Artiklerne/referencerne 6 og 7: designregler for VR/AR, som kan bruges, når der udarbejdes VR/AR-løsninger.

Efter feedback fra Urban Power efter første iteration blev det besluttet, at fokus den næste iteration skulle være på AR og en høj grad af brugerinteraktion i løsningen. På denne baggrund foretog jeg yderligere søgninger, hvor kombinationen af AR og *interaktion/interagering* indgik. Dette gav ingen hits. Jeg lavede en ny søgning med søgestrengen 'augmented reality gestures', hvor jeg fandt en god artikel med fokus på *håndbevægelser/gestik* i AR-løsninger (se artikel/reference 8).

Med kombinationen af basis for udvikling af spørgeskema (artikel/reference 2), designregler for AR (artikel/reference 7) samt forslag til konkrete håndbevægelser/gestik til interaktion i AR-løsninger (artikel/reference 8) skulle der være et godt grundlag for at kunne besvare det styrende spørgsmål i litteraturreviewet: 'Giver brugen af VR/AR-teknologi arkitektfirmaet Urban Power's kunder en bedre brugeroplevelse sammenlignet med de traditionelle visualiseringsmetoder, som Urban Power p.t. benytter?'.

10. REFERENCER

[1]. Portman, M. E., Natapov, A. & Fisher-Gewirtzman, D. (2015). *To go where no man has gone before: virtual reality in architecture, landscape architecture and environmental planning*. Artikel i tidsskriftet Computers Environment and Urban Systems. Vol. 54 (2015) pp. 376-84. Elsevier Ltd.

Kan downloades fra **The MarCoast Ecosystems Integration Laboratory** via url <https://portman.net.technion.ac.il/pubs/>

[2]. Patel, N. K., Champion, S. P., & Fernando, T. (2002). *Evaluating the use of virtual reality as a tool for briefing clients in architecture*.

Artikel i *Proceedings of the International Conference on Information Visualisation* (Vol. 2002–January, pp. 657–663). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.

Kan rekvireres via **ResearchGate** via url

https://www.researchgate.net/publication/3964972_Evaluating_the_use_of_virtual_reality_as_a_tool_for_briefing_clients_in_architecture

[3]. Fritz-Rasmussen, N. B. (2016). *Virtual design & construction, fremtidens projekteringer og simuleringer*.

7. semester specialerapport fra Bygningskonstruktøruddannelsen (KEA-id: nico0628@kea.dk). Erhvervsakademi København (KEA).

Kan downloades via url

https://opgaver.kea.dk/bitstream/handle/20.500.11869/31/VDC_FREMTIDENS%20PROJEKTERING%20OG%20SIMULERING_NIKOLAJ_BOISEN_FRITZ-RASMUSSEN_7A_E2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[4]. Chi, H., Kang, S., Wang, X. (2013). *Research trends and opportunities of augmented reality applications in architecture, engineering, and construction*

Artikel i *Automation in Construction*, vol. 33 (2013) pp. 116-122. Elsevier Ltd.

Kan rekvireres via **ResearchGate** via url

<https://www.researchgate.net/publication/257371819> Research trends and opportunities of augmented reality applications in architecture engineering and construction

[5]. Hockett, P., Ingleby, T. (2016). *Augmented Reality with Hololens: Experiential Architectures Embedded in the RealWorld*.

Artikel publiceret i arXiv, 1610.04281v1 (2016). Cornell University Library.

Kan downloades fra **Cornell University Library** via url <https://arxiv.org/abs/1610.04281>

[6]. Ravasz, Jonathan (2016). *Design Practices in Virtual Reality*.

Artikel publiceret på UX Collective, f900f5935826 (2016).

Kan læses på **UX Collective** via url <https://uxdesign.cc/design-practices-in-virtual-reality-f900f5935826>

[7]. Wilson, Tyler (2017). *The Principles of Good User Experience Design for Augmented Reality*.

Artikel publiceret på UX Collective, d8e22777aabd (2017).

Kan læses på **UX Collective** via url <https://uxdesign.cc/the-principles-of-good-user-experience-design-for-augmented-reality-d8e22777aabd>

[8]. Piumsomboon T, Clark A, Billingham M, Cockburn A (2013). *User-Defined Gestures for Augmented Reality*.

Artikel publiceret i Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), vol. 8118 LNCS, issue PART 2 (2013) pp. 282-299.

Kan downloades fra **ResearchGate** via url

<https://www.researchgate.net/publication/271589260> User-Defined Gestures for Augmented Reality

