

Augmented Reality og Kulturarv

– perspektiver for museernes forskning og formidling

Museerne står overfor at skulle omfavne den digitale kultur i håndteringen af den store mængde viden, institutionerne repræsenterer. Augmented Reality-systemer forbinder ved hjælp af moderne teknologi det virtuelle med det virkelige, og kan derfor synes som en oplagt anvendelsesmulighed i forbindelse med formidling og udforskning af kulturarven. En række projekter har de senere år vist, hvad fænomenet har af potentiale, samt hvilke udfordringer denne tilgang og den nuværende teknologiske begrænsninger byder på i forhold til kulturarvsarbejdet. Disse resultater bliver i denne artikel perspektiveret med øje for oplagte anvendelsesmuligheder for arkæologer og andre kulturarvsarbejdere.

Udfordringen: Digital kultur og kulturarv

Museer og vidensinstitutioner står overfor nye generationer af brugere med en utraditionel tilgang til videns- og informationstilgængelse. En åbenlys udfordring er derfor at omfavne den digitale kultur og overveje museernes håndtering af de store mængder information og viden, så kulturarv fortsat tilgængelig-gøres for borgerne.

Fremkomsten af den digitale kultur og teknologisk udvikling har haft væsentlig indflydelse på både samfundsniveau og enkeltpersoners arbejds-, handels-, social- og dagligliv. Anvendelsen af bl.a. internet-tjenester og en række mobile og allestedsnærværende kommunikationsteknologier sker nu som en naturlig del af hverdagen, og giver sjældent den enkelte anledning til større refleksion over forholdet mellem mennesker og teknik (Miller 2011: 1). Den "rigtige" verden og den virtuelle verden vil eksistere i en stadigt større sammensmeltning, ligesom de virtuelle verdens status med tiden ændres fra at opfattes som simuleringer af noget "ægte" til selvstændige udvidelser af vores fysiske og virtuelle færden (Munnerley et. Al. 2012: 45). De omdiskuterede såkaldte digitale indfødte og digitale immigranter opfatter i mindre grad end tidligere begreber som cyberspace og teknologi som noget adskilt fra vores færden i den (øvrige) virkelige verden. I stedet kan dette online-liv ses som en strategi for overlevelse og trivsel i det 21. århundrede (Prensky 2004: 2).

I disse år arbejder Sydvestjyske Museer på at etablere et museum for Ribes historie de seneste 500 år i det

såkaldte Quedens Gaard-kompleks, der består af bygninger fra 1583 og fremefter. Komplekset har en unik placering i byens renæssancekerne, som rummer en meget velbevaret bygningsmasse. Der er dermed mulighed for at gå rundt i kulturarven, og visionen er at integrere det autentiske bymiljø i museumsbesøget. Både museumsbesøg og sammensmeltning med byrummet skal ske gennem moderne teknologi. Derfor er der i forbindelse med museumsprojektet igangsat et forskningsprojekt i samarbejde med Centre for Design, Learning and Innovation på Aalborg Universitet i Esbjerg. Her skal det bl.a. undersøges hvordan oplevelsen af autenticitet i mødet mellem gæster, genstande og kulturarv kan understøttes af narrative processer og audiovisuelle teknologier. Et delelement i museets formidlingsplaner er et udviklingssamarbejde med virksomheden Intertisement (som udvikler visualiseringssystemer) om en mobil løsning som gennem levendegørelse, iscenesættelse og Augmented Reality skal motivere folk til at opleve historien bag den velbevarede kulturarv i midten af Ribe. I det følgende vil sammenhængen mellem denne teknologi og kulturarven blive forsøgt perspektiveret.

Hvad er Augmented Reality?

Augmented Reality (AR) er den overordnede betegnelse for et system, der supplerer oplevelsen af den virkelige verden med et virtuelt informationslag. I øjeblikket udgøres dette primært af billeder, tekst, lyd og film, men alt hvad man i øvrigt kan forestille sig frembragt ved hjælp af computerkraft er principielt i spil, hvorfor man kan forestille sig at fremtidens AR også vil kunne byde på lugte (kemisk frembragt), tryk

Tema: Digitalt museum

og andre sanseindtryk. Kort fortalt kan man definere et AR system ved følgende tre karakteristika: 1) det kombinerer virkelige og virtuelle objekter i et virkeligt miljø, 2) det er interaktivt og i real-time, 3) det tilpasser de virkelige og virtuelle objekter med hinanden (Azuma et. al. 2001: 34). Navnlig udbredelsen af mere regnekraftige smartphones har medvirket til at bane vejen for AR som populært fænomen. Det er imidlertid væsentlig at holde sig for øje, at AR ikke udelukkende knytter sig til håndholdte enheder, men også findes i andre udformninger.

Ideen om Augmented Reality er ikke ny. Uden hér at redegøre for ideens hele udviklingshistorie, kan som et enkelt eksempel fra fiktionens verden nævnes, at forestillingen om teknologien i form af et par elektriske briller nævnes i L. Frank Baums (1856 - 1919, bedst kendt som forfatteren til *Troldmanden fra Oz*) historie *The Master Key* fra 1901. Her gør brillerne det muligt for bæreren at skelne mellem gode og onde væsner idet brillerne tilføjer et bogstav i panden på de betragtede personer, som ækvivalerer deres karakterer (Baum 1901: 93-96). Der skulle dog gå flere år og en yderligere udvikling af elektronisk teknologi, inden forskerne kunne påbegynde udviklingen af brugbare AR-systemer. Som ved megen anden teknologisk udvikling spillede militæret en væsentlig rolle. Derfor kan man som et af de tidlige eksempler på AR f.eks. nævne det britiske projekt under 2. verdenskrig *Mark VIII Airborne Interception Radar Gunsighting*, som projicerede radaroplysninger om bl.a. venligt eller fjendtligt indstillede fly op på piloternes sigtekorn (Vaughan-Nichols 2009: 19). I løbet af 1950'erne og 1960'erne skete der navnlig to ting på det civile område, som fik betydning for den senere udvikling af både AR og VR (Virtual Reality). Morton Heilig udviklede *Sensorama* – en multimodal oplevelses-installation, hvor man placeret foran en skærm med

visuelt indhold tillige blev påført sanseindtryk som vind, lugt, vibrationer og lyd (Craig et. al. 2009: 4), og i 1960'erne udviklede computerforskeren Ivan Sutherland *The Sword of Damocles*, der betragtes som det første HMD (Head Mounted Display) (Sutherland 1968). Sideløbende med disse civile tiltag, arbejdede militæret og industrien også videre med udviklingen af AR-systemer. Betegnelsen *Augmented Reality* tilskrives Tom Caudell, som i 1990 hos flyfabrikanten Boeing udviklede et HMD som værktøj for flybyggerne (Vaughan-Nichols 2009: 19), og i 1992 præsenterede L. B. Rosenberg fra U.S. Air Force Research Laboratory og Stanford University et af de første fungerende AR systemer, *Virtual Fixtures* (Rosenberg 1993). Sidenhen tog især kommercielle firstmovers indenfor marketing, turisme og underholdning teknologien i brug til en række spektakulære markedsføringsprojekter såvel som involverende og underholdende spiledesign, hvorfor man i dag har mulighed for at møde teknologien i en lang række af markedsføringsfremstød og spil samt mobilapplikationer. Som det fremgår af nærværende artikel har også bl.a. museer og kulturinstitutioner opdaget potentialet.

Hvorfor Augmented Reality?

AR kan placeres i et kontinuum (fig. 1), der løber fra virkelige til virtuelle miljøer – to yderpunkter, som umiddelbart kunne opfattes som hinandens modsætninger. Litteraten Marie-Laure Ryan har imidlertid vist at man i modsætning til de seneste århundreders negative opfattelse af virtualitet som noget falsk (i forhold til den "ægte" virkelighed) – udtrykt ved f.eks. den franske teoretiker Baudrillard - i stedet kan vælge at tilslutte sig Pierre Lévy eller de gamle skolastikeres tolkning af det virtuelle som noget, der rummer et endnu ikke realiseret potentiale (Ryan 2001: 27). Spændet mellem "det virkelige" og "det virtuelle"

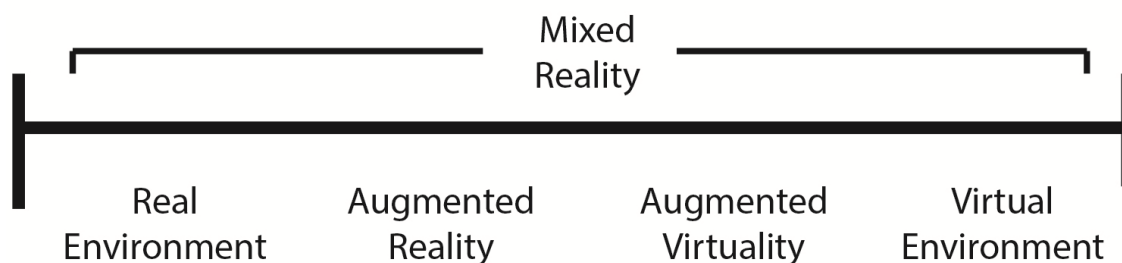


Fig.1: Virkelighed-Virtualitet-kontinuum tilvirket efter (Milgram & Kishino 1994)

udgør i kontinuummet en "Mixed Reality" – en tilstand der ikke er ukendt for personer hjemmehørende i den digitale kultur, og dagligt færdes på flere analoge og digitale platforme uden nødvendigvis at tillægge den ene større virkelighedsværdi end den anden. Det er her AR indplaceres, og skiller sig ud fra f.eks. både Augmented Virtuality og Virtual Reality (Virtual Environment) ved at fungere i en "virkelig" verden (Azuma et. al. 2001: 34).

Netop på grund af denne egenskab kan AR synes at være som skabt for museumsvirksomhed. I 2009 blev der gennem analyser af computerteknologiske muligheder og *eksperiential archeology* gjort et forsøg på at lægge en strategi for virtuelle tidsrejser, og i den forbindelse blev AR's egenskaber med at bidrage til den fysiske virkelighed – frem for at erstatte den helt – da også set som en klar styrke (Ch'ng 2009: 463). Meget museumsarbejde og AR har da også et vist fællestræk: en væsentlig museumsaktivitet er netop tilføjelsen af informationslag på en del af virkeligheden og derigennem fortolke og konstruere en "fortid" (hvis hele "eksistens" altså på baggrund af denne proces må siges at præges af virtualitet). Et meget håndgribeligt eksempel herpå er museernes udstillinger, hvor de ellers tavse genstande i samspil med tekster, billeder og lyde fremstiller nutidige perspektiver på en fortid, som ikke længere findes. Det samme sker i forskningsprocessen, når fagfolk sætter deres oparbejdede viden og egenskaber i spil med virkelighedens kilder og levn i fortidsfortolkningen, f.eks. når man trækker en søgegrøft og på baggrund heraf rekonstruerer Ribe by, som den må have set ud på et givent historisk tidspunkt.

Augmented Reality i praksis

For at skabe et overbevisende AR system må en række understøttende teknologier være til stede:

- En form for display
- Midler til sporing og kalibrering af fikspunkter til placering af de virtuelle elementer
- Midler til registrering af udløsende faktorer (triggers)
- Database til informationerne

Alle parametre, der kan registreres gennem teknologi kan anvendes og kombineres som udløsende faktorer – *triggers* – og forholder sig til ændringer i aspekter som f.eks. tid, lyd, lys, billeder, placering, berøring, tryk,

temperatur, bevægelse mm. (Azuma et. al. 2001: 35). Mest alment udbredte er i øjeblikket de AR systemer, der på en eller anden måde forholder sig til placering. Groft sagt anvendes her én af to tilgange: Ved AR baseret på geolokationer eller triangulering opbygges et net af interessepunkter baseret på f.eks. gps-koordinater som rummer forskellige virtuelle informationer som f.eks. videoer, billeder, 3D, tekst osv., mens artefakt- eller markerbaseret AR registrerer og kalibrerer sig i forhold til genkendelige visuelle mønstre f.eks. i form af markante fysiske genstande, billeder eller printede strekkoder. Førstnævnte teknik er særligt udbredt udendørs, og muliggør f.eks. at man i Berlin i dag har mulighed for at gå en tur langs en virtuelt genopbygget 3D-udgave af Berlinmuren², få on-site informationer om fortidens mennesker i forsvundne samfund i Midtjylland³ eller gå på Street Museum og opleve tidligere tiders bybillede i f.eks. Londons og Aarhus' travle gader. Den mønster-genkendende AR er ikke bundet til geospesifikke lokaliteter og er dermed mere fleksibel. Den kan anvendes ude, men også med fordel i f.eks. udstillinger. Teknikken til billedgenkendelse er efterhånden blevet så god, at stort set hvilket som helst visuelt udsnit af verden kan anvendes – en væsentlig faktor er imidlertid at det for at fungere må forblive uforanderligt. Teknikken er på det seneste blevet populær til at skabe liv på siderne i trykte varekataloger og til at visualisere og levendegøre indholdet på LEGOs æsker. Natural History Museum i London har på sin hjemmeside via printbare markers gjort det muligt at bringe en Neanderthaler til live i din egen stue⁴, og Royal Ontario Museums iPad-app til udstillingen "Ultimate Dinosaurs" genkender dinosaurer-skeletterne og lader dem genopstå i kød og blod⁵.

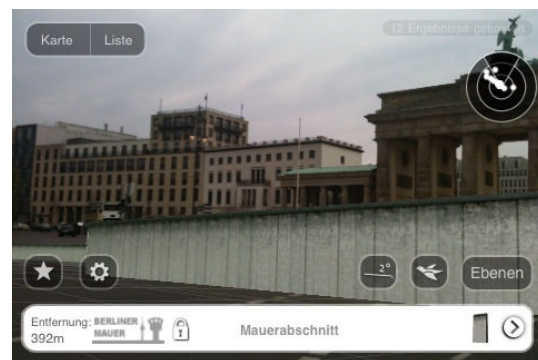


Fig 2: Historien genskabt: Berlinmuren genrejs via 3d-rekonstruktion og Augmented Reality apps til smartphones. (Image courtesy of Layar.)

Augmented Reality på museum

Der er således utallige eksempler på ARs egnethed til museumsformidling. I et formidlings- og læringsperspektiv er der ingen tvivl om at AR tilbyder alternativer til f.eks. gentagne ensformige læringssekvenser. AR giver mulighed for at knytte læringsituationen direkte til en database af viden (Munnerley et. al. 2012: 40) med hvad deraf følger af mulighed for fleksibilitet afhængigt af parametre som valg, situation og position.

I formidlingen af kulturarv gennem AR vil man stå overfor en række valg, der skal træffes – bl.a. om informationernes form. Her synes erfaringerne at være "The more realistic the better", og at ord er mangelfulde i en læringsproces, hvor historien bedre synker ind gennem en ind- og oplevet, kontekstuel fortælling. Derfor bør man overveje så vidt muligt at reducere informationer i form af tekst til fordel for eksempelvis detaljerede 3d-modeller (Cameron and Robinson 2010: 176). Dette stemmer overens med opfattelsen af museer (og i dette tilfælde museernes formidling onsite) som steder for læring, oplevelse og udforskning, hvor brugerne i mødet med genstandene starter en egen refleksion (Guazzaroni 2013: 335). Det gælder for anvendelsen af såvel VR som AR-teknologierne at deres iboende egenskaber kan give brugerne mulighed for at træde ind i et andet oplevelsesunivers – det, der med et engelsk VR-fagudtryk betegnes som *immersion*. En vellykket sammensmeltning af det virkelige og det virtuelle i et AR-system vil således kunne beskrives på samme vis som disse citerede ord (der dog er faldet i forbindelse med VR): "The question isn't whether the created world is as real as the physical world, but whether the created world is real enough for you to suspend your disbelief for a period of time. This is the same mental shift that happens when you get wrapped up in a good novel or become absorbed in playing a computer game" (Pimentel & Teixeira 1993: 15).

Perspektiverne for Augmented Reality og kulturarv

Med AR vil det være muligt at foretage såkaldte virtuelle tidsrejser på arkæologiske lokaliteter, som ikke længere rummer tydelige fysiske og materielle levn fra de pågældende perioder. Alt fysisk kan genskabes digitalt og herefter implementeres i bl.a. AR-systemer, og der er derfor store forventninger til den

fremtidige understøttende teknologi. Disse virtuelle tidsrejser forventes at supplere nuværende fysisk og erfaringsbaseret eksperimentel arkæologi med en højere grad af indsigt (og oplevelse af) et givent historisk miljø (Ch'ng, 2009: 467). Der findes allerede en række gratis og let tilgængelige værktøjer til udviklere af AR på håndholdte enheder uden forudgående programmeringserfaring⁶ (bl.a. *layar*, *scvngvr* og *aurasma* – se links), hvorfor det er relativt enkelt for institutionerne at lave målrettede produkter. Muligheden for at kunne gå på "jagt" efter kulturhistoriske rapporter on site via georeferencer, eller opleve rekonstruerede grubehuse og anden kulturarv genopført i 3d on location er således allerede til stede. Der arbejdes også på at udvikle såkaldte digitale dioramaer, som muliggør at museumsgæster gennem mobile enheder vil kunne få en udvidet oplevelse af en allerede eksisterende udstilling af fysiske genstande (Narumi et. al. 2011: 76f). AR-delen vil her kunne gøre oplevelsen fleksibel efter f.eks. temaer og vil kunne tilføre en i udgangspunktet statisk-fysisk udstilling en række dynamiske elementer. Med markerbaseret AR kan museumsbrugere udforske nøjagtige 3d-rekonstruktioner af ellers uhåndterbare og utilnærmelige museumsgenstande. De kan gå tættere på, længere væk og rundt om dem eller vende og dreje disse virtuelle udgaver, ligesom de kan møde fortidens mennesker gennem filmklip, arkivbilleder, animationer og lyd.

I skrivende stund er fænomenet AR i høj grad forbundet med de håndholdte mobile enheder, men muligheden for indlevelse i denne udvidede virkelighed øges nok på det tidspunkt, hvor det ikke længere er nødvendigt at stå og fægte med sin mobiltelefon eller tablet foran ansigtet. I det lys bliver det interessant om et produkt som f.eks. Googles kommende Glass-briller rykker noget i forhold til tidligere forsøg med tidligere HMD's (Head Mounted Displays), som bl.a. kendes fra ARCHEOGUIDE-projektet på Olympia eller iGlasses, som blev anvendt i AR-forsøgene med at indsætte animerede virtuelle personer i Pompeis ruiner (Papagiannakis & Magnenat-Thalman 2006). AR kan imidlertid også have form af stationære installationer, som rummer de tidligere nævnte karakteristika. En særlig form for AR, baseret på 3d projektion, bliver mere og mere udbredt, og som et dansk eksempel herpå i Danmark kan nævnes Museum Østjyllands installation Mejlbystenen i Randers fra 2008⁷. Installationen er



Fig. 3 Axello: Gennem AR og arkivbilleder genopstår trikotagevirksomheden Axello ved Herning. Screenshot fra mobilapplikationen "Digitale Tråde over Landskabet", udviklet af Museum Midtjylland og Alexandra Institutet.

karakteriseret ved at de visuelle informationer er projiceret direkte på selve museumsobjekten. Museumsgæsten fungerer i dette tilfælde selv som den udløsende faktor ved at nærme sig stenen, og har mulighed for at interagere i mindre omfang i forbindelse med et afsluttende "runespil" (Basballe & Halskov 2010).

Som det ovenstående viser, anvender museer i øjeblikket i høj grad AR som et formidlingsinstrument, der allerede har fundet mange forskellige former. Men arkæologer er også begyndt at tage AR i brug i felten i forskningsøjemed, og tilløbene hertil er foregået gennem årtier. Om dette vidner f.eks. CAA-konferencerne (Computer Applications & Quantitative Methods in Archaeology), som har været afholdt fra 1973 og frem⁸. Herfra kan f.eks. nævnes tidligere forsøg på via GPS og bærbare computere at skabe såkaldt "context aware" assisterende programsystemer i felten (Ryan et. al. 1998 & Ryan et. al. 1999). En række EU-tiltag bidrager tillige til vidensdeling i krydsfeltet mellem computerteknologi og arkæologisk og museologisk forskning, bl.a. projekterne V-MUST, Ariadne og The Cyprus Centre's STARC (The Science and Technology in Archaeology Research Center)⁹. Også EU-projektet AR

VENUS forsøger at udvide AR til andet end blot avancerede formidlingsformer. Ved hjælp af 3d-visualiseringer af bl.a. undervandskort og andre registrerede data skal en kombination af VR og AR i dette tilfælde muliggøre arkæologiske undersøgelser af ellers utilgængelige skibsvrag og bopladser (Haydar et. al. 2011: 319, 325). Nylige eksperimenter ved tårnet Peel Gap i Hadrians mur i Northumberland forsøger at anvende AR som metode til at binde GIS-baseret landskabsarkæologi sammen med fænomenologisk arkæologi. Den computerbaserede tilgængelighed for reproducerbarhed, eksperimenter og rekonstruktioner smelter således sammen med de legemliggjorte erfaringer i felten til en form for såkaldt *embodied GIS* med mulighed for at udforske og opleve dataene i realtid og on location (Eve 2012: 598). Ovenstående eksempler viser, at ved at anvende data som supplerende lag på den virkelighed man står i, kan to (eller flere) arkæologer i felten nu stå med en konkret, on-site visualisering at diskutere tolkninger ud fra, og således undgå at tale forbi hinanden. Ligesom GIS-teknologien samt mulighederne for at modellere i 3d har vundet ind på arkæologernes arbejdsdag, kan AR med tiden dermed i forskellige former blive ét blandt flere redskaber i arkæologernes værktøjskasse.

Afrunding

Nærværende artikel skal ikke opfattes som et ønske om en ren virtualisering af kulturarven. Den ægte vare har sin helt egen kvalitet, men Augmented Reality fremstår som et anvendeligt alternativ i de tilfælde, hvor et direkte møde med kulturarven og fortiden af forskellige årsager vanskeligt lader sig gøre. På forskningsområdet kan teknologien i kraft af mulighederne for visualisering og modellering, den uendelige reproducerbarhed og muligheden for at foretage ændringer heri bl.a. ses som et supplerende værktøj til fortolkningsprocessen. Formidlingsmæssigt kan fortidens bygninger og landskaber således genrejses på den bare jord, ligesom man kan tilbyde virtuelle "hands-on" oplevelser for museumsgæsterne, som ellers ikke har mulighed for at røre de pågældende museumsgenstande. Teknologien er endnu i sin vorden, men perspektiverne er – set i lyset af de allerede gjorte forsøg – lovende.

Noter/Link

1. PhD-stipendiat ved Centre for Design, Learning and Innovation, Aalborg Universitet, Esbjerg med projekttitlen "Towards an authentic Experience: integrating historical environments and narrative exhibitions using digital media".
2. 3D-udgave af Berlinmuren:
www.layar.com/layers/berlinermauer/
3. On site informationer om fortidens mennesker i forsvundne samfund i Midtjylland:
www.digitalettraade.dk
4. Natural History Museum i London - bring en Neanderthaler til live:
www.nhm.ac.uk/nature-online/life/human-origins/early-human-family/neanderthals
5. Royal Ontario Museums iPad-app til udstillingen "Ultimate Dinosaurs":
www.theglobeandmail.com/technology/tech-news/dinosaurs-roar-to-life-with-museums-augmented-reality-app/article4420174/
6. Gratis værktøjer til AR, bl.a. www.layar.com, www.scvng.com og www.aurasma.com

7. En demonstration af Mejlbystenen kan ses her:
<http://youtu.be/tdaT3TDbmSA>
8. CAA konferencernes hjemmeside, hvor man også finder proceedings fra en lang årrække af konferencer: www.caaconference.org/
9. V-must: www.v-must.net, Ariadne: www.ariadne-eu.org & STARC: www.cyi.ac.cy/starc.html

Litteratur

- Azuma, Ronald, et. al. 2001
Recent Advantages in Augmented Reality.
IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 21, Issue 6, s. 34–47.
- Basballe, Ditte Amund & Kim Halskov 2010
Projections on museum exhibits – engaging visitors in the museum setting.
OZCHI '10 Proceedings of the 22nd Conference of the Computer-Human Interaction Special Interest Group of Australia on Computer-Human Interaction, 2010, s. 80-87.
- Baum, L. Frank 1901
The Master Key – an Electrical Fairy Tale.
Bowen-Merrill Company Publishers, Indianapolis, 1901.
- Cameron, Fiona and Helena Robinson 2010
Digital Knowledgescapes: Cultural, Theoretical, Practical, and Usage Issues Facing Museum Collection Databases in a Digital Epoch.
in Fiona Cameron and Sarah Kenderdine (Ed.):
Theorizing Digital Cultural Heritage: A critical discourse, MIT Press, London, 2010 (2007), s. 165-191.
- Ch'ng, Eugene 2009
Experiential archaeology: Is virtual time travel possible?
Journal of Cultural Heritage, 10, 2009, s. 458-470.
- Craig, Alan, William Sherman & Jeffrey Will 2009
Developing Virtual Reality Applications.
Morgan Kaufmann, China, 2009.

- Eve, Stuart 2012
Augmenting Phenomenology: Using Augmented Reality to Aid Archaeological Phenomenology in the Landscape.
Journal of Archaeological Method and Theory, 19, 2012, s. 582-600.
- Guazzaroni, Giuliana 2013
Emotional mapping of the archeologist game.
Computers in Human Behavior, vol. 29, issue 2, 2013, s. 335-344.
- Haydar, Mahmoud et. al. 2011
Virtual and augmented reality for cultural computing and heritage: a case study of virtual exploration of underwater archaeological sites.
Virtual Reality, 15, 2011, s. 311-327.
- Milgram, P. & F. Kishino 1994
A Taxonomy of Mixed reality Visual Displays.
IEICE Transactions on Information Systems, Vol E77-D, No.12 December 1994, s. 1321-1329.
- Miller, Vincent 2011
Understanding Digital Culture.
SAGE Publications, London, 2011.
- Munnerley, Danny, et. al. 2012
Confronting an augmented reality.
in *Research in Learning Technology* Supplement: ALT-C 2012 Conference Proceedings, s. 39-48.
- Narumi et. al. 2011
Digital Diorama: AR Exhibition System to Convey Background Information for Museums.
in R. Shumaker (Ed.): *Virtual and Mixed Reality*, Part I, HCII 2011, LNCS 6773, 2011, s. 76-86.
- Papagiannakis, George & Nadia Magnenat-Thalmann 2006
Virtual Worlds and Augmented Reality in Cultural Heritage Applications.
in Baltsavias et al. (eds), *Recording, Modeling and Visualization of Cultural Heritage*, Taylor & Francis Group, 2006, s. 419-430.
- Pimentel, Ken & Kevin Teixeira 1993
Virtual Reality: Through the New Looking Glass.
Intel/Windcrest, McGraw Hill, New York, 1993.
- Prensky, Marc 2004
The Emerging Online Life of The Digital Native.
New York, 2004.
(http://www.marcprensky.com/writing/Prensky-The_Emerging_Online_Life_of_the_Digital_Native-03.pdf)
- Rosenberg, Louis B. 1993
Virtual Fixtures: Perceptual Tools for Telerobotic Manipulation.
Virtual Reality Annual International Symposium, 1993.,
IEEE, s. 76-82, 1993.
- Ryan, Marie-Laure 2001
Narrative as Virtual Reality.
The John Hopkins University Press, Baltimore, 2001.
- Ryan, N., J. Pascoe and D. Morse 1998
FieldNote: Extending a GIS into the Field.
in: Barceló, J.A., I. Briz and A. Vila (eds.), *New Techniques for Old Times. CAA98. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. Proceedings of the 26th Conference, Barcelona, March 1998 (BAR International Series 757)*.
Archaeopress, Oxford, 1998, s. 127-132.
- Ryan, N., J. Pascoe and D. Morse 1999
Enhanced Reality Fieldwork: the Context Aware Archaeological Assistant.
in: Dingwall, L., S. Exon, V. Gaffney, S. Laffin and M. van Leusen (eds.), *Archaeology in the Age of the Internet. CAA97. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. Proceedings of the 25th Anniversary Conference*, University of Birmingham, April 1997 (BAR International Series 750).
Archaeopress, Oxford, 1999, s. 269-274.
- Sutherland, I. E. 2009
A Head-mounted Three-dimensional Display.
Proceedings of AFIPS 68, 1968, s. 757-764.
- Vaughan-Nichols, Steven J. 2009
Augmented Reality: No longer a Novelty?
in *Computer*, vol. 42, issue 12, 2009, s. 19-22.