
VIRTUAALITODELLISUUS



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Tietojenkäsittely

HAMK Visamäki, syksy 2016

Ville Jussila

Ville Jussila



VISAMÄKI
Tietojenkäsittely
eLearning ja multimedia

Tekijä	Ville Jussila	Vuosi 2016
Työn nimi	Virtuaalitodellisuus	

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä kerättiin tietoa virtuaalitodellisuudesta ja sen käyttömahdollisuuksista, sekä tutkittiin sen mahdollista soveltuvuutta opetuskäyttöön. Opinnäytetyössä selvitettiin myös miten sisältöä voidaan luoda virtuaalitodellisuuteen ja raportoidaan lyhyesti miten oman esimerkkidemon tekeminen sujui. Työn toimeksiantaja on Hämeen ammattikorkeakoulu.

Virtuaalitodellisuudesta omakohtaista kokemusta löytyy vain Google Cardboard –laitteen kautta, joten tiedon hankkiminen opinnäytetyötä varten tapahtui keräämällä tietoa internetistä. Oikeanlaisen laitteiston puuttuminen rajoitti jonkin verran käyttömahdollisuuksien tutkimista.

Opinnäytetyön johtopäätöksenä todettiin, että virtuaalitodellisuutta voidaan käyttää moniin tarkoituksiin. Sen soveltuvuus opetuskäyttöön on mahdollista ja selviää parhaiten kokeilemalla. Työn aikana tuli myös selväksi virtuaalitodellisuuden sisällön puute ja sen tarve. Sisällöntuotanto voisi olla yksi peruste VR-laitteiden hankintaan opetuskäyttöön ja tästä opinnäytetyöstä saa todennäköisesti apua laitteiden valintaan.

Avainsanat Virtuaalitodellisuus, VR, virtuaalitodellisuuslasit

Sivut 28 s.

Visamäki
Business information technology
eLearning and multimedia

Author Ville Jussila **Year** 2016

Subject of Bachelor's thesis Virtual reality

ABSTRACT

The objective of this thesis was to obtain information about virtual reality and its possible uses, as well as find out if virtual reality would be of any use in education. This thesis also covers different ways of creating content for virtual reality, and includes a short summary about making a small virtual reality demo. The thesis was commissioned by Häme University of Applied Sciences Ltd.

Because personal experience from virtual reality has only been acquired through using a Google Cardboard device, information was gathered from the internet. Lack of a proper device somewhat limited the research of possible uses.

The conclusion of this thesis is that virtual reality can be used for many different purposes and its use in education is best found out by experimenting. During the making of this thesis it became clear that there is a demand for more content, and thus content creation could be one reason to acquire VR-devices. This thesis should be helpful for deciding between VR devices, if such are acquired.

Keywords Virtual reality, VR, virtual reality headset

Pages 28 p.

SISÄLLYS

KÄSITTEET.....	4
1 JOHDANTO.....	1
2 VIRTUAALITODELLISUUDEN HISTORIA.....	2
3 VIRTUAALITODELLISUUDEN LAITTEIDEN TEKNOLOGIA.....	6
3.1 Mikä on virtuaalitodellisuus?	6
3.2 Laitteet.....	6
3.3 Laitteiden vertailu	8
3.4 Miten virtuaalitodellisuus toimii?	10
3.4.1 Perusidea.....	10
3.4.2 Näkökenttä ja virkistystaajuus.....	11
3.4.3 Liikeseuranta ja Lighthouse-tekniikka	12
3.4.4 Ohjaimet, haptinen teknologia ja tulevaisuuden näkymät.....	13
4 VIRTUAALITODELLISUUDEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET.....	16
4.1 Armeija.....	16
4.2 Lääketiede, terveydenhuolto ja hyvinvointi	17
4.3 Viihde, kulttuuri ja muoti	20
4.4 Opetusala ja opetuskäyttö.....	22
5 VIRTUAALITODELLISUUDEN SISÄLLÖN TUOTTAMINEN.....	26
6 YHTEENVETO	28
LÄHTEET	29

KÄSITTEET

VR

Virtual reality, virtuaalitodellisuus

Immersio

Tarkoitetaan virtuaalitodellisuuteen ”uppoutumista”, eli immersivisessä virtuaalitodellisuuskokemuksessa käyttäjä tuntee olevansa oikeasti virtuaalimaailmassa.

C#

Ohjelmointikieli, käytetään laajalti, mm. Unityssä.

JavaScript

Ohjelmointikieli, käytetään laajalti, mm. Unityssä.

Unity

Pelimoottori, jolla voidaan luoda 2D- tai 3D-pelejä.

VR-lasit

Virtuaalitodellisuuslasit, eli lasit, joilla nähdään virtuaalimaailma. Käytetään ilmaisua silloin, kun puhutaan pelkästään laseista, eli ei esimerkiksi ohjaimista ja laseista yhdessä.

VR-järjestelmä, VR-laite

Ilmaisu kokonaisuudelle johon kuuluu VR-lasit ja esimerkiksi ohjaimet ja/tai liiketunnistimet.

HMD-laite

Head mounted display, näyttölaite. Tarkoittaa suunnilleen samaa kuin VR-lasit, vähemmän kaupallinen nimitys.

Stereoskooppinen näkymä

Tekniikka jonka avulla 2D-kuvasta luodaan syvyysvaikutelma ja saadaan aikaan 3D-kuva.

1 JOHDANTO

Virtuaalitodellisuus (virtual reality, VR) on tietokonegrafiikalla tuotettua todellisuutta, joka koetaan yleensä erilaisten virtuaalitodellisuuslasien läpi. Virtuaalitodellisuutta voi olla esimerkiksi peli, jonka näkymä ei nähdä perinteisen näytön kautta, vaan VR-lasien avulla. Näin saadaan 360 asteen näkymä missä käyttäjä voi päätä liikuttamalla tarkastella ympäristöänsä. Kyseinen teknologia on suhteellisen uutta, ja uusia laitteita sekä käyttötarkoituksia kehitetään jatkuvasti.

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Hämeen ammattikorkeakoulu. Työn tavoitteena on kasata virtuaalitodellisuudesta ja sen historiasta tietopaketti sekä selvittää, miten virtuaalitodellisuutta voidaan luoda. Opinnäytetyössä pyritään myös selvittämään, miten sitä voidaan hyödyntää lähitulevaisuudessa opetuskäytössä. Valitsin aiheen sen ajankohtaisuuden ja kiinnostavuuden takia. Tämän vuoden aikana on julkaistu useita VR-laitteita, ja lisää on tulossa lähitulevaisuudessa. Omistan itse Googlen Cardboard -laitteiston, jota käytetään matkapuhelimen avulla. Sen avulla testataan opinnäytetyön käytännön osuuden tuotosta, eli pienimuotoista VR-peliä.

Tämän opinnäytetyön aiheena on virtuaalitodellisuus ja sen hyödyntäminen opetuksessa. Työssä perehdytään virtuaalitodellisuuden historiaan, laitteisiin ja teknologiaan sekä hyödyntämiseen opetuskäytössä. Työ sisältää myös pienimuotoisen VR-pelin, joka tuotetaan yhteistyössä lisätyn todellisuuden opinnäytetyön tekijän kanssa. Peli toteutetaan Unity-pelimoottorin avulla.

Ensimmäinen luku sisältää virtuaalitodellisuuden historiaa, sen kehitysvaiheita ja saavutuksia. Toisessa luvussa perehdytään syvemmin eri laitteisiin, jotka on joko julkaistu tai tullaan julkaisemaan lähitulevaisuudessa. Tässä luvussa syvennytään myös tarkemmin laitteen teknologiaan ja yritetään ymmärtää, miten se toimii. Kolmannessa luvussa tutkitaan virtuaalitodellisuuden käyttömahdollisuuksia ja miten sitä voisi hyödyntää opetuskäytössä. Viimeisessä luvussa käydään läpi, miten virtuaalitodellisuutta luodaan ja raportoidaan lyhyesti pelin tekemisestä ja sen onnistumisesta.

2 VIRTUAALITODELLISUUDEN HISTORIA

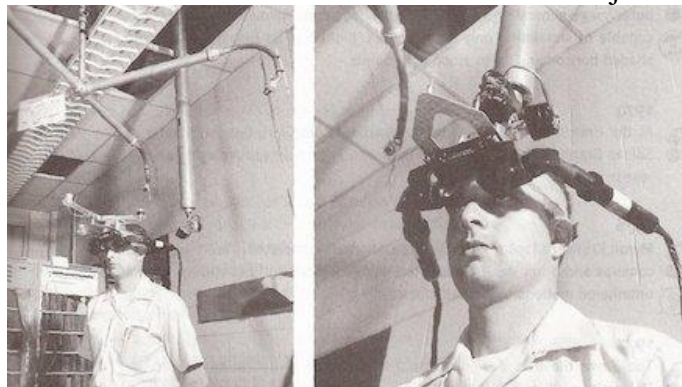
Vaikka virtuaalitodellisuus on tullut esille kunnolla vasta lähivuosina, on sitä kehitelty jo kauan ja varsinkin idea siitä ollut jo pitkään. Aikaisimmat maininnat virtuaalitodellisuudesta löytyvätkin jo 1930-luvulta, kun tieteiskirjailija Stanley G. Weinbaum kuvailee teoksessaan “Pygmalion’s Spectacles” -laseja, joiden kautta voidaan kokea fiktiivinen maailma hologrammien, hajun ja kosketuksen avulla (VRS n.d.).

Ensimmäinen virtuaalitodellisuutta mukaileva laite, elokuvaaja Morton Heiligin “Sensorama” (Kuva 1), sijoittuu kuitenkin 1950-luvulle. Laite oli eräänlainen koppi, joka sisälsi stereoskooppisen 3D-näkymän, tärisevän tuolin, tuulettimia ja hajuja, joita ilmestyi elokuvan aikana. Laite oli täysin mekaaninen. (VRS n.d.)



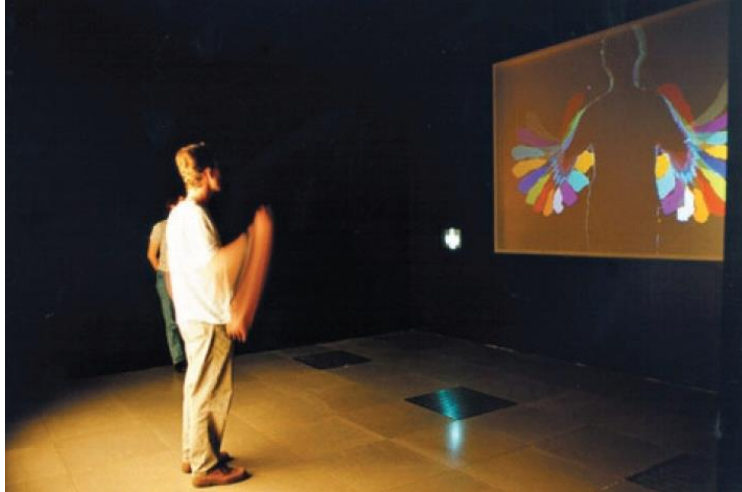
Kuva 1. Sensorama (Engadget 2014).

Ivan Sutherland esitti vuonna 1965 “ultimate display” -käsitteen jonka tarkoitus olisi pystyä simuloimaan todellisuutta niin hyvin, että sitä ei erottaisi todesta. Tämän idean pohjalta hän kehitti muutama vuosi myöhemmin vuonna 1968 head-mounted display -näyttölaitteen (HMD) The Sword of Damocles (Kuva 2), joka oli ensimmäinen virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden HMD, oli yhteydessä tietokoneeseen eikä kameraan. Laite oli painava ja se kiinnitettiin käyttäjän päähän ja se roikkui katosta. Laite seurasi pään liikkeitä ja tuotetut grafiikat olivat alkukantaisia Wireframe -huoneita ja objekteja. (VRS n.d.)



Kuva 2. Sword of Damocles (VRS, n.d.)

Sutherlandin laitetta seurasi 70-luvulla Myron Kruegeren "VIDEOPLACE" (Kuva 3), josta hän käytti termiä "artificial reality". Videoplace koostui Kruegeren aikaisemmista projekteista GLOWFLOW, METAPLAY ja PSYCHIC SPACE, ja se oli tila, jossa tietokoneen tekemä ympäristö muokkautui ihmisten liikkeiden mukaan. (FreeflyVR 2016.)



Kuva 3. Myron Kruegeren VIDEOPLACE (Freefly VR n.d.).

Vielä tähän mennessä ei ollut vakiintunut termiä virtuaalitodellisuudelle, kunnes vuonna 1987 Jaron Lanier kehitti termin virtuaalitodellisuus. Lanier oli yhtiönsä kanssa ensimmäinen, joka myi virtuaalitodellisuuslaseja myöhemmin 90-luvulla, nimeltään EyePhone 1 ja EyePhone HRX. Hintaa laitteilla oli kymmenestä tuhannesta viiteenkymmeneen tuhanteen dollariin. Lanierin yhtiö kehitti myös ensimmäiset käsineet virtuaalitodellisuuteen, joka oli merkittävää virtuaalitodellisuuden haptisen teknologian saralla. (VRS n.d.)

Virtuaalitodellisuutta hyödynnettiin myös laajemmassa mittakaavassa vuosien varrella. Aspenissa Coloradon osavaltiossa tutkijat Massachusetts Institute of Technologystä (MIT) kehittivät vuonna 1970 interaktiivisen kartan nimeltään "Aspen movie map", jonka avulla käyttäjä pystyi navigoimaan katuja pitkin, menemään tiettyjen rakennusten sisään, sekä vaihtamaan vuodenaikaa talven ja syksyn välillä. Nykyään samankaltainen järjestelmä on Googlen Street View. (David 2010.) Vuosikymmen myöhemmin NASA hyödynsi virtuaalitodellisuutta projekteissaan, sekä tutkimuksessaan HCI:n (human-computer interaction) saralla (VRS n.d.).

Virtuaalitodellisuus oli suosittua 90-luvulla, mutta sen hypetyt ja lupailu asioista, jotka lopulta eivät toteutunutkaan saivat ihmisten kiinnostukset laskemaan. Segan piti julkaista 90-luvun alkupuolella edulliset vr-lasit, mutta joutui lopulta luopumaan ideasta ja tyytymään prototyyppeihinsä (Kuva 4). (VRS n.d.)



Kuva 4. Sega Glasses –prototyyppi (VRS n.d.)

Myös Nintendo yritti onnistua vr-lasien saralla, ja julkaisikin vuonna 1995 “Virtual Boy” –laitteen (Kuva 5), joka lupaili olevansa ensimmäinen todellinen kannettava pelikonsoli 3D-grafiikoilla. Pelit sisälsivät kuitenkin vain mustaa ja punaista, ja laite oli epämukava, joten sen tuotanto ja myynti lopetettiin vuoden jälkeen. (VRS n.d.)



Kuva 5. Nintendo Virtual Boy (Tomodachi n.d.)

Muita laitteita oli esimerkiksi vuonna 1999 julkaistu SEOS 120/40 HMD (Kuva 6), joka vielä toiminnassa olevien kotisivujen mukaan oli erittäin mukava ja kevyt, ja painoi “vain” alle kilon. Laitteen näkökenttä oli 120 astetta, mikä on laajempi kuin tällä hetkellä olevien laitteiden näkökenttä. (CGSD n.d.)



Kuva 6. Valmistajan sivuilla lukee: ”SEOS HMD 120/40 looks boxy, but it is light-weight and very comfortable to wear.” (CGSD n.d.)

Virtuaalitodellisuuden innostuksen laannuttua kuitenkin vuonna 1999 julkaistiin hittielokuva “The Matrix”, joka sai idean taas ainakin osittain takaisin suuren yleisön suosioon (VRS n.d.). 2000-luvulla teknologia alkoi kehittymään nopeaa vauhtia, ja erityisesti yhä nopeampia, pienempiä ja halvempia mobiililaitteita tuli markkinoille. Viime vuosina merkittävää oli vuonna 2011, kun Palmer Luckey kehitti ensimmäisen prototyypin nyt suositusta Oculus Rift -laitteesta. Vuonna 2012 hän sai kickstarter-kampanjansa avulla kerättyä 2,5 miljoonaa dollaria laitteen kehitystä varten, ja kaksi vuotta myöhemmin Facebook osti sen kahdella miljardilla dollarilla. (FreeflyVR 2016.) Laite on nykyään myynnissä päälle 700 euron hintaan, ja on kilpailijansa (HTC Vive, 900€) kanssa saanut hyvän vastaanoton yleisöltä ja kriitikoilta.

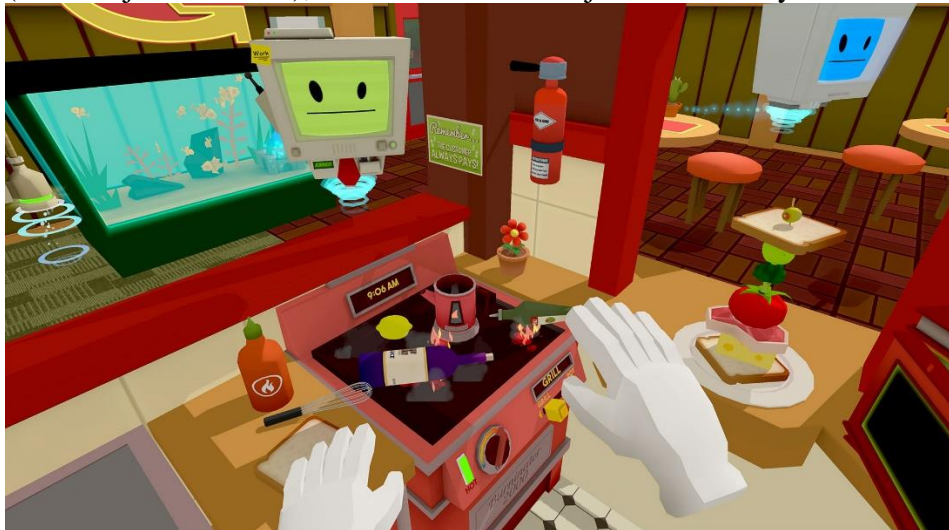
3 VIRTUAALITODELLISUUDEN LAITTEIDEN TEKNOLOGIA

Virtuaalitodellisuuslaitteita on markkinoilla useita, ja tässä luvussa käydäänkin läpi eri laitteita. Tutustutaan myös tarkemmin laitteiden teknologiaan ja siihen, miten virtuaalitodellisuus toimii.

3.1 Mikä on virtuaalitodellisuus?

Virtuaalitodellisuus on kolmiulotteinen tila joka on luotu tietokoneen avulla, ja jonka sisältö toimii interaktiivisesti käyttäjän kanssa. Käyttäjän on mahdollista tutkia tilaa, vaikuttaa tilaan ja muuttaa sitä, tai tehdä erilaisia toimintoja (Kuva 7). Virtuaalitodellisuutta on monenlaista ja eniten sitä hyödyntävät erilaiset pelit, mutta myös muita esimerkkejä löytyy, kuten 360-kuvat ja YouTuben 360-videot. 360-näkymiä varten virtuaalilasit eivät ole välttämättömiä, ja yleensä ne vaativat vain oikean selaimen toimiakseen (esim. Google Chrome).

Päästäkseen todelliseen immersiiiviseen virtuaalitodellisuuden maailmaan tarvitaan kuitenkin virtuaalitodellisuuslasit (VR-lasit, virtuaalilasit). Valikoimaa löytyy kahdenlaista: tietokoneeseen tai PS4 -pelikonsoliin liitettävät langalliset lasit, jotka takaavat laadukkaimman kokemuksen, ja langattomat "kotelot", joihin älypuhelin sijoitetaan sisään. Ensimmäisiä on tällä hetkellä markkinoilla Facebookin Oculus Rift, HTC Vive, sekä Sonyn PS VR. Langattomia, jotka ovat huomattavasti edullisempia kuin langalliset versiot, löytyy lukuisia erilaisia, mutta tunnetuimpia lienee Samsung Gear VR ja Googlen Cardboard, joka on nimitys pahvista kasattaville lasille (valmistajia on useita), sekä marraskuussa julkaistava Daydream View.



Kuva 7. Näkymä Job Simulator -pelistä (HTC Vive). Pelaaja ohjaa kahdella liikeseuratulla ohjaimella pelissä olevia käsiään. Ohjaimissa olevien nappien avulla pelaaja voi esimerkiksi ottaa kiinni esineistä. (Job simulator game n.d.)

3.2 Laitteet

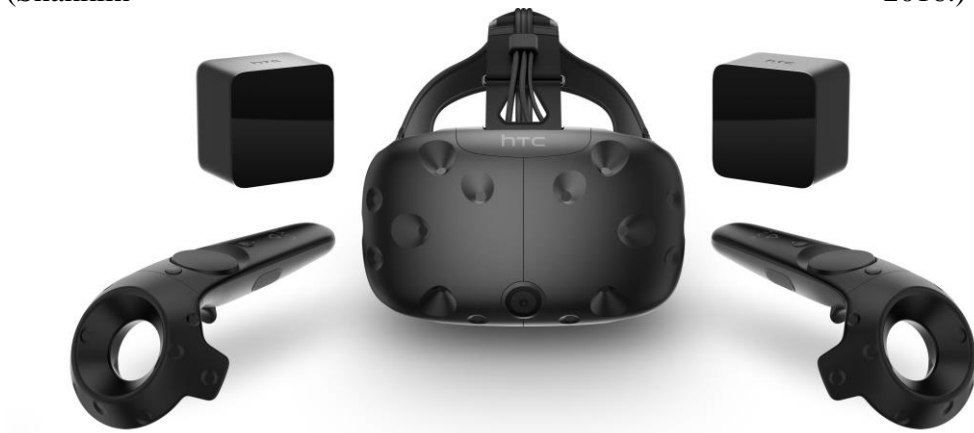
Langattomat vr-lasit eli mobiilivirtuaalilasit ovat yksinkertaisesti koteloita, yleensä hinnalla varustettuja sellaisia, joissa on linssit molemmille silmille

ja joihin älypuhelin sijoitetaan sisään (Kuva 8). Kuvan tarkkuus riippuu käytettävän älypuhelimien resoluutiosta. Edullisimmillaan virtuaalitodellisuuden pääsee kokemaan tilaamalla internetistä valmiit pahvit (hinta viidestä eurosta ylöspäin (clas ohlson n.d.)), josta itse kasataan kotelo älypuhelimelle. Lasit toimivat käytännössä samalla tavalla kuin langalliset vr-lasit, eli ne seuraavat myös pään liikkeitä.



Kuva 8. Langattomat Samsung Gear VR -lasit, joihin puhelin asetetaan. (Samsung n.d.)

Langalliset vr-lasit ovat laadultaan ja teknisiltä ominaisuuksiltaan parempia kuin mobiilivirtuaalilasit (Pänkäläinen 2016). Lasit kytketään tietokoneen näytönohjaimeen kiinni ja käytetään tietokonetta kuvan tuottamiseen. Laseista HTC Vive sisältää kaksi käteen sijoitettavaa ohjainta, joilla voidaan ohjata sisältöä virtuaalitodellisuudessa, sekä huoneeseen sijoitettavat sensorit, jotka seuraavat käyttäjän liikkeitä ja sijaintia (Kuva 9). Sensorit mahdollistavat sen, että käyttäjän liike huoneessa (sijainti sensorien tunnistamassa tilassa, mutta myös esim. kyykkyyn meneminen) liikuttaa käyttäjää myös virtuaalitodellisuudessa, mahdollistaen immerssiivemmän vr-kokemuksen. Virtuaalisessa tilassa löytyy myös rajat, jotka perustuvat oikean huoneen mittoihin, jotta käyttäjä ei törmäile huoneessaan seiniin tai huonekaluihin. Oculus Rift ja PS VR (PlayStation Camera ostettavissa erikseen) tarjoavat myös liikkeentunnistuksen, joskin heikomman ja pienempään tilaan suunnitellun sellaisen. Molempiin on myös erikseen saatavilla samankaltaiset ohjaimet kuin HTC Vivessä. (Shanklin 2016.)



Kuva 9. HTC Vive VR-järjestelmä: lasit, liikeseuratut ohjaimet ja sensorit. (Verkkokauppa n.d.)

Langattomien ja langallisten virtuaalilasien hinnallinen ero on suuri, ja päästäkseen alkuun langallisten laitteiden kanssa on oltava valmis käyttämään reilusti rahaa. Lasit vaativat tietokoneelta tehokkaan näytönohjaimen, hyvän suorittimen sekä tarpeeksi keskusmuistia. Näytönohjaimen tulisi olla uusimpia malleja, jotka on suunnattu pelikäyttöön, esimerkiksi NVidia GTX 970, 980, 1060, 1070 tai 1080. Hinnat alkaa minimivaatimuksen täyttävillä tietokoneilla noin tuhannesta eurosta. (Pänkäläinen 2016.) Lasien valmistajat tarjoavat ainakin Yhdysvalloissa myös valmiita pakettikoneita sivuillaan. Näiden hinnat alkavat yli tuhannesta dollarista ylöspäin. (Vive n.d.) Sonyn PS VR on tässä kategoriassa vähän halvempi vaihtoehto, sillä hintaa kertyy yhteensä noin 900 euroa (PS4 n. 300€, PS VR n. 450€, PlayStation Camera 60€ ja PlayStation Move Motion Controller 90€). HTC Vive taas kustantaa käyttäjälleen noin 2000€ (Vive 950€, minimivaatimusten täyttämä PC noin 1000€) ja Oculus Rift noin 1750€ (Rift 750€).

3.3 Laitteiden vertailu

Laitteiden välisien erojen selventämiseksi seuraa taulukko ja sen alapuolella selvennystä taulukon 1 tiedoista. Taulukkoon on otettu viisi suosituinta laitetta, joista kolme ensimmäistä on langallisia ja kaksi langattomia. Taulukossa on pyritty ottamaan huomioon ja vertailemaan keskeisimpiä ja tärkeimpiä ominaisuuksia, ja joitakin mahdollisia vertailukohteita on jätetty pois.

Taulukko 1. Taulukossa listattuna laitteiden välisiä eroja.

	HTC Vive	Oculus Rift	PS VR	Gear VR	Daydream View
Laitteen hinta	950€	750€	450€	150€	69€
Mitä vaaditaan	Tehokas PC	Tehokas PC	PS4	Samsung-älypuhelin (väh. S6)	Google Pixel-puhelin
Paketin todellinen hinta	2000€	1750€	900€, lisävarusteineen	550€	730€
Langaton	Ei	Ei	Ei	Kyllä	Kyllä
Liikeseurattu ohjain	Sisältyy	lisävaruste, tulossa 2016	lisävaruste	Ei	Ei
Liikuttava tila	5x5m	2x2m	Suositus 18m ²	Ei	Ei
Silmälasit	Sopii	Sopii	Sopii	Sopii	Sopii

Resoluutio (per silmä)	1200x1080	1200x1080	1200x960	1440x1280	1080x960/1440x1280
Näkökentän laajuus	110 astetta	~110 astetta	100 astetta	~101 astetta	Ei tiedossa
Kuvataajuus	90 Hz	90 Hz	90-120 Hz	60 Hz	60 Hz
Soveltuvuus	Pelaaminen, kaikki muu	Pelaaminen, kaikki muu	Pelaaminen, kaikki muu	360-videot/kuvat/aplikaatiot	360-videot/kuvat/aplikaatiot
Sisällöntarjonta	Steam	Oculus Store	PS4	Oculus Store, Google Play	Google Play kauppa, oma kirjasto

Taulukon hinnat Daydream View'n kohdalla on suurinpiirteiset, sillä Suomeen ei ole julkaistu vielä hintoja, ja taulukossa näkyväkin tuleva hinta Saksassa. Google Cardboardia ei ole taulukkoon listattu, mutta ominaisuuksiltaan Gear VR:n ja Daydream View:n kaltainen, joskin huomattavasti halvempi, ja kuvataajuus sekä resoluutio riippuvat käytettävästä puhelimesta. Puhelimeksi käyvät tavalliset älypuhelimet. Myös Riftin hinnasta todettakoon, että vaikka loppuvuodesta 2016 on tulossa liikeseurattu ohjain, sitä ei ole lisätty laskettuun hintaan koska Suomessa ei ole hintoja vielä saatavilla. Sivullaan Rift kertoo hinnaksi kuitenkin 199\$ (Oculus n.d.).

Lisähuomioita taulukosta on ensinnäkin resoluution kohdalla: Gear VR ja Daydream View lupaavat suurinta resoluutiota, mutta se ei tarkoita parempaa laatua kuin esimerkiksi HTC Vive. Vive käyttää grafiikan muodostumiseen erillistä tietokonetta, ja mitä parempi näytönohjain tietokoneessa on, sitä tarkempi kuva on. (Shanklin 2016.) Kuvataajuuksista ja näkökentästä enemmän seuraavassa osassa, mutta mainittakoon että saadakseen sulavan ja ei-pahoinvointia aiheuttavan kokemuksen, tarvitaan kuvataajuudeksi minimissään 90 Hz (Harper 2016), joka löytyy kaikista langallisista laitteista. Näkökentän laajuus on myös tärkeää saadakseen immersiiivisen ja vaikuttavan kokemuksen. Sijainnintunnistustekniikka sen sijaan Vivessä on laitteista parhain Lighthouse -tekniikkansa avulla, josta kerrotaan lisää myöhemmin.

Pääsääntöisesti langattomat mobiili VR -lasit soveltuvat lähinnä 360-videoiden/kuvien katseluun, sekä enemmän tai vähemmän interaktiivisten appien ja pienien pelien käyttöön, jotka ovat ladattavissa esim. Google Play kaupasta. Langallisilla vr-laseilla käyttömahdollisuudet, laitekohtaisen sisällöntarjonnan puitteissa, ovat suuremmat ja vaikuttavammat. HTC Viven tarjonta tulee Steam -pelikaupasta, jossa kirjoitushetkellä on saatavilla yli 500 vr-peliä. Oculus Riftillä tarjonta on omassa Oculus Storessa (löytyy myös Gear VR:lle sisältöä). Riftillä tarjonta on tällä hetkellä suurempi, mutta Steam on tällä hetkellä ainoa alusta, joka tarjoaa

koko huoneen kokoisia 360-asteen pelejä ja sovelluksia, ja ne ovat lajissaan immersiivisimpiä ja vaikuttavimpia kokemuksia (Shanklin 2016). Molemmat laitteet voivat käyttää toisillensa tarkoitettuja sisältöjä, mutta ne eivät välttämättä ole optimoitu toisilleen. PS VR sen sijaan käyttää omaa PS-store -valikoimaansa, josta tällä hetkellä saa useita pelejä ja sovelluksia (Shanklin 2016). Sisältö kasvaa alustoilla jatkuvasti, ja yhä suurempia pelejä on tulossa ajan mittaan.

3.4 Miten virtuaalitodellisuus toimii?

Hyvä immersiivinen vr-järjestelmä saa käyttäjän uskomaan olevansa virtuaalisessa maailmassa, vaikka todellisuudessa onkin pyörimässä ympyrää esimerkiksi omassa olohuoneessaan. Tässä osassa keskitytään selvittämään miten virtuaalitodellisuus toimii, sekä tutkimaan laitteiden teknologiaa ja teknisiä ominaisuuksia. Keskitytään tutkimaan langallisia laitteita yleisestä näkökulmasta, mutta vähän tarkemmin perehdytään HTC Viven tekniikkaan, sillä se on laitteista kehittynein.

3.4.1 Perusidea

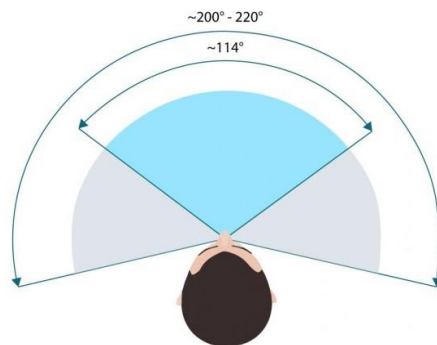
Video lähetetään tietokoneen näytönohjaimesta tai PS VR:n tapauksessa pelikonsolista HDMI-kaapelin avulla laseihin. Lasit vastaanottavat kaksi samanaikaista lähetystä joko yhteen isoon näyttöön, tai kahteen pienempään näyttöön silmäkohtaisesti. Näytön/näyttöjen ja silmien välillä on kaksi linssiä, jotka tarkentavat ja muotoilevat kuvan kummallekin silmälle nähtäväksi. Koska silmät saattavat olla eri etäisyydellä toisistaan, riippuen ihmisistä, linssien etäisyyttä toisiinsa voidaan yleensä säätää (Rift, Vive, PS VR) jotta saadaan mahdollisimman tarkka kuva jokaiselle ihmiselle. Myös linssien etäisyyttä silmistä voidaan säätää Vivessä sekä PS VR:ssä, mahdollistaen silmälasien sopivuuden paremmin. Linssit muodostavat stereoskooppisen 3D-kuvan sijoittamalla kaksi 2D-kuvaa vähän eri kulmassa toisiinsa nähden, samaan tyyliin miten ihmisen silmät näkevät oikeasti eli molemmat silmät näkevät maailman vähän eri kulmasta. Ihmisen aivot tulkitsevat eri kulmassa olevien kuvien erot syvyydeksi, ja näin aikaansaadaan 3D-näkymä kahdesta 2D-kuvasta. (Charara 2016.)



Kuva 10. Stereoskooppisessa näkymässä molemmat silmät näkevät saman kuvan vähän eri kulmasta.

3.4.2 Näkökenttä ja virkistystaajuus

Näkökenttä (Field of View, FOV) ja sen laajuus on yksi tärkeimmistä VR-lasien ominaisuuksista. Hyvä näkökenttä mahdollistaa vaikuttavan kokemuksen. Käytännössä näkökenttä tarkoittaa sitä, kuinka suuri alue on kerrallaan nähtävissä käyttäjälle. Mitä laajempi näkökenttä, sitä enemmän käyttäjä tuntee olevansa virtuaalisessa todellisuudessa eikä omassa olohuoneessaan lasit päässä. Ihmisen näkökenttä muodostuu molempien silmien omasta näkökentästä, ja se on noin 200-220 astetta (Kuva 11). Ihmisen näkemä alue, jossa molempien silmien näkökenttä yhdistyy, on noin 114 astetta, ja tämä on alue jonka ihminen näkee 3D:nä. VR-laseissa näkökentän laajuutta säätelee linssien etäisyys pupilleista, sekä linssien vahvuus. Mitä lähempänä silmä on linssiä (ts. mitä suurempi linssi on silmälle), sitä laajempi näkökenttä saavutetaan. Haasteena laitteiden kehittäjille on löytää hyvä välimaasto linssien paksuudelle ja etäisyydelle silmistä katsottuna: linssien liika paksuus aiheuttaa kuvan vääristymistä, kun taas silmän ja linssin välinen etäisyys tuo laitteelle lisää kokoa. (VR lens lab n.d.)



Kuva 11. Ihmisen näkökenttä. Keskellä oleva alue kuvastaa molempien silmien yhteisestä näköalueesta joka muodostaa kolmiulotteisen kuvan. Huomattavaa on että tämän alueen laajuus on samaa luokkaa kuin vr-lasien koko näkökenttä. (VR lens lab n.d.)

Riittävän suuri virkistystaajuus on myös otettava huomioon VR-laseissa, sillä tarpeeksi suuri virkistystaajuus tekee liikkeestä sulavaa, ja minimoi pahoinvoinnin mahdollisuuden. Virkistystaajuus tarkoittaa sitä kuinka nopeasti näytön sisältö vaihtuu, ja tätä mitataan yleensä hertseissä. Suurin osa markkinoilla olevista tietokoneen näytöistä ovat 60 Hz, eli ne päivittävät ("virkistävät") kuvan 60 kertaa sekunnissa. Markkinoilta löytyy myös pelikäyttöön suunniteltuja näyttöjä, joiden virkistystaajuudet ovat 120 Hertsistä ylöspäin, mahdollistaen sulavamman kuvan nopeissa liikkeissä. Virtuaalitodellisuudessa pahoinvointi on mahdollista muun muassa silloin, jos lasien virkistystaajuus on heikompi mitä silmä huomaa. Tämä johtuu siitä että syntyy eroa todellisen liikkeen ja nähtävän liikkeen välillä, joten tärkeää on että laite seuraa tarkasti ja sulavasti pään liikkeitä (Pappas 2016).

Virkistystaajuuden miniminä pidetään 60 Hz, ja langallisilla VR-laseilla virkistystaajuudet ovat vähintään 90 Hz, joten ne takaavat sulavan liikkeen ja minimoivat pahoinvoinnin mahdollisuuden laitteita käytettäessä.

3.4.3 Liikeseuranta ja Lighthouse-tekniikka

Liikeseuranta käsittää kaksi asiaa: pään liikkeiden seurannan ja sijainnin tunnistuksen. Pään liikkeiden tunnistus on yksinkertaisesti käyttäjän pään liikkeen seuraamista ja sen toistamista virtuaalitodellisuudessa: ylöspäin katsominen siirtää kuvaa virtuaalitodellisuudessa ylöspäin ja niin edelleen. Sijainnin tunnistus sen sijaan pitää silmällä käyttäjän liikkeitä ja sijaintia todellisuudessa ja toistaa ne virtuaalitodellisuudessa.

Pään liikettä tulkitaan 6DoF (6 degrees of freedom, kuusi vapausastetta) -järjestelmän avulla ja piirretään x-, y- ja z-akselilla. Tämä mahdollistaa pään seurannan ylhäältä alas, sivulta toiselle ja olkapäältä olkapäälle. VR-lasit seuraavat liikettä sisäisesti yleensä gyroskoopin, kiihtyvyysanturin ja magnetometrin avulla, jonka lisäksi sitä seurataan ulkoisesti mm. LED-valojen avulla. PS VR -lasit sisältävät yhdeksän kappaletta LED-valoja, joita ulkoinen kamera seuraa, mahdollistaen 360-asteisen seurannan. Seurannan pitää tapahtua nopeasti vain pienellä viiveellä, käytännössä alle 50 millisekuntia, jotta käyttäjä ei huomaa eroa omasta pään liikkeestään. Oculus Riftillä viive on vain 30 millisekuntia. (Charara 2016.)

HTC Vive on liikkeen seurannassa kehittynein: lasit sisältävät gyroskoopin ja kiihtyvyysanturin, ja sen liikettä seurataan ulkoisesti Lighthouse -tekniikan avulla. Gyroskooppi ja kiihtyvyysanturi mittaavat pyörimistä sekä kiihtyvyyttä, Lighthouse sen sijaan seuraa käyttäjän sijaintia huoneessa.

Viven mukana tulee 2 Lighthouse -sensoria, eli kaksi pientä mustaa laatikkoa, ja ne sijoitetaan käytettävän huoneen nurkkiin (Kuva 12). Laatikot eivät seuraa pelaajan sijaintia kameroiden avulla, vaan ne käyttävät valoa hyväkseen: ne lähettävät näkymätöntä valoa ympäri huonetta, josta myös nimi Lighthouse (suom. majakka). Laatikot väläyttävät LED-valoja, jonka jälkeen laser pyyhkäisee valon huoneen poikki. Välähdyksen jälkeen lasit laskevat aikaa kuinka kauan menee ennen kuin laseissa ja ohjaimissa olevat valokennot (yhteensä 70) tunnistavat missä kohtaa pyyhkäisty valo osuu laitteisiin. Sijaintia mihin valo osui, sekä kulunutta aikaa siihen, käytetään apuna laskemaan tarkasti sijainti suhteessa Lighthouse -sensoreihin. Tämä kaikki tapahtuu 60 kertaa joka sekunti. Kun valokennoja "aktivoituu" tarpeeksi, saadaan myös tietää mihin suuntaan lasit ja ohjaimet osoittavat. (Buckley 2015.)

Lopputuloksena on suhteellisen halpa ja erittäin tarkka menetelmä seurata liikettä ja sijaintia. Jopa virtuaalisten pallojen jonglööraus selän takana onnistuu ongelmitta. Valve (laitteen kehittänyt yhtiö) antaa muiden laitteiden valmistajille ja muillekin kehittäjille luvan käyttää tekniikkaa vapaasti, joten tulevaisuudessa tätä tekniikkaa hyödyntäviä laitteita tullaan varmasti näkemään. (Buckley 2015.)



Kuva 12. Lighthouse –sensori avattuna. (Buckley 2015)

3.4.4 Ohjaimet, haptinen teknologia ja tulevaisuuden näkymät

HTC Viven liikeseuratut ohjaimet (Kuva 13) ovat myös tämän hetken edistyneimmät ohjaimet. Langattomista ohjaimista löytyy kosketuslevyt, kaksiasentoiset liipaisimet sekä paineen tunnistavat kädensijat, ja ne toimivat paristoilla. Ohjaimista löytyy haptinen palaute ja ne hyödyntävät sitä esimerkiksi silloin kun käyttäjä on tehnyt sovelluksessa oikean valinnan. (Prasuethsut 2016.)



Kuva 13. HTC Viven liikeseuratut ohjaimet: ohjaimen etuosassa on kosketuslevy ja takana sijaitsee kaksiasentoinen liipaisin. (Prasuethsut 2016)

Haptisen palautteen ideana on antaa käyttäjälle tunne siitä, että hän koskisi oikeasti jotain esinettä, vaikka se sijaitsee virtuaalitodellisuudessa. Tämä tunne on tärkeää, jotta voidaan luoda oikeasti immerstiivinen kokemus käyttäjälle. Käytännön esimerkki haptisesta palautteesta löytyy esimerkiksi älypuhelimista. Tiettyjä näytöllä olevia ei-fyysisiä näppäimiä painettaessa puhelin värähtää hieman, antaen paremman tuntuman. Samalla tavalla Viven ohjaimet käyttävät haptista palautetta: koskettaessa esimerkiksi jotain esinettä virtuaalimaailmassa, ohjain tärähtää käyttäjän kädessä, luoden kosketuksen tunteen. (VRS n.d.)

Ohjaimista välittyvä haptinen palaute on vielä kuitenkin vain alkua tämän tekniikan osalta. Tulevaisuudessa tulemme varmasti näkemään vaikuttavampia ratkaisuja. Tällä hetkellä on olemassa datahanskoja, jotka pystyvät laittamaan vastaan puristaessa kättä nyrkkiin, joten on mahdollista tuntea esimerkiksi virtuaalinen pallo kädessä. Vielä vaikuttavampi on erittäin korkealaatuinen CyberGrasp (Kuva 14), joka ei kuitenkaan ole vapaasti saatavilla. Se kehitettiin alun perin Yhdysvaltojen merivoimien käyttöön. Laite on keinotekoinen ulkoinen tukiranka, joka antaa jokaiselle sormelle oman resistiivisen palautteen. Tämä mahdollistaa tarkan esineiden koskettamisen tunteen virtuaalisessa maailmassa. Laite on kevyt, mutta kömpelön oloinen. Hanskoissa on vielä kehitettävää ennen kuin ne voidaan ottaa yleiseen käyttöön ja hyödyntää monipuolisesti virtuaalitodellisuudessa. On olemassa myös haptisia pukuja, joissa haptinen palaute toimii koko kehon osalta. Nämä ovat kuitenkin suuria ja epäkäytännöllisiä, joten niitä käytetään tällä hetkellä vain terapeuttisissa tarkoituksissa. (VRS n.d.)



Kuva 14. CyberGrasp –datahanska. Tekniikkaa voisi mielestäni suhteuttaa vuosikymmeniä sitten julkaistuihin vr-laseihin, ja tulevaisuudessa tämä näyttää varmasti alkukantaiselta. (CyberGlove Systems n.d.)

HTC Viven ilmestyttyä, ja sitä ennen, on ihmetelty sen langallisuutta: miten nykypäivänä näin kehittynyt laite pitää kytkeä johdolla tietokoneeseen. Vaikka johto tulee laitteen takaa ja ei pitäisi olla tiellä, niin enemmän liikuttaessa se saattaa hyvinkin olla tiellä. Langallisuus johtuu siitä että sen kehittäminen on ollut liian vaikeaa ja kallista. (Painter 2016.) Onhan laitteesta lähetettävä data niin suurta: 2160 x 1200 resoluutioista kuvaa lähetetään kymmeniä kertoja sekunnissa, ja langattomuus on pienellä viiveellä ollut tähän mennessä liian haastavaa.

Tähän asiaan on kuitenkin tulossa muutos, sillä marraskuun alussa yhtiö nimeltä TPCAST aloitti ennakkomyynnin lisälaitteesta, joka kytketään Viven lasien yläosaan kiinni, tehden tästä langattoman. Ensimmäinen ennakkomyyntierä myytiin 18 minuutissa loppuun, joten kysyntä on suurta. Valmistajan mukaan laite lisää vain 2 millisekuntia viivettä yhteyteen, joten sen pitäisi olla sulava kokemus. Laite toimii akulla ja takaa puolentoista tunnin pituisen käytön ilman latausta, ja jatkossa tulee saataville myös

isompia akkuja laitteeseen. TPCAST-laite tulee olemaan saatavilla vuoden 2017 ensimmäisellä neljänneksellä. (Feltham 2016.)

4 VIRTUAALITODELLISUUDEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET

Virtuaalitodellisuuden ilmeisin käyttökohte on pelit ja peliteollisuus, mutta sitä voidaan hyödyntää monessa muussa asiassa, ja niitä käydään tässä osassa läpi. Virtuaalitodellisuutta hyödyntäviä kohteita on muun muassa armeija, viihde, muoti, liiketoiminta, urheilu, media, tiede, lääketiede, rakennusala, arkkitehtuuri, ohjelmointi (visuaaliset ohjelmointikielet) ja opetusala. Erilaisia virtuaalitodellisuuden käyttömahdollisuuksia tutkitaan ja käydään läpi, ja viimeisenä otetaan selvää miten sitä voisi hyödyntää opetuskäytössä. Kaikkia mahdollisuuksia ei käydä läpi, eikä kaikkia mahdollisuuksia vielä ole edes keksitty. Erilaisia käyttömahdollisuuksia on lähes loputtomasti, varsinkin kun teknologia vielä tästä kehittyy eteenpäin, ja tämän opinnäytetyön kirjoituksenkin aikana on tullut muutamia artikkeleita esiin, joissa on pohdittu tai esitelty jotain uutta käyttötarkoitusta.

4.1 Armeija

Maailmalla virtuaalitodellisuutta hyödynnetään laajasti armeijassa. Erityisesti hyödyllinen virtuaalitodellisuus on sotilaiden koulutuksessa, sillä siihen ei liity riskejä haavoittumisista. Virtuaalitodellisuuteen voidaan luoda jokin tietty tila missä harjoitellaan vihollisen tuhoamista. Tämä on huomattavasti turvallisempaa ja halvempaa kuin tavalliset harjoitusmenetelmät. (Parkin 2015.)

Erittäin käytännöllinen virtuaalitodellisuus on lentosimulaattoreissa, joissa lentäjät voivat turvallisesti harjoitella lentämistä, hätätilanteita ja niin edelleen. Lentosimulaattorit ovat suuria laitteita, joissa lentäjä istuu ja jotka liikuttavat lentäjää eri suunnissa, simuloiden oikean lentokoneen liikkeitä (VRM n.d.). Muihin kuin lentotarkoituksiin on käytössä perinteisiä HMD-laitteita sisäänrakennettuine liiketunnistuksineen, sekä datahanskat jotka mahdollistavat interaktiivisen kokemuksen virtuaalisessa ympäristössä.

Virtuaalisten taistelutilanteiden luomisen tarkoituksena on valmistella sotilaita oikeisiin tilanteisiin. Sen avulla voidaan opettaa kommunikointia, varautua ja reagoida yllättäviin tilanteisiin sekä sopeuttaa erittäin stressaaviin tilanteisiin. Tämä kaikki tapahtuu turvallisesti ilman hengenvaarallisia riskejä. (Sharma n.d.)

Virtuaalitodellisuutta käytetään myös apuna sotilaille (ja tavallisilla kansalaisilla), joilla on traumaperäinen stressihäiriö. Hoito perustuu siihen, että luodaan virtuaalitodellisuuteen tila, johon voidaan lisätä asioita jotka olivat alkuperäisessä kokemuksessa. Käyttäjä ikään kuin elää uudelleen tapahtumaa, joka laukaisi traumaperäisen stressihäiriön, auttaen häntä selviämään asian kanssa. (Lewis 2014.)



Kuva 15. Kuva Onward –sotasimulaattoripelistä. Tarkoitettu ihan tavallisille pelaajille, jotka haluavat todentuntuisen taistelukokemuksen. (Carbotte 2016)

4.2 Lääketiede, terveydenhuolto ja hyvinvointi

Lääketieteen alalla on eri tarkoituksia mihin virtuaalitodellisuutta voidaan hyödyntää, kuten leikkaukset. Tällä alalla toistuu taas samat hyödyt kuin armeijassa: monimutkaisia, vaativia ja vaarallisia toimenpiteitä voidaan suorittaa turvallisesti ja edullisesti. Terveydenalan ammattilaiset voivat harjoitella uusia taitoja tai päivittää jo oppimiaan asioita turvallisessa ympäristössä vaarantamatta potilaita. (Glatter 2015.)

Virtuaalitodellisuutta hyödynnetään myös uusien terveydenalan ammattilaisten koulutuksessa. Opiskelijat voivat tehdä virheitä, ja oppia niistä, ilman pelkoa muiden vahingoittamisesta. Virtuaalisessa todellisuudessa koettu leikkaus tuo tärkeämpää kokemusta kuin luokkahuoneessa siitä opiskelu. (RCSI 2016.)

Käytännön esimerkkinä virtuaalitodellisuuden hyödyntämisestä on esimerkiksi HumanSim –järjestelmä (Kuva 16), joka mahdollistaa terveydenhoidon ammattilaisten harjoitella taitojaan realistisissa 3D-ympäristöissä oikeiden välineiden ja laitteiden avulla. välisen kanssakäymisen virtuaalisessa interaktiivisessa ympäristössä. Järjestelmää on saatavilla eri operaatioita varten, esimerkiksi anestesiaan. (ARA n.d.)



Kuva 16. HumanSim –järjestelmä terveydenhoidon alalle. (Healthy Simulation n.d.)

Virtuaalitodellisuus on apuna myös diagnooseissa muiden testien tukena ja leikkauksissa. On kokeiltu leikkauksia, joita hoidetaan ihmisten ohjaamien robottien avulla, vähentäen leikkauksiin käytettyä aikaa ja riskejä. Virtuaalitodellisuuden avulla ohjaavan lääkärin ei tarvitse olla fyysisesti paikalla leikkausta tehdessään, vaan hän voi tehdä sen muualta käsin. (Malsche 2016.) Haasteina näissä toimenpiteissä on jälleen viiveen minimoiminen, sillä pienikin viive voi vaikeuttaa kirurgin työtä ja vaarantaa operaation.

Myös hammashoidon parissa virtuaalitodellisuudella on osansa. On olemassa haptista teknologiaa hyödyntävä järjestelmä nimeltään ”HapTEL”, jota käytetään apuna kouluttaessa uusia hammaslääkäreitä. Virtuaalisessa tilassa nähdään 3D-näkymä hampaista, joiden avulla voidaan harjoitella. Opiskelijat voivat suorittaa useita eri operaatioita, esimerkiksi hampaiden poraamista virtuaalisella poralla, joka jäljentää oikean poran painetta haptisen palautteen avulla. (Lever 2011.)

Terveydenhuollon saralla virtuaalitodellisuutta hyödynnetään esimerkiksi terapian muodossa. Hyvä esimerkki on fobioiden hoito, esimerkiksi yleinen esiintymispelko: virtuaalisessa tilassa käyttäjä voi harjoitella puhumista ja parantaa itsetuntoaan ilman epäonnistumisen pelkoa. Yleistä fobioiden kesken on, että sitä aiheuttavaa asiaa vältetään erittäin voimakkaasti koska se aiheuttaa mahdollisesti paniikkikohtauksia tai muuta epämukavaa. Koska fobiat ovat kaikki pohjimmiltaan samanlaisia, eli pelätään jotain, on virtuaalitodellisuus hyvä keino niiden hoitoon. Virtuaalisessa tilassa potilas voi kokea pelkonsa turvallisemmin, eli ei niin todentuntuisesti, ja kertoa tunteitaan tilanteesta ja näin saadaan edettyä hoidossa. (Vrphobia n.d.)

Virtuaalitodellisuutta on tutkittu myös autismin hoidon osalla. Autismi on häiriö, jossa henkilö kokee vaikeuksia muiden ihmisten kanssa kommunikoinnissa. Tähän ei ole hoitoa, mutta on tapoja helpottaa oireita ja saada henkilö elämään tilansa kanssa, ja virtuaalitodellisuus on yksi näistä keinoista. Virtuaalisessa tilassa voidaan kontrolloida kuinka paljon tiettyä

kokemusta käyttäjä saa, voidaan esimerkiksi poistaa äänet, kosketus ja ylimääräiset visuaaliset häiriötekijät ja näin helpottaa käyttäjän kokemusta. Harjoiteltuaan tilanteita virtuaalisessa maailmassa ja rohkaistuaan, käyttäjä voi soveltaa näitä oikean elämän tilanteisiin. (Strickland 1998, 2.)

Isreliissa, Haifan yliopistossa, ryhmä tutkijoita on kehittänyt virtuaalitodellisuus-järjestelmän, jossa on useita eri harjoiteltavia tilanteita. Tilanteet keskittyvät auttamaan autistisia lapsia ylittämään tie. Lapsi oppii tällä tavalla ylittämään tien turvallisesti vaarantamatta itseään tai muita. (ISRAEL21c 2008.)

Yhdysvalloissa taas on kehitetty järjestelmä, joka auttaa autismin kirjon lapsia keskittymään sosiaalisiin tilanteisiin. Lapsi laittaa päähänsä HMD – laitteen, ja pääsee sisään virtuaaliseen luokkahuoneeseen. Luokkahuone sisältää esitelmiä pitäviä virtuaalisia ihmisiä, ja jos lapsen kiinnostus laantuu ja keskittyminen herpaantuu tai hän alkaa katsomaan muualle, ihmiset alkavat hävitä. Yksinkertaisesti sanottuna virtuaalitodellisuus auttaa siis ihmisiä, joilla on autismi, ymmärtämään ympärillä olevia ihmisiä ja maailmaa. (VRS n.d.)

Erilaisiin psyykkisiin ongelmiin virtuaalitodellisuus on siis hyödyllinen, mutta hyöty ylettyy myös fyysisiin ongelmiin eli invalideihin. Virtuaalitodellisuus-järjestelmien avulla, eli tässä tapauksessa HMD-laite ja jokin ohjain, opetetaan esimerkiksi miten liikkua ympäriinsä suuressa ihmismassassa ostoskeskuksessa. Tämä on hyödyllistä henkilölle itselleen, mutta sitä voidaan hyödyntää myös uuden rakennuksen suunnittelussa, sillä liikuntarajoitteisen pitää pystyä liikkumaan ympäri rakennusta. Tämän testaaminen virtuaalitodellisuudessa mahdollistaa rakennuksen prototyyppien hyvän valmistelun ennen varsinaista rakennuksen rakentamista. (Disabled World 2016.)

Virtuaalitodellisuus on pohjimmiltaan tästä todellisuudesta ”poistumista” ja toiseen sisään astumista, eli ikään kuin pakenemista normaalista arjesta, mutta myös hauskanpitoa. Tämä on mahdollista kaikille, myös liikuntarajoitteisille. He voivat uppouta virtuaalimaailmaan ja liikkua normaalien ihmisten tapaan ja unohtaa hetkeksi vammansa. Mahdollista on myös tehdä virtuaalitodellisuudessa asioita kehollaan, joka ei normaalisti olisi mahdollista heille.

Fyysisen hyvinvoinnin osalta virtuaalitodellisuutta kehitetään ainakin painonpudotuksen avuksi. Japanissa, Tokion yliopistossa, Takuji Narumi on kehittänyt virtuaalitodellisuusjärjestelmän, eli HMD-laitteen, nimeltään ”Augmented Satiety”. Virtuaalilasit suurentavat virtuaalisesti syödyn annoksen kokoa, ja Narumin mukaan lasit vähentävät syötyä määrää kymmenellä prosentilla. CNN:n artikkelissa toimittaja kokeili suurennetun keksin syömistä, ja huomattavaa oli että myös kulma missä sormet pitivät suurennettua keksiä näkyi oikein. Tämä on tärkeää huijatakseensa aivoja uskomaan siihen oikeasti, ja tärkeää on myös että annosta ei suurenneta niin paljon että aivot ymmärtäisivät huijauksen. (Han 2016.)

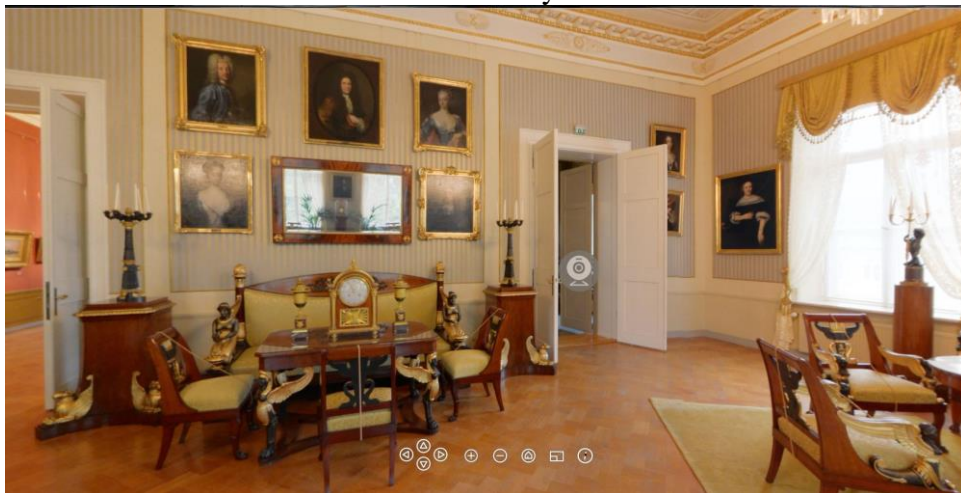
4.3 Viihde, kulttuuri ja muoti

Pelit ovat olennainen osa viihdettä ja virtuaalitodellisuuden käyttökohteita, mutta myös monta muuta osaa viihdestä hyödyntää virtuaalitodellisuutta. Näitä on esimerkiksi virtuaaliset museot, taidegalleriat ja virtuaaliset viihdekeskukset.

Museoissa virtuaalitodellisuuden hyöty on ilmeinen: voidaan luoda virtuaaliseen tilaan vaikka jokin historiallisesti merkittävä, mahdollisesti aiemmin vierailukelvoton rakennus, jota ihmiset voivat tutkia eri suunnista ja minkä sisällä he voivat kävellä. Tähän tarvitaan tietenkin jonkinlainen HMD-laite, joka sisältää liikkeentunnistuksen mahdollistaen liikkumisen ympäriinsä (ts. tietokone vaihtaa lähetettävän kuvan sisältöä riippuen lokaatiosta) ja mahdollisesti myös datahanskat, jos tarkoituksena on pystyä koskettamaan esineitä.

Tätä ideaa on osittain hyödynnetty Suomessa jo ainakin Helsingin kaupunginmuseossa ja Kuopion museossa. Helsingissä uudistuneeseen kaupunginmuseoon tehtiin virtuaalitodellisuutta hyödyntävä katsaus kaupungin historiaan. Aikakone –nimellä tunnettu virtuaalitodellisuus – järjestelmä näyttää lintuperspektiivistä miltä Helsingin keskusta on näyttänyt vuosien varrella (Parkkinen 2016). Kuopion museossa taas rakennettiin Tuomiokirkon 200-vuotisjuhlan kunniaksi virtuaalinen katselukokemus tuomiokirkon tornista. 360-näkymä tornista näyttää ympäröivää kaupunkia ja sen historiaa. (Kuopion museo 2016.)

360-näkymää on hyödynnetty myös Sinebrychoffin kotimuseossa: selaimen avulla on mahdollista tehdä virtuaalikierto museossa, sekä tutustua Paul Sinebrychoffin työhuoneeseen ja sen teoksiin (Kuva 17). Työhuoneessa olevia tauluja voi klikata hiirellä ja saada niistä tietoa tietokoneen näytölle. Virtuaalikierroksella sen sijaan voi liikkua huoneesta toiseen ja kääntyillä ympäriinsä, eli käytännössä koko museon voi kokea virtuaalisesti. Samanlainen idea on myös toteutettu Konneveden lukion toimesta. 360-valokuvia on otettu luonnosta eri alueilta ja selaimessa toimivassa näkymässä näkyy merkattuna punaisilla pisteillä erilaisia nähtävyyksiä ja kohteita. Klikkaamalla aukeaa lisätietoa kyseisistä kohteista.



Kuva 17. Kuvaruutukaappaus 360-näkymästä Sinebrychoffin virtuaalikierrokselta. Alareunassa näkyy kontrollit joiden avulla voi kääntyä (kääntyminen

mahdollista myös hiirellä ja nuolinäppäimillä), ja oven kohdalla olevasta webkameran kuvasta pääsee kyseiseen huoneeseen sisälle.

Varmasti vaikuttavin ja immersiiivisin virtuaalitodellisuuskokemus löytyy kuitenkin The Void –viihdekeskuksesta. The Void sekoittaa virtuaalitodellisuuden ja oikean todellisuuden, eli pelaajat liikkuvat fyysisessä tilassa VR-lasit päässä ja näkevät todellisuuden erilaisena. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että seinät jotka ovat harmaat ja pelkistetyt oikeasti, ovat pelaajien silmissä vaikka avaruusaluksen seinä (Kuva 18). Tällä hetkellä The Void –keskus löytyy vain New Yorkista ja pian Utahista. Kehittäjillä on tarkoitus avata satoja keskuksia Pohjois-Amerikassa ja lopulta myös kansainvälisesti, mutta tähän menee vielä aikaa (The Void n.d.).



Kuva 18. Yläpuolella olevassa kuvassa näkyy miltä tila ja pelaajat oikeasti näyttävät, ja alhaalla näkyy miltä todellisuus näyttää virtuaalilaseilla. (Ellsworth 2015)

Muodin osalta virtuaalitodellisuutta hyödynnetään erityisesti virtuaalisissa muotinäytöksissä. Jo vuonna 2014 Lontoon muotiviikot lähettivät catwalkilta 360-striimiä. Lähetystä pystyi katsomaan suorana tosin vain järjestäneen yhtiön toimitiloista. Näytöstä näytettiin kuitenkin jälkikäteen sadoille ihmisille. (Inition 2014.) Virtuaalitodellisuutta käytetään myös 3D-avatarien, eli virtuaalisten ihmisten muodossa: vaatteiden suunnittelijat voivat suunnitella ja sovittaa vaatteita avatareille, ja lopulta sovittaa oikean ihmisen päälle (VRS n.d.).

4.4 Opetusala ja opetuskäyttö

Edellisten käyttömahdollisuuksien esimerkkien avulla voidaan todeta, että virtuaalitodellisuutta voi käyttää erittäin monipuolisesti. Tärkeä hyöty, joka tulee esiin kaikissa esimerkeissä on asioiden visualisointi tai mahdollisesti vaarallisten asioiden tekeminen turvallisesti. Vaikka esimerkiksi terveydenhuollon opetuksessa turvallisuus korostuu, niin opetuskäytössä suurin hyöty tulee varmasti esiin visualisoinnissa.

Virtuaalitodellisuutta luokassa voidaan käyttää kahdella tavalla. Perinteisellä tyylillä tietokoneen näytöllä olevaa kuvaa ohjataan hiirellä tai näppäimistöllä. Tästä käytännön esimerkki on vaikka aiemmin mainittu museon virtuaalikierros tai Second Life -virtuaalimaailma.

Second Lifessä voi tehdä itselleen avatarin ja tavata ihmisiä eri puolelta maailmaa, vuokrata virtuaalista maata tai vaikka perustaa oman yrityksen (Kuva 19). Suomessa oli vielä 2014 vuoteen asti oppilaitosten virtuaalinen tila EduFinland, ja siinä mukana oli yli 40 suomalaista oppilaitosta, myös HAMK.



Kuva 19. Oulun ammattikorkeakoulun virtuaalinen opetus Second Lifessä. (Männikkö 2013)

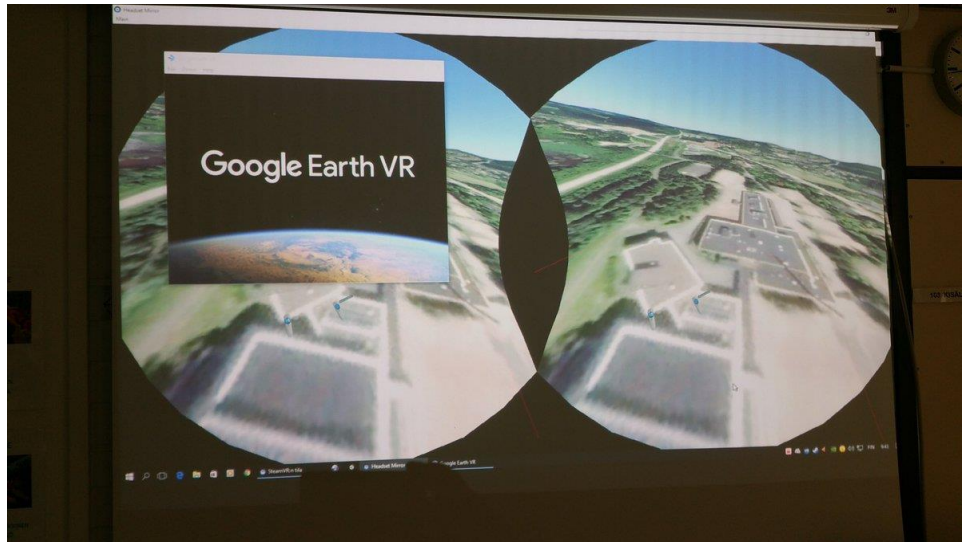
Toinen tapa – ja huomattavasti nykyaikaisempi tapa – käyttää virtuaalitodellisuutta luokassa on HMD-laitteet, esimerkiksi HTC Vive. Tämä on huomattavasti immersivisempi tapa visualisoida asioita, joten sen mahdollisuudet oppimisen apuna ovat suuret. Toisin kuin esimerkiksi jonkin historiallisen rakennuksen 360-kuvan katselu, HMD-laitteet mahdollistaisivat liikkumisen virtuaalisesti ja esineiden koskettamisen rakennuksessa.

Suomessa on ollut meneillään vuodesta 2015 asti opetushallituksen rahoittamat neljä virtuaalitodellisuus-hanketta. FinEduVR-nimellä kulkeva hanke on käytössä neljässä lukiossa. Ideana on tutkia virtuaalitodellisuuden käyttöä ja sen mahdollistamia elämyksiä oppimisessa. Hankkeeseen kuuluu kahdeksan tavoitetta, jotka sisältävät mm. seuraavaa: saada kokemuksia virtuaalisista oppimisympäristöistä ja kokemusta oppimisprosesseista, antaa opettajille ja oppilaille välineet, joilla luoda 360-kuva- ja videomateriaalia virtuaalitodellisuuteen, sekä järjestää virtuaalitodellisuuden oppimis- ja pelitapahtumia joissa analysoidaan oppimiskokemusta ja tuotetaan omaa sisältöä. (FinEduVR n.d.)

Tällä hetkellä virtuaalitodellisuuden hyötyä opetuskäytössä – ja varmasti myös muussa käytössä – rajoittaa sisällön puute. Laitteet ovat vielä niin uusia, ettei niille ole keretty tekemään niin laajasti sisältöä. Teknologian uutuus, mutta myös hinta on vielä vähän esteenä. Esimerkiksi Kuopion klassillisessa lukiossa, jossa FinEduVR-hanke on käynnissä, löytyy vain yksi HTC Vive –laite aulassa sijaitsevassa virtuaalitodellisuusalueessa (Kosola 2016). Vaikka halvempia ratkaisuja kuin Vive löytyy, kuten Google Cardboard, niin niiden käyttömahdollisuudet ja hyödyt eivät tietenkään ole yhtä laajoja kuin paremmissa järjestelmissä.

Kuopion klassillisen lukion oppilaan mukaan virtuaalitodellisuutta ei ole vielä hyödynnetty normaalissa tuntiopetuksessa. Kuitenkin mahdollinen hyöty on olemassa, ja oppilaan mukaan The Body –pelistä, jossa ihmiskehoa tarkastellaan 3D:nä, on ollut hänelle hyötyä biologiassa. Samoin Solar System –peli, jossa aurinkokuntaa voi tutkia virtuaalimaailmassa, on auttanut hamottamaan avaruutta. Muuta materiaalia oppimistarkoitukseen ei ole kuitenkaan juuri löytynyt. (Kosola 2016.)

Virtuaalitodellisuuden mahdollista hyötyä nähdään perinteisten oppiaineiden osalla, kuten juuri mainittu biologia, sekä aiemmin mainittu historia ja myös maantiede. Asioiden selvä visualisointi mahdollistaisi myös varmasti hyödyn esimerkiksi matematiikan opetuksessa. Muuramen lukion rehtorin Aki Puustisen (2016) mukaan Google Earth VR on ”hyvä lisä maantieteen opetukseen”. Google Earth VR (Kuva 20) on marraskuussa julkaistu virtuaalitodellisuusversio jo vuosia vanhasta Google Earthista. VR-versiossa käyttäjä voi mennä mihin tahansa maapallolla, joko lentäen, kävellen, tai siirtymällä mielenkiintoisiin paikkoihin joita sivulta löytyy valmiina. Sovellus on ladattavissa Steam-pelikaupasta ja soveltuu HTC Vivelle.



Kuva 20. Kuva Muuramen lukion maantieteen tunnilta. (Puustinen, 2016)

Lukioiden lisäksi virtuaalitodellisuutta on kokeiltu Suomessa Savonlinnan normaalikoulussa: koulun oppilaat ovat rakentaneet Olavinlinnasta virtuaalista maailmaa ja tulevaisuudessa tähtäimessä olisi esimerkiksi virtuaalisten kulttuuripolkujen suunnittelemista sekä matematiikassa savonlinnaalaisten siltojen rakenteiden tutkimista. Syynä vr-laitteiden kokeiluun on ennakoitu, sillä laitteista ennustetaan joulun hittituotetta ja lapset tulevat käyttämään mahdollisesti paljon aikaa pelaamiseen niillä. (Lehtinen 2016.)

Virtuaalitodellisuus on vielä niin uusi asia, varsinkin opetuskäytössä, ettei siitä ole vielä paljon tutkimuksia ja siksi sitä olisikin syytä kokeilla. Etelä-Koreassa tehtyjen tutkimusten mukaan kielten oppiminen olisi nopeampaa virtuaalitodellisuudessa kuin perinteisesti luokkahuoneessa (Lehtinen 2016). Vieraiden kielten oppiminen vaatii yleensä täyttä syventymistä asiaan. Virtuaaliset maailmat mahdollistavat siirtymisen ranskan kielen oppitunnilta ”luokkaretkelle” esimerkiksi Pariisiin näkemään nähtävyyksiä, ja oppimaan kieltä suoraan äidinkielenään ranskaa puhuvilta. (Shuster 2013.)

Yhtenä ongelmana Kuopion klassisessa lukiossa – niin kuin aikaisemmin jo todettiin – oli sisällön puute. Mielestäni olisikin hyvä opettaa esimerkiksi tietojenkäsittelyn koulutusohjelmassa korkeakouluissa sisällön tuottamista. Tämä voisi käytännössä olla esimerkiksi Unityllä sisällön tuottamista, sillä se on ilmainen, ja sen käyttämiä ohjelmointikieliä koulussa jo opetetaan.

Opinnäytetyössä on tarkasteltu eri käyttötarkoituksia virtuaalitodellisuudelle ja yleisesti ottaen huomataan, että rajana on toistaiseksi resurssit – laitteet ovat kalliita – ja sisällön puute. Näiden asioiden parantuessa tulevaisuudessa on luovuus vain rajana. Hyötyjä voi vielä toistaiseksi suurimmalta osalta vain spekuloida ja tärkeää olisikin kokeilla virtuaalitodellisuutta ja mihin se sopisi. ”Jonkin verran Sormuselta on tosin kysely, mitä näillä laitteilla oikein tehdään.

- No laita lasit päähän ja mieti, mitä sinä voisit näillä tehdä, Sormunen kertoo vastaavansa uteliaille opettajille.
- Me emme tuputa [opettajille ja oppilaille] mitään, kun emme tiedä mitään. Tämä on tutkimusmatka.” (Kosola 2016).

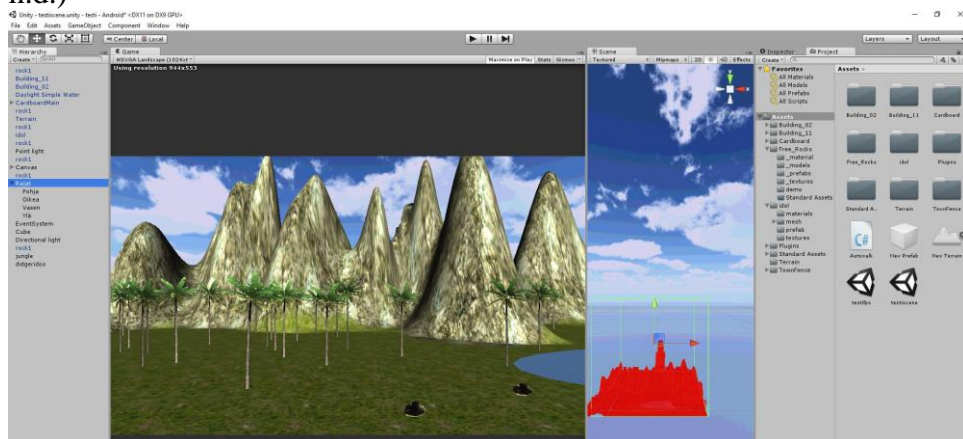
5 VIRTUAALITODELLISUUDEN SISÄLLÖN TUOTTAMINEN

Opinnäytetyöhön kuului esimerkkidemon luominen Unity-pelimoottorin avulla. Esimerkkidemo, jota voisi myös kutsua peliksi, vaatii toimiakseen älypuhelimien sekä Google Cardboard –laitteen. Tämä on yksi tapa luoda sisältöä virtuaalitodellisuuteen. Helpompia, mutta vähemmän immersivisempiä tapoja luoda sisältöä on esimerkiksi 360-kamerat sekä Googlen Cardboard Camera.

360-kameroilla voidaan kuvata videoita, jotka nähdään 360-asteisena. Videoita voidaan tarkastella HMD-laitteilla tai ilman, esimerkiksi YouTube:ssä videon kuvakulmaa voi vaihtaa hiiren tai näppäimistön avulla. 360-kameroita on useita, joista yksi on esimerkiksi Samsung Gear 360. Kameran saa vähän yli 300 euron hintaan, ja siinä on kaksi 180-asteen fisheye-linssiä, joiden kuva yhdistetään jälkikäteen mukana tulevalla ohjelmalla (Prasuehstut 2016).

Googlen Cardboard Camera on mobiiliapplikaatio, joka on saatavilla sekä Androidille että iOS-laitteille. Ohjelman avulla voidaan tallentaa ympäristöstä 360-kuva ja tarkastella sitä esimerkiksi Google Cardboard –laitteella. Ohjelma vaatii vain kameralla varustetun älypuhelimien, lisälaitteita ei tarvita. Kun kuvaus aloitetaan, tarvitaan mahdollisimman vakaa käsi ja kärsivällisyyttä. Jos käyttäjä kääntää puhelinta liian nopeasti, kehoittaa ohjelma hidastamaan. Tarkoituksena on kuvata 360-asteen kuva paikallaan kääntyen. Kuvauksen aikana myös ääni tallentuu puhelimen mikrofonin kautta. Valmiin kuvan voi jakaa sovelluksen kautta muille ihmisille, ja sovelluksen kautta voikin katsoa myös muiden ihmisten jakamia kuvia.

Unity (Kuva 21) on pelimoottori, jolla voidaan luoda pelejä PC:lle, konsoleille ja mobiililaitteille. Ohjelman perusversio on ilmainen, mutta saatavilla on myös parempia versioita vaativampiin projekteihin. Ohjelmointi Unityssä tapahtuu JavaScript- ja C#-ohjelmointikielillä. (Unity n.d.)



Kuva 21. Näkymä Unitystä, esimerkkidemon kehitysvaiheesta.

Unityssä VR-sisällön luominen onnistuu suhteellisen helposti, ja se sisältää VR-tuen sisäänrakennettuna. Esimerkkidemo joka luotiin opinnäytetyötä

varten, kehitettiin kuitenkin Google Cardboardille, joten sitä varten tarvitsi asentaa erikseen Unitylle Google VR SDK. Asennus oli helppo ja siihen löytyi hyvät ja selkeät ohjeet.

Itse demon luominen ei vienyt kovin paljon aikaa. Kun ohjelma ja sen käyttöliittymä tuli tutuksi, alkoi projekti edistymään nopeasti. Pelissä pystyy liikkumaan katsoessaan hieman alaspäin Google Cardboardilla (Kuva 22). Tämä onnistui pienellä pätkällä C#-koodia, jonka tekemiseen löytyi apua internetistä. Peliin sisällytettiin myös ääniä, jotka kuuluvat tietyissä paikoissa liikuttaessa. Lopputulos oli erittäin yksinkertainen esimerkki siitä, mitä Unityllä voi saada aikaan.



Kuva 22. Valmiista pelistä kuva.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön haasteeni oli laitteiden puute, sekä virtuaalitodellisuuden opetuskäytön hyödyn tutkiminen. Tieto kerättiin internetistä ja hyödynnettävyyttä pohdittiin eri lähteiden avulla. Se, että laitteita ei päässyt käyttämään rajoitti jonkin verran mahdollisuuksia, jolloin työssä tutkittiin muiden käyttäjien kokemuksia. Tekijältä löytyvä Google Cardboard –laite oli vain apuna esimerkkidemon luomisessa, mutta varsinaista todellista virtuaalitodellisuuden kokemusta sillä ei saanut aikaiseksi.

Yksi tavoitteista oli selvittää miten virtuaalitodellisuutta voisi hyödyntää opetuskäytössä, ja sen tutkiminen jäi hieman pinnalliselle tasolle. Selväksi tuli kuitenkin, että virtuaalitodellisuutta pitää kokeilla opetuskäytössä, ennen kuin sen todellisia hyötyjä voidaan tietää. Selväksi kävi myös muiden koulujen tekemien kokeilujen perusteella se, että sisältöä tarvittaisiin lisää. Sisällön luomisen opettaminen onnistuisikin varmasti Hämeen ammattikorkeakoululta, ja mielestäni sellainen voisi olla ajankohtaista. Laitteet tuskin tulevat katoamaan, vaan kehittyvät jatkuvasti vain paremmaksi.

Teknologian osalta tutkimus sujui suhteellisen hyvin internetin tarjoaman laajan sisällön vuoksi. Opinnäytetyön tekeminen osui erittäin ajankohtaiseen aikaan virtuaalitodellisuuden kehityksen osalta. Vielä vuosi sitten olisi ollut haastavaa kerätä tietoa teknologiasta, sillä laitteet olivat vasta tuloillaan, mutta nyt sai paljon todella tuoretta tietoa.

Opinnäytetyön aikana tuli paljon uutta asiaa ja opittua tuli myös Unitystä ja pelien tekemisestä. Aikaisempaa kokemusta oli jonkin verran C#-ohjelmointikielestä, mutta Unity oli uusi kokemus. Luodusta esimerkkidemosta tuli erittäin yksinkertainen, mutta sen tekeminen toimi hyvänä lisänä virtuaalitodellisuudesta oppimisessa.

Opinnäytetyön hyödyllisyys tulee esille, jos virtuaalitodellisuuslaitteita aiotaan hankkia, sillä se toimii oppaana eri laitteiden valinnan välillä. Käyttömahdollisuuksista voi myös saada ideoita mahdollisiin kokeiluihin. Opinnäytetyön aikana tekijä vakuuttui siitä, että virtuaalitodellisuudesta on hyötyä moneen asiaan, myös opetuskäyttöön. Mahdolliset hyödyt tulevat vasta esille kuitenkin kokeilujen jälkeen.

LÄHTEET

- ARA (n.d.). Humansim Anesthesia. Viitattu 15.11.2016 osoitteesta
<http://store.ara.com/humansim-anesthesia-p/hs-2-0001.htm>
- Buckley, S. (2015). This Is How Valve's Amazing Lighthouse Tracking Technology Works. Viitattu 7.11.2016 osoitteesta
<http://gizmodo.com/this-is-how-valve-s-amazing-lighthouse-tracking-technol-1705356768>
- Carbotte, K. (2016). Tactical Warfare In VR: 'Onward' Is The VR Shooter For Military Simulation Fans. Viitattu 7.11.2016 osoitteesta
<http://www.tomshardware.com/news/onward-tactical-vr-military-simulation,32670.html>
- CGSD (n.d.). SEOS Ultra Wide Field-of-View Head Mounted Display
<http://cgsd.com/SEOSHMD/>
- Charara, S. (2016). Explained: How does VR actually work?. Viitattu 1.11.2016 osoitteesta
<http://www.wearable.com/vr/how-does-vr-work-explained>
- clas ohlson (n.d.). VR-lasit älypuhelimeen. Viitattu 24.10.2016 osoitteesta
<http://www.clasohlson.com/fi/VR-glas%C3%B6gon-f%C3%B6r-smartphone/38-7214>
- CyberGlove Systems (n.d.). CyberGrasp. Viitattu 7.11.2016 osoitteesta
<http://www.cyberglovesystems.com/cybergrasp/>
- David (2016). Aspen movie map. Viitattu 24.10.2016 osoitteesta
<http://www.inventinginteractive.com/2010/03/18/aspen-movie-map/>
- Disabled world (2016). Disability and Virtual Reality Technology. Viitattu 15.11.2016 osoitteesta
<https://www.disabled-world.com/assistivedevices/computer/vr-tech.php>
- Ellsworth, K. (2015). Virtual Reality Entertainment Center 'The Void' Will Open In Utah By 2016. Viitattu 9.11. osoitteesta
<https://www.nethosting.com/virtual-reality-center-the-void-debuts-utah-2016/>
- Engadget (2014). The sights and scents of the Sensorama Simulator. Viitattu 24.10.2016 osoitteesta
<https://www.engadget.com/2014/02/16/morton-heiligs-sensorama-simulator/>
- Feltham, J. (2016). Exclusive: HTC Vive Goes Wireless With \$220 Add-on, Pre-Orders Start Friday. Viitattu 8.11.2016 osoitteesta
<http://uploadvr.com/htc-vive-wireless-kit/>
- FinEduVR (n.d.). Hankkeen tavoitteet. Viitattu 22.11.2016 osoitteesta

<http://fineduivr.fi/hankkeesta/>

Freefly VR (n.d.). Time Travel Through Virtual Reality. Viitattu 24.10.2016 osoitteesta

<https://www.freeflyvr.com/time-travel-through-virtual-reality/>

Glatter, R. (2015). How Virtual Reality May Change Medical Education And Save Lives. Viitattu 15.11.2016 osoitteesta

<http://www.forbes.com/sites/robertglatter/2015/05/22/how-virtual-reality-may-change-medical-education-and-save-lives/#cb5888ff8902>

Han, S. (2016). Think yourself thin – can VR technology fight obesity? CNN 7.11.2016. Viitattu 16.11.2016 osoitteesta

<http://edition.cnn.com/2016/11/06/asia/vr-technology-fights-obesity/index.html?sr=twcnni111216vr-technology-fights-obesity0901AMVODtopLink&linkId=31069000>

Harper, C. (2016). What You Need to Be Ready for Virtual Reality. Viitattu 1.11.2016 osoitteesta

<https://www.maketecheasier.com/read-for-vr/>

Healthy Simulation (n.d.). HumanSim Provides Advanced Virtual Healthcare Training. Viitattu 7.11.2016 osoitteesta

<http://healthysimulation.com/4035/humansim-provides-advanced-virtual-healthcare-training/>

Inition (2014). Virtual Reality Catwalk Show for Topshop. Viitattu 16.11.2016 osoitteesta

https://www.inition.co.uk/case_study/virtual-reality-catwalk-show-topshop/

ISRAEL21c (2008). Virtual reality helps autistic kids cross the road. Viitattu 15.11.2016 osoitteesta

<http://www.israel21c.org/virtual-reality-helps-autistic-kids-cross-the-road/>

Job simulator game (n.d.). Job simulator the 2050 archives. Viitattu 24.10.2016 osoitteesta

<http://cgisd.com/SEOSHMD/>

Kosola, L. (2016). Avaruusmatkailua ja anatomiaa – virtuaalimaailmoista apua opiskeluun? *Yle* 3.11.2016. Viitattu 22.11.2016 osoitteesta

<http://yle.fi/aihe/artikkeli/2016/11/01/avaruusmatkailua-ja-anatomiaa-virtuaalimaailmoista-apua-opiskeluun>

Kuopion museo (2016). Virtuaalilaseilla tuomiokirkon torniin. Viitattu 18.11.2016 osoitteesta

<http://kuopionmuseo.fi/nayttelykalenteri>

Lehtinen, T. (2016). Koulujen digiopetus etenee vauhdilla, mutta laadukasta sisältöä kaivataan – ”Osa opettajista käyttää laitetta vanhojen asioiden

korvikkeena”. *Helsingin Sanomat* 7.11.2016. Viitattu 23.11.2016 osoitteesta

<http://www.hs.fi/kotimaa/a1478405230747>

Lever, A. (2011). Dentists learn with virtual drill. *BBC* 23.6.2011. Viitattu 15.11.2016 osoitteesta

<http://www.bbc.com/news/health-13867881>

Lewis, T. (2014). Virtual-Reality Tech Helps Treat PTSD in Soldiers. Viitattu 15.11.2016 osoitteesta

<http://www.livescience.com/47258-virtual-reality-ptsd-treatment.html>

Malsche, N. (2016). Virtual Reality: A Clearer View on Global Issues. Viitattu 15.11.2016 osoitteesta

<https://en.reset.org/knowledge/virtual-reality-clearer-view-global-issues-08082016>

Männikkö, N. (2013). Hyvinvointia virtuaalisen elämän kautta. Viitattu 21.11.2016 osoitteesta

<http://www.oamk.fi/epooki/2013/hyvinvointia-virtuaalisen-elaman-kautta/>

Oculus (n.d.). Cart. Viitattu 25.10.2016 osoitteesta

<https://www.oculus.com/cart/>

Painter, L. (2016). HTC Vive review: The most immersive VR headset of 2016 | Vive room-scale tracking and bespoke handheld controllers allow you to walk around and interact with the virtual world. Viitattu 7.11.2016 osoitteesta

<http://www.pcadvisor.co.uk/review/wearable-tech/htc-vive-review-virtual-reality-headset-uk-2016-room-scale-tracking-bespoke-controllers-wireless-accessory-3635648/>

Pappas, S. (2016). Why Does Virtual Reality Make Some People Sick?. Viitattu 6.11.2016 osoitteesta

<http://www.livescience.com/54478-why-vr-makes-you-sick.html>

Parkin, S. (2015). How VR is training the perfect soldier. Viitattu 15.11.2016 osoitteesta

<https://www.wearable.com/vr/how-vr-is-training-the-perfect-soldier-1757>

Parkkinen, P. (2016). Museoilta vaaditaan nykyään elämyksiä – uusissa näyttelyissä on enemmän tunteita, vähemmän tietoa. *Yle* 17.10.2016. Viitattu 18.11.2016 osoitteesta

<http://yle.fi/uutiset/3-9231919>

Prasuethsut, L. (2016). Best 360 degree cameras out now and on the way. Viitattu 29.11.2016 osoitteesta

<http://www.wearable.com/cameras/best-360-degree-cameras>

Prasuethsut, L. (2016). HTC Vive: Everything you need to know about the Steam VR headset. Viitattu 7.11.2016 osoitteesta

<http://gizmodo.com/this-is-how-valve-s-amazing-lighthouse-tracking-technol-1705356768>

Puustinen, A. (2016). Hyvä lisä maantieteen opetukseen #google #earth #fineduivr #muuramenlukio #maantiede #htcvive. Twitter-päivitys 18.11.2016. Viitattu 23.11.2016 osoitteesta <https://twitter.com/apuustin>

Pänkäläinen, T. (2016). Virtuaalilasit – esittelyssä 6 parasta mallia! Viitattu 24.10.2016 osoitteesta <http://www.virtuaalimaailma.fi/virtuaalilasit/>

RCSI (2016). RCSI develops world's first virtual reality medical training simulator. Viitattu 15.11.2016 osoitteesta <http://www.rcsi.ie/index.jsp?a=7927&n=110&p=100>

Samsung (n.d.). Samsung Gear VR. Viitattu 24.10.2016 osoitteesta <http://www.samsung.com/fi/consumer/mobile-devices/wearables/gear/SM-R322NZWANE>

Shanklin, W. (2016). 2016 VR Comparison Guide. Viitattu 25.10.2016 osoitteesta <http://newatlas.com/best-vr-headsets-comparison-2016/45984/>

Sharma, B. (n.d.). Virtual Reality Trains Soldiers for the Real War. Viitattu 15.11.2016 osoitteesta <https://www.geospatialworld.net/article/virtual-reality-trains-soldiers-for-the-real-war/>

Shuster, B. (2013). Virtual reality and learning: the newest landscape for higher education. *Wired* 12/2013. Viitattu 23.11.2016 <https://www.wired.com/insights/2013/12/virtual-reality-and-learning-the-newest-landscape-for-higher-education/>

Strickland, D. (1998). *Virtual Reality for the Treatment of Autism*. Viitattu 15.11.2016 osoitteesta <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.217.4122&rep=rep1&type=pdf>

The Void (n.d.). Frequently Asked Questions. Viitattu 16.11.2016 osoitteesta <https://thevoid.com/Faq>

Tomodachi (n.d.). Virtual Boy. Viitattu 24.10.2016 osoitteesta http://tomodachi.wikia.com/wiki/Virtual_Boy

Unity (n.d.). Create games, connect with your audience, and achieve success. Viitattu 29.11.2016 osoitteesta <https://unity3d.com/unity>

Verkkokauppa (n.d.). HTC Vive VR-järjestelmä. Viitattu 24.10.2016 osoitteesta

<https://www.verkkokauppa.com/fi/product/59720/gbqhx/HTC-Vive-VR-jarjestelma>

Vive (n.d.). Partner offers. Viitattu 25.10.2016 osoitteesta

<https://www.vive.com/us/partner-offers/>

VR lens lab (n.d.). Field of View for Virtual Reality Headsets Explained. Viitattu 24.10.2016 osoitteesta.

<https://vr-lens-lab.com/field-of-view-for-virtual-reality-headsets/>

VRM (n.d.). Mi171 – Full Flight / Full Mission Simulator. Viitattu 15.11.2016 osoitteesta

<http://www.vrm.sk/product/army-air/mi171-full-flight-full-mission-simulator.html>

Vrphobia (n.d.). The Virtual Reality Medical Center. Viitattu 15.11.2016 osoitteesta

<http://www.vrphobia.com/>

VRS (n.d.). Advantages of virtual reality in medicine. Viitattu 15.11.2016 osoitteesta

<http://www.vrs.org.uk/virtual-reality-healthcare/advantages.html>

VRS (n.d.). Getting to Grips with Haptic Technology. Viitattu 6.11.2016 osoitteesta

<http://www.vrs.org.uk/virtual-reality-gear/haptic/>

VRS (n.d.). History Of Virtual Reality. Viitattu 24.10.2016 osoitteesta

<http://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>

VRS (n.d.). Virtual Reality in Fashion. Viitattu 16.11.2016 osoitteesta

<http://www.vrs.org.uk/virtual-reality-applications/fashion.html>

VRS (n.d.). Virtual Reality in Healthcare. Viitattu 15.11.2016 osoitteesta

<http://www.vrs.org.uk/virtual-reality-healthcare/>

VRS (n.d.). Virtual reality in phobia treatment. Viitattu 15.11.2016 osoitteesta

<http://www.vrs.org.uk/virtual-reality-healthcare/phobia-treatment.html>

VRS (n.d.). Virtual reality war. Viitattu 15.11.2016 osoitteesta

<http://www.vrs.org.uk/virtual-reality-military/war.html>

