

Virtuaalitodellisuus ja virtuaalitodellisuusmatkailu



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Visamäki, Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma

Syksy, 2018

Eetu Muhonen

Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma

Visamäki

Tekijä	Eetu Muhonen	Vuosi 2018
Työn nimi	Virtuaalitodellisuus ja virtuaalitodellisuusmatkailu	
Työn ohjaaja/t	Erkki Laine	

TIIVISTELMÄ

Työn tarkoituksena oli tutustua virtuaalitodellisuusmatkailuun ja testata sen toimivuutta käytännössä. Tavoitteena oli myös oppia lisää erittäin mielenkiintoisesta aiheesta ja esitellä lukijalle virtuaalitodellisuutta sekä virtuaalimatkailua.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa esiteltiin virtuaalitodellisuutta yleisesti ja virtuaalitodellisuuden toimintaperiaatetta. Työssä esiteltiin myös, että miten normaali kuluttaja voi halutessaan itse päästä nauttimaan virtuaalimatkailusta. Esimerkiksi erilaisia virtuaalilaitteita ja laitevaatimuksia niiden käyttämiseksi esiteltiin.

Työn käytännön osiossa esiteltiin ja testattiin virtuaalimatkailua ja erilaisia virtuaalimatkailusovelluksia kuluttajakäyttöön. Sovelluksia testattiin Oculus Riftillä ja Samsung Gear VR:llä. Virtuaalimatkailu on pääasiassa nautittavaa ja hyvää ajanvietettä. Työssä testatuista laseista kokemus oli selvästi paras Oculus Riftillä. Myös Oculus Riftissä on kuitenkin selvät puutteensa. Markkinoiden parhaatkaan lasit eivät ole vielä tarvittavalla tasolla luonnollisen immersion saavuttamiseksi. Virtuaalitodellisuus on vasta uutta ja teknologia kehittynee tulevaisuudessa paljon.

Myös virtuaalimatkailun kaupallista ulottuvuutta ja tulevaisuuden mahdollisuuksia pohdittiin. Virtuaalimatkailua on alettu hyödyntämään jossain määrin kaupallisesti. Kaupallinen hyödyntäminen on kuitenkin vielä vähäistä.

Avainsanat Virtuaalitodellisuusmatkailu, virtuaalimatkailu, virtuaalitodellisuus

Sivut 39 sivua

Degree Programme in Business Information Technology

Visamäki

Author	Eetu Muhonen	Year 2018
Subject	Virtual reality and virtual reality travelling	
Supervisors	Erkki Laine	

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to explore virtual reality travelling and test its functionality in practice. The aim was also to learn more about a very interesting topic and introduce virtual reality and virtual travelling to the reader.

The theoretical part of the thesis introduced virtual reality in general and how it is working. The thesis also showed how a normal consumer can enjoy virtual travelling. For example different virtual reality devices and device requirements were presented.

In the practical part of the thesis, virtual travelling and applications were presented and tested. Applications were tested with Oculus Rift and Samsung Gear VR. Virtual travelling is mainly enjoyable and nice entertainment. Experience was clearly best on Oculus Rift. Oculus Rift also has shortcomings. Even the best VR-devices on the market are not yet at the required level to achieve natural immersion. Virtual reality is new technology and it will develop much in the future.

The commercial dimension of virtual travelling and the possibilities of the future were also considered. Virtual tourism has started expand to some extent commercially. However, commercial utilization is still limited.

Keywords Virtual reality, virtual travelling, virtual reality travelling

Pages 39 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	4
2	VIRTUAALITODELLISUUS.....	5
2.1	Virtuaalitodellisuuden toimintaperiaate.....	6
2.1.1	Resoluutio.....	8
2.1.2	Näkökentän laajuus ja linssit.....	9
2.1.3	Virkistystaajuus, kuvataajuus, viive ja kuvan pysyvyys.....	11
2.1.4	Liikkeenseuranta ja ääni.....	12
3	VIRTUAALITODELLISUUSLAITTEET.....	14
3.1	Kytkeyt VR-laitteet.....	16
3.1.1	Oculus Rift, HTC Vive ja Vive Pro.....	17
3.1.2	Sony Playstation VR ja Windows Mixed Reality -laitteet.....	17
3.1.3	Laitevaatimukset.....	18
3.2	Mobiilit VR-laitteet.....	20
3.3	Itsenäiset ja tulossa olevat VR-laitteet.....	21
4	VIRTUAALITODELLISUUSMATKAILU.....	23
4.1	Virtuaalimatkailusovellukset.....	24
4.1.1	Google Earth VR ja YouTube VR.....	24
4.1.2	Gala360 ja Boulevard.....	27
4.1.3	Guided Meditation VR ja Perfect.....	29
4.1.4	Ocean Rift ja Discovering Space 2.....	31
4.2	Virtuaalimatkailu kaupallisessa mielessä.....	33
5	POHDINTA.....	35
6	YHTEENVETO.....	39
	LÄHTEET.....	40

1 JOHDANTO

Virtuaalitodellisuusteknologia on ottanut viime vuosien aikana suuria askeleita eteenpäin ja virtuaalitodellisuuslaitteet sekä virtuaalitodellisuutta hyödyntävät sovellukset ovat yleistyneet vauhdilla. Tämän hetkinen painopiste on viihteessä ja peleissä, mutta tulevaisuudessa virtuaalitodellisuudesta saattaa tulla älypuhelimien tapaan arkipäiväistä ammatti- ja kuluttajakäytössäkin. Ennusteiden mukaan virtuaalitodellisuusmarkkinat kasvavat vauhdilla tulevien vuosien aikana.

Myös oikean matkailun suosio on jatkanut kasvuaan ja lentoliikenteen määrä on lisääntynyt. Esimerkiksi Finavian lentokentiltä matkusti 12,3 miljoonaa matkustajaa vuoden 2018 ensimmäisen puoliskon aikana. Kasvu edellisvuoteen verrattuna on 11,9 prosenttia (Finavia 2018.) Matkustaminen on kuitenkin kallista ja epäystävällistä luonnolle. Lentoliikenteen aiheuttamat kasvihuonepäästöt EU:ssa ovat yli kaksinkertaistuneet vuoden 1990 jälkeen. Lento- ja laivaliikenteen yhteisten päästöjen odotetaan nousevan lähes 40 prosenttiin koko maailman hiilidioksidipäästöistä vuoteen 2050 mennessä ellei päästöjen vähentämiseksi aleta tekemään toimenpiteitä. (Lükewille 2018.)

Tämän opinnäytetyön aiheena on virtuaalitodellisuusmatkailu. Työn tarkoituksena on tutustua virtuaalitodellisuusmatkailuun ja testata sen toimivuutta sekä vaikuttavuutta käytännössä Oculus Rift -virtuaalilaseilla sekä mobiililaseilla. Työssä testataan ja esitellään erilaisia virtuaalimatkaussovelluksia ja myös virtuaalimatkailun kaupalliseen hyödyntämiseen perehdytään. Työn lopussa on tarkoitus pohtia virtuaalimatkailun toimivuutta ja tulevaisuuden mahdollisuuksia. Työssä esitellään lukijalle myös virtuaalitodellisuutta yleisesti, virtuaalitodellisuuden toimintaperiaatetta, markkinoilla jo olevia sekä tulevia virtuaalitodellisuuslaitteita ja virtuaalimatkailun laitevaatimuksia.

Valitsin tämän aiheen, koska pidän henkilökohtaisesti sekä virtuaalitodellisuutta että oikeaa matkailua erittäin kiinnostavana ja ajankohtaisena. Olen seurannut virtuaalitodellisuuden kehitystä jo vuosia ja odotan innolla mitä tulevaisuus tuo tullessaan. Mielestäni virtuaalitodellisuudella on suuri potentiaali kasvaa tulevaisuudessa matkapuhelimien tapaan tärkeäksi teknologiaksi. Työn tavoitteena onkin oppia lisää erittäin mielenkiintoisesta aiheesta ja esitellä lukijalle virtuaalitodellisuutta ja virtuaalimatkailua.

Tutkimuskysymykset ovat:

- Mitä laitteistoja tarvitaan virtuaalimatkailusta nauttimiseksi?
- Kuinka toimivaa ja vaikuttavaa virtuaalimatkailu nykylaitteistolla on?
- Miten virtuaalimatkailua hyödynnetään kaupallisesti?

2 VIRTUAALITODELLISUUS

Virtuaalitodellisuus tarkoittaa uskottavaa ja interaktiivista tietokoneella luotua 3D-maailmaa. Tätä maailmaa voidaan tutkia niin realistisesti, että käyttäjä luulee olevansa paikalla virtuaalimaailmassa sekä fyysisesti että henkisesti. (Woodford 2018.) Jos liikutat päätä oikeassa elämässä, niin maailma kääntyy myös virtuaalimaailmassa. Tämä luo illuusion todellisesta maailmasta. (O'Boyle 2016.)

Virtuaalitodellisuus on ympäristö, jota ei todellisuudessa ole olemassa. Virtuaalitodellisuusmaailmaa voidaan kokea esimerkiksi silmien eteen laitettavilla virtuaalilaseilla (kuva 1). Virtuaalilasit luovat kolmiulotteisen kuvan uskottavan 3D-efektin luomiseksi. Yhdessä kuva, ääni ja liikkeentunnistus luovat immersiiivisen ja uskottavan kokemuksen, joka sallii käyttäjän tutkia tietokoneen luomaa virtuaalista maailmaa. (O'Boyle 2016.) Käyttäjä pystyy usein myös olemaan vuorovaikutuksessa virtuaalisen ympäristön kanssa. Esimerkiksi ohjaimilla varustetuissa virtuaalilaseissa kätesi näkyvät myös virtuaalimaailmassa mahdollistaen esimerkiksi virtuaalisista esineistä kiinniottamisen. (Roberts 2016.)



Kuva 1. Virtuaalitodellisuuslasien käyttäjä eläytyy virtuaalimaailmaan. Kuvan henkilöllä päässään Oculus Rift -virtuaalilasit ja käsissä Oculus Touch -ohjaimet.

Tällä hetkellä virtuaalitodellisuuden suurin potentiaali on viihdekäytössä. Todentuntuiset pelit ja elokuvat ovat siitä hyvä esimerkki. Virtuaalitodellisuutta käytetään myös ammatillisimmissakin käyttötarkoituksissa. Virtuaalitodellisuutta hyödynnetään esimerkiksi lääketieteessä, koulutuksessa, urheilussa, taiteissa ja sotilaskäytössä. (VRS n.d.a.)

Yleisesti oletetaan, että virtuaalitodellisuus on tuore keksintö, mutta näin ei todellisuudessa ole. Virtuaalitodellisuuden juuret ovat yli 70 vuoden takana, jolloin kehiteltiin muun muassa ensimmäisiä virtuaalilaseja. Virtuaalitodellisuus tuli suuren yleisön tietoisuuteen 1980- ja 1990-luvuilla. Teknologia ei kuitenkaan pysynyt lunastamaan ihmisten odotuksia, mikä johti tyytymättömyyteen. Teknologian kehittymisen seurauksena virtuaalitodellisuus alkaa vasta nyt lunastamaan ihmisten odotuksia. (VRS n.d.b.)

Virtuaalitodellisuudesta saattaa tulla hyvin tärkeä teknologia tulevaisuudessa. Teknologia on hyvin jännittävää, mutta sen on annettava vielä paljon nykyistä enemmän niin laitteisto- kuin ohjelmistopuolellakin. Virtuaalitodellisuuden haasteita ovat muun muassa sisällön puute, pahoinvoinnin estäminen, korkea hinta ja virtuaalitodellisuuslaitteiden käytettävyyden parantaminen. Virtuaalitodellisuuden päähaaste on huijata aivoja luulemaan digitaalista sisältöä oikeaksi. Tehtävä ei ole helppo, ja tämän hetken virtuaalitodellisuudenlaitteiden immersio ja kokemus ei ole vielä täysin nautittavalla tasolla. (Think Mobiles n.d.)

Virtuaalitodellisuudella ja lisätyllä todellisuudella on ennustettu olevan tulevaisuudessa loistava kasvupotentiaali. Vuonna 2017 virtuaalitodellisuusmarkkinan koko oli noin 3,13 miljardia dollaria ja markkinoiden on ennustettu kasvavan vuoteen 2023 mennessä 49,7 miljardiin dollariin (Reuters 2018). Vuonna 2016 virtuaalitodellisuuslaitteistojen kokonaistoimitusten uskotaan yltäneen 8–10 miljoonaan laitteeseen. Laitteiden halventuvat hinnat todennäköisesti lisäävät laitteiden myyntimääriä tulevaisuudessa. Virtuaalitodellisuuden pääpainopisto siirtynee nykyisestä pääpainopisteestä, pelaamisesta, vuorovaikutukseen ja kaupankäyntiin. Optimistisempien ennusteiden mukaan virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden markkinoiden ennustetaan kasvavan vuoteen 2020 mennessä yli 100 miljardiin dollariin ja vuoteen 2025 mennessä jopa lähes 700 miljardiin dollariin. Markkinoista voi tulla suuremmat kuin nykyinen matkapuhelinmarkkina (600–700 miljardia dollaria). (Neumann 2017.)

2.1 Virtuaalitodellisuuden toimintaperiaate

Virtuaalitodellisuudelta vaaditaan monia muita teknologioita enemmän, koska virtuaalista 3D-ympäristöä katsellaan linssien läpi. Virtuaalitodellisuuden simulointi vaatiikin sopivan laitteiston ja sopivaa sisältöä. Virtuaalitodellisuuden käyttämiseksi pakollisia laitteita ovat virtuaalilasit ja tarvittaessa graafista sisältöä tuottava laite. Graafista sisältöä tuottavia laitteita ovat muun muassa tietokoneet ja matkapuhelimet. Osa laitteista tarvitsee

seurakseen myös liikkeenseuranta-anturit. Virtuaalilasit näyttävät silmille kuvaa linssien läpi ja kuva siirretään virtuaalilaseille esimerkiksi tietokoneelta HDMI-johtoa pitkin. Itsenäiset tai matkapuhelimella toimivat virtuaalilasit eivät vaadi johtoja. (Thinkmobiles n.d.)

Virtuaalitodellisuus pyrkii huijaamaan aivoja siten, että olisit realistisessa kolmiulotteisessa maailmassa. Tärkeä osa virtuaalitodellisuutta onkin stereoskooppinen kuva (kuva 2). Virtuaalilasit näyttävät kummallekin silmälle hieman eri kulmista tulevaa kuvaa tietystä näkymästä. Tällä halutaan simuloida realistista syvyyden tunnetta. (Mullis 2016.) Virtuaalilaseissa käytetään joko yhtä näyttöä, jonka kuva jaetaan molemmille silmille tai kahta erillistä näyttöä kummallekin silmälle (Charara 2017).



Kuva 2. Google Cardboard-sovelluksen kuvaa Android-puhelimella. Älypuhelimien näytön kuva on jaettu puoliksi kummallekin silmälle. Kuvat näytetään kummallekin silmälle hieman eri kuvakulmasta 3D-efektin luomiseksi.

Korkean suorituskyvyn näytöt ovat tärkeä osa virtuaalitodellisuuden vaikuttavuudessa. Näytöissä tulee olla tarpeeksi pikseleitä tuottamaan tarkkaa kuvaa, mutta samalla näyttöjen tulee olla tarpeeksi nopeita tehdäseen kuvan liikkeitä sulavaksi. (Messner 2016.) Virtuaalisuustodellisuuslaitteiston tärkeimmät ominaisuudet ovat kuvan tarkkuus, näkökentän laajuus, kuvan virkistystaajuus, liikkeen viive, pikselien pysyvyys ja kuvan sekä äänen synkronointi. (Think Mobiles n.d.)

2.1.1 Resoluutio

Näytön muodostama kuva koostuu tuhansista tai miljoonista pikseleistä. Näytön resoluutio kertoo, kuinka monta pikseliä näyttö sisältää leveys- ja pystysuunnassa. Esimerkiksi resoluutio 1024 x 768 tarkoittaa, että näytössä on 1024 pikseliä leveyssuunnassa ja 768 pystysuunnassa. Edellä mainitun resoluution omaava näyttö sisältää siis yhteensä 786 432 pikseliä. Mitä suurempi resoluutio näytössä on, sitä tarkempi se on. (McGarvey 2013.)

Virtuaalitodellisuuslasien tavoite on saavuttaa ihmissilmän "resoluutio", jotta kuva olisi äärimmäisen tarkka eikä täydellisenkään ihmisenäkö pystyisi erottamaan lisää yksityiskohtia kuvasta. Ihmissilmä pystyy havaitsemaan noin 60 pikseliä astetta kohti foveassa. Fovea on silmän osa, jossa näöntarkkuus on korkein. Virtuaalilasien kohdalla pikselitiheyden ilmoittamien resoluution sijaan pikseleinä astetta kohti on huomattavasti hyödyllisempi luku, koska näyttö on niin lähellä silmää. (Boger 2017.)

Minkä tahansa näytön pikselitiheyden astetta kohti (kuinka monta pikseliä astetta kohti näkyy silmälle) voi laskea jakamalla näytön vaakasuuntaisten pikselien määrä vaakasuuntaisen monokulaarisen näkökentän astemäärällä. Esimerkiksi Oculus Riftin ensimmäinen kehittäjäversio käyttää yhteensä 1280 x 800 (640 x 800 per silmä) resoluution näyttöjä. Horisontaalinen näkökenttä silmää kohti on noin 90 astetta. Pikselitiheys on täten noin 7 pikseliä astetta kohti. Tämä on huomattavasti alle ihmisen näkökyvyn rajan. Oculus Riftin kuluttajaversiossa ja HTC Vivessä pikselitiheys on noin 11 pikseliä astetta kohti. Nykyisten laitteiden näyttöjen tarkkuudet eivät siis ole tällä hetkellä tarvittavalla tasolla tarkan ja realistisen kuvan luomiseksi (kuva 3). (Boger 2017.)

Nykyisissä VR-laitteissa ongelmana on myös Screen Door -efekti. Screen Door -efekti tarkoittaa pikselien välisten valaisettomien rakojen muodostamaa ruudukkoa. Päästä kääntäessä näyttöjen kuva liikkuu, mutta Screen Door -efektin aiheuttama ruudukko pysyy paikallaan. Jotkut ihmiset ovat herkempiä efektin vaikutukselle ja pitävät tätä häiritseväenä. Mitä suurempi resoluutio näytössä on, sitä pienempi on efektin häiritsevyys. (Lagace 2016.)



Kuva 3. Kuvaa Oculus Riftin linssin läpi. Resoluutio ei vastaa nykytekniikalla vielä ihmissilmän tasoa. Tämän tuloksena virtuaaliliasien kuva on hieman rakeinen ja epätarkka. Esimerkiksi pienestä tekstistä voi olla vaikeaa saada selvää. Myös Screen Door -efektin aiheuttama ruudukko erottuu tarkkaan katsoessa.

2.1.2 Näkökentän laajuus ja linssit

Näkökentän laajuus (FOV, Field of View) on yksi tärkeimmistä tekijöistä virtuaalitodellisuudessa. Mitä suurempi näkökenttä, sitä todennäköisempi on virtuaalikokemus. On olemassa kahta erilaista FOV-tyyppiä, jotka yhdessä muodostavat ihmisenäön. Monokuläärinen näkökenttä kuvaa yhden silmän näkökentän laajuutta. Terveen ihmissilmän monokuläärinen

näkökenttä on noin 170–175 astetta. Binokuläärinen näkökenttä on kahden monokuläärisen näkökentän yhdistelmä ja se on noin 200–220 astetta. Stereoskooppinen näkökenttä on noin 114 astetta. Siinä molemmat monokulääriset näkökentät sivuavat toisiaan ja se mahdollistaa kolmiulotteisen näön. (VR Lens Lab 2016.) Suurimmassa osassa nykyisissä virtuaalilaseissa binokuläärisen näkökentän laajuus vaihtelee noin 95–110 asteen välillä (UL Bechmarks 2018).

Linssit vaikuttavat myös merkittävästi virtuaalitodellisuuden vaikuttavuuteen. Virtuaalilaseissa olevat linssit huijaavat silmää luulemaan, että katsot suurta tilaa sen sijaan, että katsot näyttöä hyvin läheltä (kuva 4). Linssit keskittävät valoa niin, että silmälle näyttää kuin näytöt olisivat äärettömän etäisyyden päässä. (Messner 2016.)

Kalleimmissa laitteissa kuten Riftissä ja Vivessä on mekaaninen linssien säätömahdollisuus. Säätömahdollisuus on toteutettu pienellä kytkimellä, millä pystytään säätämään linssien etäisyyttä toisistaan. Linssien säätömahdollisuutta tarvitaan, koska ihmisten pupillien välinen etäisyys vaihtelee. Jos linssien etäisyys on väärä suhteessa pupillien etäisyyteen, tuloksena kuva on jonkin verran vääristynyt. Se voi haitata tilan havainnointia ja vahingoittaa immersivistä kokemusta. (Brown 2016.)



Kuva 4. Oculus Riftin Fresnel-linssit.

2.1.3 Virkistystaajuus, kuvataajuus, viive ja kuvan pysyvyys

Virtuaaliodellisuuslasien kuvan sulavuuden osalta on kaksi tärkeää tekijää: Kuvataajuus (FPS, Frames per second) ja virkistystaajuus (Refresh rate). Kuvataajuus tarkoittaa sitä, kuinka nopeasti grafiikkaa tuottava laite piirtää ja syöttää kuvia virtuaalilaseille. Esimerkiksi 60 FPS tarkoittaa, että virtuaalilaseille syötetään 60 kuvaa sekunnissa. Näytön virkistystaajuus tarkoittaa taas sitä, että kuinka monta kuvaa itse näyttö pystyy toistamaan sekunnin aikana. Virkistystaajuutta kuvataan hertseissä. Virtuaaliodellisuudessa pyritään samaan sama kuvataajuus ja virkistystaajuus parhaan kokemuksen saavuttamiseksi. (Mullis 2016.) Suurimmassa osassa tietokoneeseen kytkettäviä virtuaalilaseja virkistystaajuus on 90 Hz, Playstation VR laseissa 120 Hz ja mobiililaseissa yleensä 60 Hz (Greenwald 2017).

Yksi virtuaaliodellisuuden suurimmista teknisistä haasteista on ollut toimittaa sisältöä tarpeeksi suurella kuvataajuudella hyvän immersion luomiseksi. Tutkimusten mukaan alle 90 kuvaa sekunnissa tuottava VR-laitteisto aiheuttaa todennäköisemmin epämukavuutta, pahoinvointia ja muita negatiivisia vaikutuksia. Mitä pienempi kuvataajuus on, sitä pahemmat ovat vaikutukset. VR kehittäjät pyrkivätkin pitämään kuvataajuuden aina vähintään 90 hertsin taajuudella, jos laitteisto sitä tukee. Tämä tarkoittaa sitä, että vaaditaan tehokasta laskentatehoa renderöimään kuvaa kovalla nopeudella. (IrisiVR n.d.) 60 hertsiä on yleisesti hyväksytty minimi ja 90 hertsiä tai enemmän on suositeltu. Korkeampi kuvataajuus ja virkistystaajuus johtavat miellyttävämpään kokemukseen suurimmalla osalla käyttäjistä. Tällä hetkellä optimaalista virkistystaajuutta ei ole vielä saavutettu. Virkistystaajuuden nosto vaatii kuitenkin tehokkaampia laitteita renderöimään kuvaa tiheämmin. (Arguinbaev 2017.)

Realistinen immersio vaatii pienen viiveen. Virtuaalilasien viive tarkoittaa aikaa, joka kuluu sen välillä, kun käyttäjä kääntää päätään oikeassa elämässä ja näkee oikean renderöidyn kuvan näytöllä. Oikeassa elämässä pään todellinen liike ja havaitsemasi kuva liikkeestä ovat synkronoituna silmän ja sisäkorvan välillä. Jos virtuaalilasien viive on liian iso, immersio voi tuntua epäluonnolliselta. Saavuttaakseen sulavan ja luonnollisen elämyksen, viiveen on oltava alle 20 millisekuntia. (Cunningham 2017.) Viiveeseen vaikuttavia tekijöitä on monia, kuten prosessori, näytönohjain, näyttö, kaapelit ja niin edelleen. Näyttöjen viive itsessään on keskimäärin noin 4–5 millisekuntia. (Mullis 2016.)

Kuvan pysyvyys (Image persistence) ja näytön virkistystaajuus ovat läheisiä toisilleen. Molemmissa tapauksissa nopeampi on parempi. Kuvan pysyvyys tarkoittaa sitä aikaa, joka kuluu, kun vanha kuva korvataan uudella. Mitä pienempi pysyvyys, sitä tarkempi kuva. Mitä suurempi pysyvyys, sitä epäselvempi kuva. Mitä suurempi on virkistystaajuus, sitä matalampi on kuvan pysyvyys. OLED-näytöt vastaavat yli 1000 kertaa nopeammin kuin LCD-näytöt, mikä ehkäisee muuan muassa liikkeen epäterävyyttä ja nykimistä. (Cunningham 2017.)

2.1.4 Liikkeenseuranta ja ääni

Jotta virtuaalilasit voivat näyttää oikeaa kuvaa, lasien täytyy seurata käyttäjän liikkeitä millimetrien tarkkuudella. Esimerkiksi jos käyttäjä kääntää päätään tietyn verran oikealle, niin kuvan tulee liikkua virtuaalimaailmassa täysin oikean verran. Liikettä seurataan muun muassa sisäänrakennettujen ja ulkoisten sensorien avulla. Liikkeentunnistukseen käytettäviä sensoreita ovat muun muassa magnetometri, kiihtyvyyssanturi ja gyroskooppi. Erilaisista sensoreista kerätyllä tiedolla pystytään saavuttamaan lähes täydellinen liikkeentunnistus. (Messner 2016.)

Kalliimmissa virtuaalilaseissa seurannassa käytetään joko ulkoa-sisään-päin-tekniikkaa (outside-in) tai sisältä-ulospäin-tekniikkaa (inside-out). Ulkoa-sisään-päin-tekniikka tarkoittaa, että virtuaalilaseja seurataan ulkoisten sensorien tai kameroiden avulla. Ulkoiset sensorit laskevat lasien sijaintia suhteessa ympäristöön. Tekniikan etuja ovat sen tarkkuus ja viive. (Langley 2017.) Esimerkiksi Oculus käyttää Rift-laseissaan IR-sensoreita, jotka sijoitetaan käyttäjän eteen (kuva 5). Kamerat seuraavat Riftin vilkkuvia IR-valoja. Tietokone analysoi anturien antaman tiedon ja renderöi tilanteeseen sopivan kuvan lasihin. Tämän tekniikan viive on lähes olematon. (Messner 2016.)



Kuva 5. Oculus Riftin liikkeenseuranta-anturit pöydän kulmissa.

Sisältä-ulospäin-tekniikka tarkoittaa, että sensorit tai kamerat sijaitsevat laitteessa itsessään. Kyseistä tekniikkaa käyttävä VR-laite määrittää kuinka sen asema muuttuu suhteessa ympäristöön. Tekniikan etuja ovat vapaus ja helppous. Ulkoisia sensoreita ei tarvitse asentaa eikä pelialuetta ei ole täten rajattu. Tekniikan tarkkuus ja viive ovat kuitenkin hieman ulkoa-

sisäänpäin-tekniikka perässä. (Langley 2017.) Sisältä-ulospäin-tekniikka käyttää muun muassa Windows Mixed Reality- laitteet.

Ulkoa-sisäänpäin-tekniikkaa ja sisältä-ulospäin-tekniikkaa tukevat laitteet tukevat samalla 6DOF-seurantaa. Mobiilit VR-laitteet tukevat vain 3DOF-seurantaa. VR-laitteiden liikkeenseurannasta puhuttaessa käytetäänkin termiä vapauden asteet (DOF , Degrees Of Freedom). DOF tarkoittaa sitä, kuinka moneen eri suuntaan VR-laite pystyy seuraamaan liikettä. 3DOF VR-laitteet seuraavat vain pään suuntaa eli lasit tietävät mihin suuntaan käyttäjä katsoo. 6DOF VR-laitteet seuraavat pään suuntaa ja sijaintia eli lasit tietävät mihin käyttäjä katsoo ja missä hän on tilassa. Esimerkiksi hyppäminen, kyykkyn meneminen tai kävely eivät vaikuta virtuaalimaailman näkymään 3DOF-laitteilla. 6DOF-laitteilla edellä mainitut asiat vaikuttavat ja käyttäjä voi liikkua vapaasti ja luonnollisesti virtuaalisessa ympäristössä. Kaikki toimii samalla tavalla kuin todellisessa maailmassa. Kalliimmat laitteet kuten Oculus Rift ja HTC Vive toimivat 6DOF-seurannalla. (Weis 2018.) 3DOF-seuranta on suhteellisen helppo toteuttaa. Esimerkiksi älypuhelimet sisältävät vaaditut anturit, kuten kiihtyvyyssanturin ja gyroskoopin. 6DOF-seuranta on vaikeammin toteutettavissa ja se vaatii siihen tarkoitettuja antureita. Tästä syystä mobiililaitteet toimivat 3DOF-seurannalla. (Weis 2018.)

Kalliimmat laitteet sisältävät myös käsiohjaimet. Ohjaimet lisäävät immersiota huomattavasti, koska käyttäjän kädet näkyvät pelissä ja hän pystyy vaikuttamaan objekteihin 3D-maailmassa. Lasien tapaan ohjaimetkin sisältävät antureita tarkan liikeseurannan saavuttamiseksi. (Messner 2016.)

Ääni on myös tärkeä osa virtuaalitodellisuutta. Virtuaalitodellisuudessa kuultu ääni vahvistaa kokemuksen uskottavuutta ja realistisuutta. Ihmisillä on hyvin kehittynyt äänen suunnan määrittely eli ihminen pystyy kertomaan tarkkaan mistä suunnasta ääni tulee. (Duncan 2017.) Virtuaalitodellisuudessa äänimaailma toteutetaan tiläänen (3D-ääni) avulla. Tiläänen avulla jäljitellään äänen tulemistä eri suunnista. (Mullis 2016.) Osassa VR-laitteista äänimaailma on toteutettu esimerkiksi integroiduilla kuulokkeilla tai kaiuttimilla. Osassa laitteista kuulokkeet puuttuvat, mutta omia kuulokkeita voi käyttää.

Myös isot yritykset, kuten Facebook ja YouTube, investoivat äänitekniikkaan. Kyseiset yritykset ovat sitoutuneet tukemaan VR-sisältöjä palveluisaan ja äänen tuotantoon on panostettu. (Duncan 2017.)

3 VIRTUAALITODELLISUUSLAITTEET

Virtuaalimatkailusta nauttiakseen käyttäjällä on oltava jonkinlainen VR-laitte ja tarvittaessa grafiikkaa tuottava laite. VR-laitteet voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: kytkettyihin laitteisiin, mobiililaitteisiin ja itsenäisiin laitteisiin. Tässä osiossa esitellään markkinoilla olevia virtuaalitodellisuuslaitteita kustakin kategoriasta.

Johdollisia VR-laitteistoja on tällä hetkellä saatavilla Suomen markkinoilla useita malleja (taulukko 1). Laitteet eroavat toisistaan niin ominaisuuksiltaan kuin hinnaltaankin. Windows Mixed Reality –laitteita on tullut usealta valmistajalta, joita Suomen markkinoilta löytyy Acerilta, Delliltä, HP:lta ja Lenovolta. Kyseisten laitteiden tekniset ominaisuudet ovat hyvin lähellä toisiaan. Myös Samsung on julkaissut omat Mixed Reality –lasinsa, jonka tekniset ominaisuudet ovat hiukan muita Mixed Reality -laitteita edellä. Samsung Odysseyta ei kuitenkaan myydä Suomessa.

Taulukko 1. Suomen markkinoilla olevien johdollisten VR-laitteiden teknisiä tietoja. Vertailussa ovat mukana Oculus Rift, HTC Vive ja Vive Pro, Playstation VR ja Windows Mixed Reality laitteet Acerilta, Delliltä, HP:ltä ja Lenovolta. (Aniwa n.d.)

Nimi	Oculus Rift	HTC Vive	HTC Vive Pro	Playstation VR	Mixed Reality
Tyyppi	Johdollinen	Johdollinen	Johdollinen	Johdollinen	Johdollinen
Resoluutio (sil-mää kohti)	1080x1200	1080x1200	1400x1600	960x1080	1440x1440
Virkistystaajuus (Hz)	90	90	90	120	60/90
Näkökenttä (astetta)	110	110	110	100	95–110
Liikeseuranta	6DOF	6DOF	6DOF	6DOF	6DOF
Ohjaimet	Oculus Touch, Xbox One ohjain	HTC Vive liikeohjaimet	HTC Vive liikeohjaimet	DualShock4, Playstation Move	Mixed Reality -liikeohjaimet, Xbox One ohjain
Laitteistovaatimus	PC	PC	PC	Playstation 4	PC
Sovelluskauppa	Oculus kauppa, SteamVR	SteamVR, HTC Vive-port	SteamVR, HTC Vive-port	Playstation kauppa	SteamVR, Microsoft kauppa
Hinta (€)	449	599	849	269	297–499

Suurempien valmistajien mobiililaseja on Suomen markkinoilla muutamia (taulukko 2). Laadukkaimmat ovat Googlen Daydream ja Samsungin Gear VR. Kyseisten laitteiden lisäksi vähemmän tunnettujen merkkien, brändittömiä ja halpoja mobiililaseja löytyy nykyään lähes joka marketista. Itsenäiset lasit ovat vasta tuloillaan markkinoille maailmalla. Suomessa ainoa myynnissä oleva itsenäinen VR-laite on tällä hetkellä Oculus Go.

Taulukko 2. Taulukko 1. Suomen markkinoilla olevien mobiili- ja itsenäisten VR-laitteiden teknisiä tietoja. Vertailussa ovat mukana Google Daydream, Samsung Gear VR ja Oculus Go. (Aniwa n.d.)

Nimi	Google Daydream	Samsung Gear VR	Oculus Go
Tyyppi	Mobiili	Mobiili	Itsenäinen
Resoluutio (sil-mää kohti)	Riippuu puheli-mesta	Riippuu puheli-mesta	1280X1440
Virkistystaajuus (Hz)	60	60	60/72
Näkökenttä (as-tetta)	100	101	101
Liikeseuranta	3DOF	3DOF	3DOF
Ohjaimet	Daydream lii-keohjain	Liikeohjain, kosketuslevy laseissa	Oculus Go -oh-jain
Laitteistovaati-mus	Yhteensopiva Samsung-älypuhelin	Yhteensopiva Android-älypuhelin	Ei mitään
Ohjelmistoalusta	Google Play kauppa	Oculus kauppa	Oculus kauppa
Hinta	70	79	219

3.1 Kytkeyt VR-laitteet

Johdolliset laitteet kytketään johdoilla erilliseen tietokoneeseen tai pelikonsoliin. Kaapeli tekee lasien käytöstä hieman hankalaa, mutta ulkoisen grafiikkaprosessoinnin ansiosta lisäteho tekee kokemuksesta paljon nautittavamman. Juurikin virtuaalitodellisuuskäyttöön tarkoitettua näyttöä, sisäänrakennettujen liikesensorien ja ulkoisten sensorien ansiosta kuvanlaatu ja liikkeen seuranta on huomattavasti mobiililaitteita parempaa. Kaapeleiden lisäksi kompromissina on hinta. Johdolliset virtuaalilasit maksavat noin 250–850 euroa. Lisäksi tarvitaan tehokas ja suhteellisen kallis tietokone tai pelikonsoli. Johdollisia virtuaalilaseja ovat muun muassa Oculus Rift, HTC Vive ja Playstation VR. (Greenwald 2017.)

3.1.1 Oculus Rift, HTC Vive ja Vive Pro

Oculus Rift aloitti virtuaalitodellisuuden uuden aikakauden. Rift sai vuonna 2012 2,4 miljoonan dollarin rahoituksen yhteisörahoituspalvelu Kickstartereissa noin 10 000 rahoittajan voimalla (Kickstarter n.d.a.). Riftin kehitti alun perin Palmer Luckey. Myöhemmin vuonna 2014 Facebook osti Oculusin. Oculus Riftistä tuli kaksi kehitysversiota ennen varsinaista kuluttajaversiota vuonna 2016. (Lamkin 2016.) Oculus Rift + Touch bundle sisältää virtuaalililasit, kahdet käsiohjaimet ja kahdet IR LED-seurantasensorit. Pelialueen koko on noin 1,5 m x 1,5 m. Lisähinnasta voi ostaa laseille myös kolmannen sensorin, mikä laajentaa pelialueen koon noin 2,5 m x 2,5 m. Rift sisältää myös integroidut kuulokkeet. (Newman 2017.) Oculus Riftissä on yhteensä 2160 x 1200 (1080 x 1200 pikseliä per silmä) resoluution näytöt ja se toimii 90 hertsin taajuudella. Rift tuli myyntiin aluksi ilman ohjaimia, mutta ohjaimet tulivat myyntiin vuoden 2016 lopulla. (Wearable 2016.)

Vuonna 2016 julkaistu HTC Vive on tehty yhteistyössä pelijätti Valven kanssa. Vive toimii Valven massiivisessa peliekosysteemi Steamissa. Vivessä on 70 sensoria, jotka tarjoavat 360-asteen liikeseurannan. (Lamkin 2016.) Vive sisältää Riftin tavoin kaksi 1080 x 1200 (yhteensä 2160 x 1200) resoluution OLED näyttöä. Näytöt toimivat 90 hertsin taajuudella ja näkökenttä on noin 110 astetta. Vive sisältää myös kameran liikkeenseurantaa ja esteiden havaitsemista varten. (Wagner 2018.) Viven myyntipakkaus sisältää lasien lisäksi kahdet käsiohjaimet ja kahdet laseranturit liikeseurantaa varten. Toisin kuin Riftissä, Vivessä ei ole vakiona kuulokkeita, vaan ne on ostettava erikseen lisähinnasta. (Newman 2017.) Niin kutsuttu Room-scale eli huoneen laajuinen liikkeenseuranta on Viven suurin vahvuus. Kahden mukana tulevan sensorin avulla liikeseuranta-alueen koko voi olla jopa noin 5 m x 5 m. Käyttäjä voi kävellä vapaasti tällä alueella ja tutkia virtuaaliympäristöä. (Wagner 2018.)

Vive Pro on maaliskuussa 2018 julkaistu Viven seuraaja. Sekä tekniikan että muotoilun osalta on tullut päivityksiä. Vive Prossa on 2880 x 1600 (1400 x 1600 per silmä) resoluution näytöt, mikä tarkoittaa 78% lisäystä pikselien määrään tuuma kohti Viveen verrattuna. Prossa on lisäksi sisäänrakennetut kuulokkeet. (Porter 2018.) Vive Pro tukee toisen sukupolven Lighthouse-antureita. Uusien antureiden avulla voidaan saavuttaa jopa 10m x 10m kokoinen liikeseuranta-alue. Uudet anturit ja ohjaimet tulevat markkinoille myöhemmin tänä vuonna. Myös langaton vastaanotin on tulossa markkinoille myöhemmin tänä vuonna. (Martindale 2018a.) Kirjoitushetkellä Vive Pro:ta myydään joko pelkästään tai pakettina, johon kuuluu lisäksi liikeohjaimet ja liikeseurantaan vaaditut sensorit (Vive n.d.c).

3.1.2 Sony Playstation VR ja Windows Mixed Reality -laitteet

Playstation VR toi virtuaalitodellisuuden myös konsoleille vuonna 2016. Kalliin tietokoneen sijaan Playstation VR toimii suosituilla Playstation 4 ja

4 Pro pelikonsoleilla. PSVR käyttää Playstation kameraa seuratakseen 9 eri valopistettä laseissa sekä valoja Playstation Move tai Dualshock-ohjaimessa. PSVR käyttää yhtä 5,7 tuuman OLED-näyttöä 1920 x 1080 (960 x 1080 per silmä) resoluutiolla. Näkökentän laajuus on 100 astetta ja virkistystaajuus 120 hertsiä. Playstation VR:n käyttö vaatii Playstation Cameran. (Pino 2018.)

Windows Mixed Reality on Microsoftin virtuaalitodellisuusekosysteemi. Microsoft ja sen yhteistyökumppanit julkistivat Mixed Reality -virtuaalitodellisuuslasinsa vuoden 2017 lokakuussa Windows 10 Fall Creators päivityksen yhteydessä. Windows Mixed Reality laitteita ovat julkaisseet Samsung, Asus, Acer, Lenovo, HP ja Dell. Mixed Reality eroaa kilpailijoistaan teknisesti usealla tavalla. Toisin kuin Rift ja Vive, Windows Mixed Reality laitteet eivät sisällä erillisiä seuranta-antureita, vaan laseissa olevia kame-roita käytetään seuraamaan lasien ja ohjaimien liikettä (inside-out-tekniikka). Windows Mixed Reality -laitteet eivät sisällä integroitua kuulokkeita luukuunottamatta Samsung Odysseya. Windows Mixed Reality -laitteet ovat pääasiassa samankaltaisia, mutta erojakin löytyy. Laitteissa käytetään 1440 x 1440 resoluution näyttöjä. Poikkeuksena on Samsung, jossa näyttöjen resoluutio on 1440 x 1600. Laitteiden virkistystaajuus on 90 hertsiä ja näkökentän laajuus vaihtelee Acerin 95 asteen näkökentästä Dellin ja Samsungin 110 asteeseen. Samsung käyttää laseissaan AMOLED-näyttöä muiden tyytyessä halvempiin LCD-näyttöihin. (Newman 2017.)

3.1.3 Laitevaatimukset

Kytkeyt VR-laitteet tarvitsevat toimiakseen tehokkaan tietokoneen tai pelikonsolin. Playstation VR toimii Playstation 4 ja Playstation 4 Pro -pelikonsoleilla. Muut johdolliset VR-laitteet tarvitsevat tietokoneen rinnalleen. (Greenwald 2017.) Taulukoissa 3 ja 4 esitellään Oculus Rift, HTC Vive ja Vive Pro ja Windows Mixed Reality -laitteiden vähimmäislaitevaatimukset ja suositellut laitevaatimukset.

Taulukko 3. Oculus Rift, HTC Vive ja Vive Pro ja Windows Mixed Reality –laitteiden vähimmäislaitevaatimukset (Oculus n.d.a; Vive n.d.a; Vive n.d.b; Microsoft n.d.).

Laite	Oculus Rift	HTC Vive/Vive Pro	Mixed Reality
Näytönohjain	Nvidia GTX 1050 Ti / GTX 960, AMD Radeon RX 470 / R9 290 tai parempi	NVIDIA GeForce GTX 970 / AMD Radeon R9 290 tai parempi	Intel HD Graphics 620 / NVIDIA MX150, GeForce GTX 1050, Nvidia 965M / AMD Radeon RX 460/560 tai parempi
Proessori	Intel i3-6100 / AMD Ryzen 3 1200, FX4350 tai parempi	Intel Core i5-4590 / AMD FX 8350 tai parempi	Intel Core i5 7200U / AMD Ryzen 5 1400 tai parempi
Keskusmuisti	Vähintään 8 Gb	Vähintään 4 Gb	Vähintään 8 Gb
Videolähtö	HDMI 1.3	Vive: HDMI 1.4, DisplayPort 1.2 tai uudempi. Vive Pro: DisplayPort 1.2 tai uudempi	HDMI 1.4 tai DisplayPort 1.2
USB-portit	1x USB 3.0 ja 2x USB 2.0	Vive: 1x USB 2.0 tai uudempi. Vive Pro: 1x USB 3.0 tai uudempi	1x USB 3.0 Type-A tai Type-C
Käyttöjärjestelmä	Windows 10	Vive: Windows 7 SP1, Windows 8.1, Windows 10. Vive Pro: Windows 8.1, Windows 10	Windows 10 Fall Creators Update

Taulukko 4. Taulukko 2. Oculus Rift, HTC Vive ja Vive Pro ja Windows Mixed Reality –laitteiden suositellut laitevaatimukset (Oculus n.d.a; Vive n.d.a; Vive n.d.b; Microsoft n.d.).

Laite	Oculus Rift	HTC Vive/Vive Pro	Mixed Reality
Näytönohjain	NVIDIA GTX 1060 / GTX 970, AMD Radeon RX 480 / R9 290 tai parempi	NVIDIA GeForce GTX 1060 / AMD Radeon RX 480 tai parempi	NVIDIA GeForce GTX 1060 / AMD Radeon RX 470/570 tai parempi
Proessori	Intel i5-4590 / AMD Ryzen 5 1500X tai parempi	Intel Core i5-4590 / AMD FX 8350 tai parempi	Intel Core i5 4590 / AMD Ryzen 5 1400 tai parempi
Keskusmuisti	Vähintään 8 Gb	Vähintään 4 Gb	Vähintään 8 Gb
Videolähtö	HDMI 1.3	Vive: HDMI 1.4, DisplayPort 1.2 tai uudempi. Vive Pro: DisplayPort 1.2 tai uudempi	HDMI 2.0 tai DisplayPort 1.2
USB-portit	3x USB 3.0 ja 1x USB 2.0	Vive: 1x USB 2.0 tai uudempi. Vive Pro: 1x USB 3.0 tai uudempi	USB 3.0 Type-A tai Type-C
Käyttöjärjestelmä	Windows 10	VIVE: Windows 7 SP1, Windows 8.1, Windows 10. VIVE Pro: Windows 8.1, Windows 10	Windows 10 Fall Creators Update

3.2 Mobiilit VR-laitteet

Mobiililaitteet ovat näytöttömiä virtuaalisilmikoita, joihin matkapuhelin asetetaan näytöksi. Linssit erottavat näytön kuvan kahdeksi kuvaksi silmille ja tekevät matkapuhelimesta virtuaalitodellisuuslaitteen. Mobiililaitteita ovat muun muassa Samsung Gear VR ja Google Daydream View. Mobiililaitteet ovat keskimäärin edullisia. Gear VR ja Daydream View maksavat noin 100 euroa. Mobiililaitteet eivät tarvitse ollenkaan johtoja. (Greenwald 2017.)

Mobiililasien heikkous on sijainnin seurannan ja graafisen laskentatehon puute. Mobiililasit seuraavat vain pään liikettä (3DOF) eli esimerkiksi kyykkyyden meneminen tai liikkuminen ei vaikuta virtuaalimaailmaan. Tehoeron takia mobiililasit jäävät myös graafiselta kuvanlaadulta kauas johdollisista.

Mobiililaseissa myös näytön ominaisuudet, kuten virkistystaajuus, jäävät kytketyiden laitteiden taakse. (Varlon 2016.)

Mobiililasit ovatkin hyvä vaihtoehto, jos haluaa kokeilla helposti ja edullisesti virtuaalitodellisuutta. Mobiililasien hyviä puolia ovat langattomuus ja halpa hinta. (Varlon 2016.) Mobiililaitteilla toimivia virtuaalilaseja on tullut markkinoilla useilta valmistajilta. Alla esitellään muutamia Suomessa myyviä mobiililaseja.

Samsung Gear VR-lasit on tehty Samsungin ja Oculuksen kanssa yhteistyössä. Samsung Gear VR julkaistiin alun perin vuoden 2015 lopussa Galaxy Note 4 mallille. Sittemmin laseja on päivitetty säännöllisesti ja tällä hetkellä uusin versio on vuoden 2017 syyskuussa julkaistu versio. (Lang 2017.) Uusin versio tukee Samsungin malleja Galaxy S6, S6 Edge, S6 Edge+, S7, S7 Edge, S8, S8+, Note 9, Note 8, Note 5 S9, S9+, A8, A8 Star ja A8+ (Samsung n.d.). Gear VR-lasien näkökentän laajuus on 101-astetta ja resoluutio riippuu laseihin kiinnitettävästä puhelimesta. Laseissa on myös sisäinen Gyro-sensori, minkä ansiosta pään liikkeiden tunnistus on luotettavampaa. Pakettiin kuuluu yksi liikeohjain. (Samsung n.d.)

Daydream View on Googlen vuonna 2016 julkaisema VR-laite. Vuonna 2017 laseista julkaistiin päivitetty versio. Lasien näkökentän laajuus on 100 astetta. Gear VR:n tavoin lasit sisältävät liikeohjaimen. Gear VR:stä poiketen Daydream View tukee muidenkin kuin Samsungin älypuhelimia. Tuettuja puhelimia ovat Google Pixel and Pixel XL, Pixel 2, Pixel 2 XL, Pixel 3, Pixel 3 XL, Samsung Galaxy S9, S9+, S8, S8+, Note 8, Huawei Mate 9, Porsche Design Mate 9, ZTE Axon 7, LG V30, Motorola Moto Z, Z2, Z Force ja Asus ZenFone AR. (Smith 2017.)

Googlen Cardboard lasit ovat erittäin halvat ja pahviset virtuaalilasit. Lasit ovatkin hyvä keino virtuaalitodellisuuteen tutustumiseen. Laseissa ei ole edes pääpantaa, joten laseja täytyy pitää silmillä käsin. Cardboard toimii suurimman osan Android-puhelimien ja Iphonien kanssa. Näkökentän laajuus on noin 90 astetta. (Wise 2017.) Lasit maksavat noin 5–10 euroa.

3.3 Itsenäiset ja tulossa olevat VR-laitteet

Itsenäiset laitteet sisältävät kaiken tarvittavat komponentit. Esimerkiksi näyttö, prosessori, sensorit, liitettävyys, akku ja kamerat ovat sisäänrakennettuna virtuaalilaitteen sisälle. Itsenäisten laitteiden käyttömukavuus on korkea, koska käyttäjän ei tarvitse esimerkiksi huolehtia puhelimen laittamisesta laseihin tai erillisistä antureista ja johdoista. (Sumra 2018.) Itsenäiset laitteet ovat vasta tuloillaan markkinoille. Vasta yksittäisiä itsenäisiä laseja on tähän mennessä julkaistu ja suomen markkinoilla vain yksi, Oculus Go. (Kidwell 2018.)

Itsenäisille virtuaalilaseille povataan kirkasta tulevaisuutta. Niinpä Oculus pyrkii kehittämään itsenäisiä laseja johdollisten rinnalla ja julkaisi vuonna 2018 itsenäisesti toimivan Oculus Go:n. Go ei vaadi matkapuhelinta eikä johtoja tietokoneeseen. Oculus Go on Oculuksen kolmas virtuaalitodellisuuslaite ja se sijoittuu Gear VR ja Oculus Riftin väliin. (Kidwell 2018.) Oculus Go:ssa on 2560 x 1440 (1280 x 1440 per silmä) resoluution LCD-näyttö. Go:hon on myös integroitu kaiuttimet ja mikrofoni. Akun kesto on 2–2,5 tuntia käytöstä riippuen. Go:ta myydään halvimmillaan 219 euron hintaan. (Oculus 2018.)

Virtuaalitodellisuusteknologia kehittyy jatkuvasti ja uusia, entistä parempia laitteita odottaa jo nurkan takana. Oculus Quest on tulossa oleva Oculuksen suunnittelema, täysin itsenäinen VR-laite. Quest ei tarvitse Go:n tapaan matkapuhelinta, tietokonetta tai erillisiä antureita rinnalleen. Quest pitää sisällään kaiken tekniikan, kuten laskentatehon ja erilaiset anturit täydellisen (6DOF) liiketunnistuksen saavuttamiseksi. Quest tukee myös Oculus Touch -liikeohjaimia. Quest saapuu markkinoille vuoden 2019 keväällä alkaen 399 dollarin hintaan. (Oculus n.d.c.) Oculus Go:hon verrattuna Quest on astetta kehittyneempi. Questissa on esimerkiksi kaksi tarkempaa 1440 x 1600 (yhteensä 2800 x 1600) pikselin OLED-näyttöä ja näyttöjen virkistystaajuus on hieman korkeampi 72 hertzin taajuudella. Myös suoritin on Questissa tehokkaampi mahdollistaen paremman graafisen suorituskyvyn. (Martindale 2018b.)

Pimax on uusi pyrkijä virtuaalitodellisuusmarkkinoille. Pimax on tuomassa markkinoille 5K, 5K+ ja 8K laitteet. Pimax pyrkii tarjoamaan markkinoiden parhaat ominaisuudet. Pimaxin tavoite on luoda intuitiivinen virtuaaliko-kemus, jossa kuvanlaatu on riittävän tarkka, jotta pikseleistä ei häiriintyisi. Pimax 8K tarjoaa jopa 200 asteen näkökentän ja 7680 x 4320 (3840 x 2160 per silmä) resoluution näytön. Sekä näytön resoluutio että näkökentän laajuus ovat huomattavasti nykyisin markkinoilla olevia laitteita parempia. Tarkalla näytöllä pyritään nykylaitteita tarkemman kuvan lisäksi vähentämään Screen Door -efektiä. Pimax käyttää Valven laserantureita liikeseurantaan ja myös liikeohjaimet ovat tulossa. Pimaxilta on myös tulossa 5K ja 5K+ versiot pienemmällä resoluutiolla. Pimax keräsi Kickstarter rahoituskierroksella yli neljän miljoonan dollarin sijoitukset, joten kiinnostusta se herätti kuluttajien keskuudessa. Tarkempia tietoja laitteen myyntitulosta tai hinnasta ei ole vielä julkaistu. (Kickstarter n.d.b.) Ensimmäisten laitteiden toimitukset Kickstarter tukijoille alkavat Syyskuussa 2018 (Carbotte 2018).

4 VIRTUAALITODELLISUUSMATKAILU

Oikeaan matkustamiseen tarvitaan muun muassa hyvää terveyttä, rahaa ja aikaa. Kaikilla edellä mainittuja asioita ei ole riittävästi. Se myös aiheuttaa ympäristöön paljon päästöjä ja osa ihmisistä haluaa siksi välttää matkustamista. Virtuaalimatkailu ratkaiseekin edellä mainitut ongelmat helpompana, halvempänä ja ympäristöystävällisempänä vaihtoehtona.

Virtuaalitodellisuusmatkailu on matkailun kokemista virtuaalitodellisuudessa. Virtuaalitodellisuuden käyttäjä eläytyy virtuaalimaailmaan siten, että käyttäjä parhaimmillaan luulee olevansa läsnä virtuaalimaailmassa. Virtuaalimatkailusta voidaan nauttia vaikka omalla kotisohvalla. Virtuaalimatkailusta nauttimiseksi tarvitaan jonkinlainen virtuaalitodellisuuslaite ja tarvittaessa graafista sisältöä tuottava laite, kuten tietokone tai pelikonsoli. Lisäksi tarvitaan virtuaalimatkailun virtuaaliympäristön mahdollistava sovellus tai peli.

Matkailu terminä määritellään Tilastokeskuksen mukaan näin: "Matkailu (tourism) on toimintaa, jossa ihmiset matkustavat tavanomaisen elinpiirinsä ulkopuolella olevaan paikkaan ja oleskelevat siellä yhtäjaksoisesti korkeintaan yhden vuoden ajan (12 kuukautta) vapaa-ajanvieton, liikematkan tai muussa tarkoituksessa." (Tilastokeskus n.d). Virtuaalimatkailu ei siis täytä oikean matkailun määritelmää, koska ihminen pysyy fyysisesti edelleen omassa elinpiirissä. Henkisesti käyttäjä luulee kuitenkin olevansa jossain muualla. Virtuaalimatkailu on lisäksi suhteellisen lyhytkestoista, koska VR-laitteistoja ei yleensä käytetä kovin pitkää aikaa kerrallaan.

Virtuaalimatkailun mahdollisuudet ovat lähes rajattomat, koska oikean elämän rajoitteita ei virtuaalimaailmassa ole. Virtuaalimatkailussa ei tarvitse esimerkiksi ottaa huomioon matkan hintaa tai matkustuskohteen rajoituksia. Matkailu voi olla oikeaa matkailua mukailevaa eli matkustaa voi esimerkiksi Pariisin nähtävyyksiä katsomaan. Matkailu voi olla myös realistista, mutta todellisuudessa äärimmäisen vaikeasti saavutettavissa olevaa matkailua, kuten esimerkiksi matka meren syvyyksiin tai vaikka avaruuteen. Matkailun ei tarvitse kuitenkaan olla realistista tai edes tästä maailmasta. Matkustaa voi esimerkiksi menneisyyteen, tulevaisuuteen tai täysin kuvitteelliseen maailmaan. Virtuaalimatkailussa kaikki on mahdollista.

Virtuaalimatkailu voi olla passiivista tai aktiivista. Passiivinen virtuaalimatkailu on esimerkiksi 360-asteen videoiden tai staattisten valokuvien katselua. Näissä käyttäjä ei pääse vaikuttamaan ympäristöön eli esimerkiksi virtuaaliympäristössä liikkuminen ei onnistu. Aktiivisessa virtuaalimatkailussa ympäristöön voi olla vuorovaikutuksessa ja esimerkiksi liikkuminen onnistuu. Tällaisten virtuaalimatkailutoteutusten ympäristö on pääsääntöisesti tietokoneella luotu juurikin ympäristöön vaikuttamisen mahdollistamiseksi.

4.1 Virtuaalimatkailusovellukset

Virtuaalimatkaailua voidaan kokea omilla virtuaalilaseilla tai kaupallisissa kohteissa. Virtuaalimatkaailusovellukseksi luokiteltavia sovelluksia on olemassa kuluttajien käyttöön satoja eri virtuaalialustoille. Virtuaalimatkaailusovellukseksi luokiteltavia sovelluksia on erityyppisiä ja eri genreen keskittyviä. Sovellukset keskittyvät esimerkiksi oikean maailman nähtävyyksien katseluun, seikkailemiseen, historiaan, musiikkiin, taiteisiin, kulttuuriin tai rentoutumiseen. Erilaisia genrejä löytyy siis jokaiseen makuun. Sovellusten toimintaperiaate eroaa myös toisistaan. Jotkut sovellukset käyttävät virtuaaliympäristön pohjana oikeaa ja realistista valokuvaa tai videota ja toiset taas 3D-mallinnettua ympäristöä. Myös näiden yhdistelmiä löytyy. Erilaisia virtuaalimatkaailusovelluksia löytyy eri alustojen kauppapaikoilta, joista käyttäjä voi hankkia haluamansa sovellukset. Osa sovelluksesta on ilmaisia ja osa maksullisia.

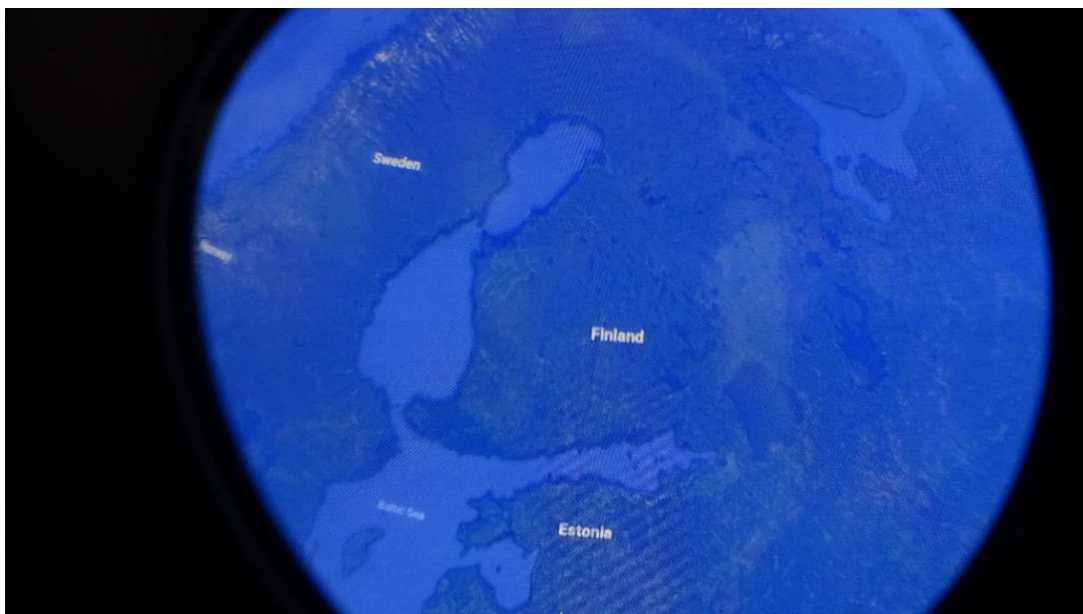
Erilaisten sovelluksen määrittely virtuaalimatkaailusovellukseksi on hankalaa, koska osaa sovelluksista ei ole varsinaisesti suunniteltu pelkästään matkailua varten. Monet sovellukset kuitenkin sisältävät matkailun elementtejä. Tässä työssä matkailusovellukseksi lasketaan ne sovellukset, joissa täyttyy Tilastokeskuksen matkailun määritelmä henkisellä puolella eli käyttäjä luulee olevansa elinpiirinsä ulkopuolella ja sovellus sisältää myös muita matkailun elementtejä.

Tässä osiossa esitellään lyhyesti muutamia erilaisia virtuaalimatkailusovelluksia kuluttajien käyttöön. Tarkoituksena on testata eri laitteille soveltuvia virtuaalimatkailusovelluksia ja testata niitä Oculus Riftillä ja Gear VR:llä.

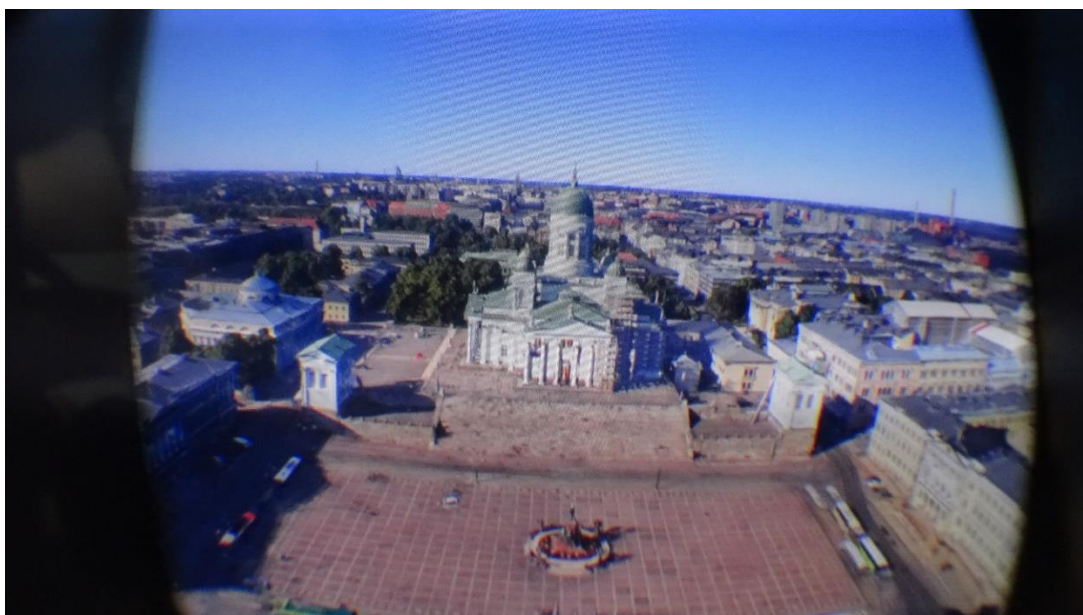
4.1.1 Google Earth VR ja YouTube VR

Google Earth VR on Googlen julkaisema virtuaalimatkailusovellus HTC Viveille ja Oculus Riftille (Google n.d.). Earth VR löytyy Oculus kaupasta ja Steamin kaupasta, joten se on saatavilla myös Mixed Reality -laitteille. Earth VR on saatavilla ilmaiseksi. Earth VR sallii käyttäjän tutkia koko maailmaa eri perspektiiveistä esimerkiksi avaruudesta käsin tai maan pinnalta. Käyttäjä voi tutkia ja etsiä paikkoja ympäri maailmaa. Earth VR:ssä yhdistyvät satelliittikuvat (kuva 6), 3D-mallinnetut ympäristöt (kuva 7) ja Street View -näkyvä (kuva 8). Avaruudesta käsin käyttäjä voi katsella maapalloa satelliittikuvien avulla, pyöritellä maapalloa ja zoomailla haluamaansa paikkaan. Suuremmat kaupungit ja monet nähtävyydet ovat 3D-mallinnettuja, joten niitä pystyy tutkimaan eri kulmista ja korkeuksista. Maanpinnalla käytössä ovat Googlen Street View -palveluun ladatut miljoonat valokuvat, joten esimerkiksi nähtävyyksiä pääsee katsomaan myös kameran silmin. Sovelluksen valikoista löytyy valmis kokoelma maapallon nähtävyyksiä pikasiirtymisineen, valmiita virtuaalimatkoja ja myös haku omia hakuksanoja varten. Myös vuorokaudenaikaa pystyy vaihtamaan liukuvasti.

Tässä työssä Earth VR:ää testattiin Oculus Riftillä. Allaolevat kuvat on otettu suoraan Riftin linssien läpi. Google Earth VR on opinnäytetyön tekijän mielestä erittäin vaikuttava kokemus ja kenties paras virtuaalimatka-
lusovellus mitä virtuaalilaseille on saatavilla. Earth VR on todella monipuolinen sovellus, jossa maailmaa pääsee tutkimaan joka kolkasta ilmakuvi-
en, 3D-mallinnettujen ympäristöjen ja aitojen Street View -kuvien avulla. Edellä mainittujen esitysmuotojen yhdistelmä toimii erinomaisesti.



Kuva 6. Earth VR:n satelliittinäkö Suomen päältä.



Kuva 7. 3D-mallinnettu näkö Helsingin Tuomiokirkosta.



Kuva 8. Street View -näkömänn aito 360-asteen kuva Tuomiokirkosta.

Maailman suosituimpaan videopalvelun YouTubeen on muutaman vuoden ajan voinut ladata 360-asteen videoita. Nykyään palvelusta löytyykin yli 800 000 360-asteen kokemusta. (Youtube 2018.) Virtuaalimatkailuksi las-kettavia videoita löytyy kymmeniä tuhansia.

Youtube VR –sovellus on saatavilla Androidille, Steamissa ja Playstation VR:lle. Sovellus toimii siis Playstation VR:n lisäksi Cardboard- ja Daydream-laitteilla, HTC Vivellä, Oculus Riftillä ja Mixed Reality -laitteilla. Steamin versio on tällä hetkellä vielä kehitysvaiheessa, mutta kuitenkin toimiva (Lang 2017.) Heinäkuussa 2018 Youtube VR julkaistiin myös Gear VR:lle (Youtube 2018). Youtube VR on saatavilla ilmaiseksi kaikille alustoille.

Youtube VR on passiivinen virtuaalikokemus, koska palvelussa onnistuu vain videoiden katselu (kuva 9). Virtuaaliympäristöön ei itse ohjelman valikoita lukuun ottamatta pysty siis vaikuttamaan. Tässä työssä Youtube VR:ää testattiin Oculus Riftillä. Kuvanlaatu on videoissa suhteellisen heikko. Edes 4K-tarkkuuden video ei näytä tarkalta vaan epätarkalta. 4K-tarkkuuskaan ei riitä terävään kuvaan, koska 360-asteen videon pikselit jakautuvat niin laajalle alueelle eikä YouTube-videoiden bittivirtakaan ole riittävällä tasolla parhaan laadun saamiseksi. Juurikin videokuvan heikon laadun ja ympäristöön vaikuttamisen puute johtaa heikentyneeseen immersioon. Siltikin erilaisia 360-asteen matkailuvideoita on mukava katella.

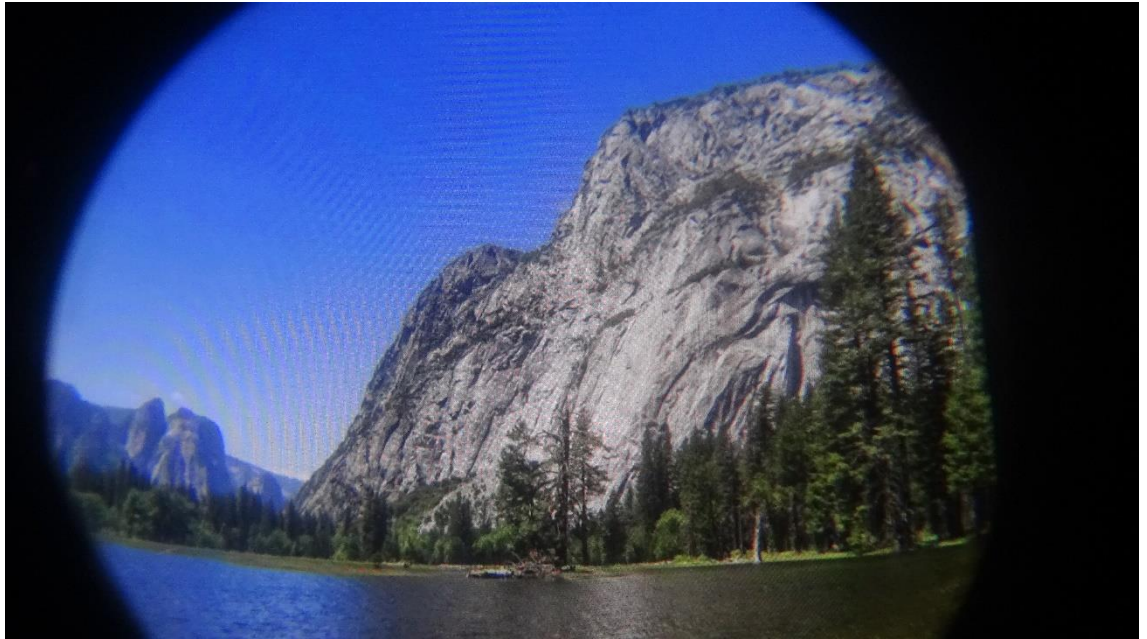


Kuva 9. Youtube VR:n 4K-tarkkuuden 360-asteen video trooppiselta hiekkarannalta Oculus Riftin linssien läpi kuvattuna. Videokuva on linssien läpi katsottuna epätarkka.

4.1.2 Gala360 ja Boulevard

Gala360 tarjoaa 360-asteen laadukkaita ammattilaisten ottamia valokuvia ja videoita eri kohteista ympäri maailmaa. Palvelussa on kuvakollaaseja muun muassa maailman nähtävyyksistä, kaupungeista, kansallispuistoista, taideteoksista ja museoista sekä tapahtumista. Osassa kohteista on myös ääniopastus kertomassa tietoa kohteesta. Gala360 on ilmainen sovellus, mutta osa sisällöstä on maksullisia. Kaiken sisällön avaaminen maksaa 3,99 \$. Sovellus on saatavilla Cardboard- ja Daydream-laiteille ja Gear VR:lle.

Tässä työssä Gala360 testattiin Gear VR:llä. Sovelluksessa on suuri määrä erilaisia kohteita tutkittavaksi, joten tekeminen ei lopu heti kesken (kuva 10). Valokuvat ovat laadukkaita ja niiden kuvanlaatu on huomattavasti esimerkiksi Youtube VR:n videoita parempaa, johtuen kuvien korkeammasta resoluutiosta ja laadusta. Myös omien, puhelimen tallennustilassa olevien kuvien katselu onnistuu sovelluksen kautta. Sovellus on Youtube VR:n tavoin passiivinen, joten virtuaaliympäristöön ei pysty vaikuttamaan sovelluksen omia valikoita lukuun ottamatta vaikuttamaan.



Kuva 10. Gala360:n maisemakuvaa Yosemitein kansallispuistosta. Kuva otettu Gear VR:n linssien läpi.

Boulevard tarjoaa taiteen, arkkitehtuurin ja kulttuurin ystäville virtuaalimatkaa museoihin ja kulttuurikohteisiin. Sovelluksen kautta voi vierailla yhteensä kuudessa eri museossa Englannissa ja Yhdysvalloissa (kuva 11). Sovellus on täysin 3D-renderöity ja käyttäjä pystyy olemaan vuorovaikutuksessa virtuaaliympäristön kanssa esimerkiksi liikkumalla. Museovierailuilla on käytössä ääniopastus. Ääniopastus kertoo niin halutessa erilaisten teosten teoksen historiaa. Infon voi myös lukea tekstimuodossa.

Boulevard on saatavilla Oculus Riftille ja Gear VR:lle ja sovellusta testattiin Oculus Riftillä. Boulevardin museokierrokset opastuksineen voivat olla taiteesta vähemmän kiinnostuneille tylsiä, mutta taiteista kiinnostuneilla varmasti mielenkiintoisia. Sisältöä on Boulevardissa suhteellisen vähän. Suurimmassa osassa museoista pystyy liikkumaan vain yhden huoneen sisällä eli koko museota ei ole lähellekään 3D-renderöity. Boulevard on kuitenkin hyvä esimerkki siitä, kuinka museoita ja historiaa voidaan tuoda virtuaalimaailmaan. Virtuaalitodellisuuden ansiosta kokemukseen voidaan lisätä virtuaalisia elementtejä, jotka eivät ole tosielämässä mahdollisia.

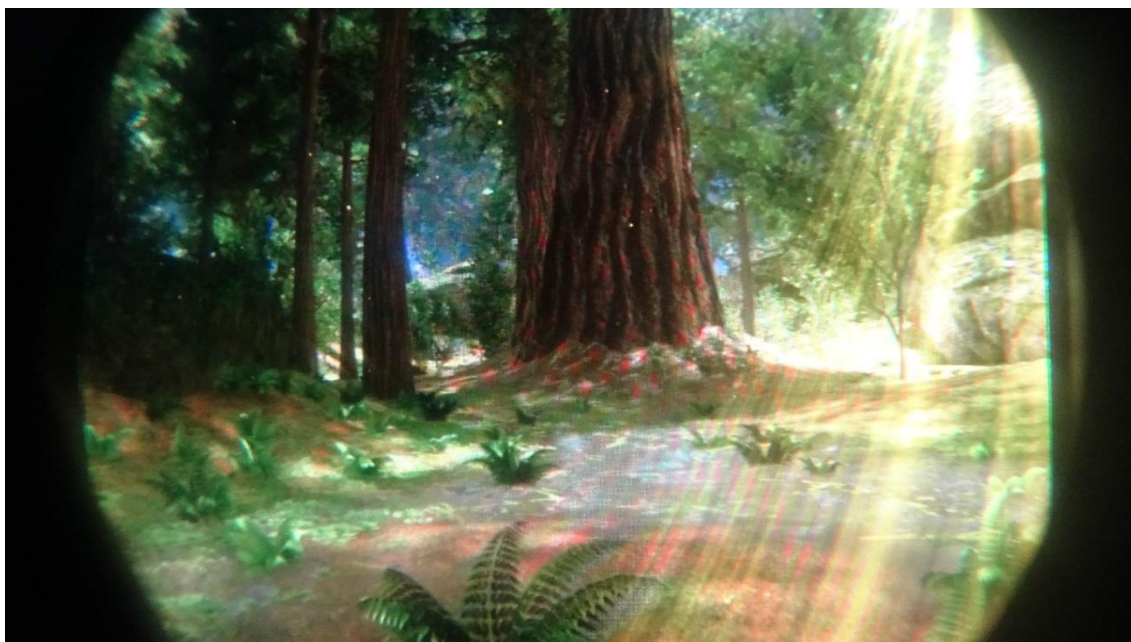


Kuva 11. Boulevardin kuvaa Victorian ja Albertin museosta Lontoosta. Museossa pystyy liikkumaan ja tutkimaan maalauksia. Maalauksista saa halutessa lisätietoja. Kuva otettu Oculus Riftin linssien läpi.

4.1.3 Guided Meditation VR ja Perfect

Guided Meditation VR on suunniteltu meditaatiota ja rentoutumista varten. Sovelluksessa on yli 30 erilaista ympäristöä ja satoja rentoutumispisteitä. Sovelluksessa on yli 15 tunnin edestä opastettua meditaatio-ohjausta. Myös erilaisia taustamusiikkeja on valittavissa. Opastetun ohjauksen ja musiikin saa halutessaan pois päältä jos käyttäjä haluaa kuunnella luonnon omia ääniä. Sovellus on saatavilla Oculus Riftille, Oculus Go:lle, HTC Vivelle, Gear VR:lle ja Windows Mixed Reality -laitteille. Gear VR:n sovellus on ilmainen. Muille alustoille sovellus maksaa noin 15 euroa (Guided Meditation VR n.d.).

Guided Meditation VR:ää testattiin Gear VR:llä. Sovellus on monipuolinen ja ympäristöjä on kiitettävästi. Valittavia ympäristöjä ovat muun muassa erilaiset metsät, niitty, viidakko, talvinen ympäristö revontulineen, trooppiset saaret, vuoristo, temppeli, luola, vesiputoukset ja niin edelleen (kuva 12). Jokaisessa ympäristössä on valittavissa neljä erilaista rentoutumispistettä. Ympäristöt ovat täysin kuvitteellisia ja 3D-mallinnettuja. Gear VR:llä ympäristössä liikkuminen ei onnistu, mutta tehokkaammilla johdollisilla VR-laitteilla se onnistuu. Guided Meditation VR onkin hyvä sovellus meditaatiosta tai rentoutumisesta kiinnostuneille. Sovelluksen monipuolisten säätöjen ansioista opastetun meditaation ja musiikin saa kytkettyä pois päältä jos käyttäjä vain haluaa fiilistellä rauhassa komeissa maisemissa luonnon keskellä.



Kuva 12. Guided Meditation VR:n kuvaa metsän keskeltä. Taustalla kuuluu luonnon ja lintujen ääniä. Kuva otettu Gear VR:n linssien läpi.

Guided Meditation VR:n tapaan myös Perfect kuuluu rentoutumis- ja elämyspelien genreen. Perfect on saatavilla Playstation VR:lle, HTC Viveille, Oculus Riftille ja Mixed Reality -laitteille (NDreams n.d.)

Sovellusta testattiin Oculus Riftillä. Perfectissä voi matkustaa kolmeen erillaiseen kuvitteelliseen 3D-generoituun ympäristöön: Talviseen ympäristöön, vuoristoiseen maisemaan ja aurinkoiselle rannalle (kuva 13). Vuorokaudenajan voi valita päiväksi tai yöksi. Kussakin ympäristössä on muutamia pisteitä, joiden välillä pystyy liikkumaan. Vapaata liikkumista Perfect ei valitettavasti tue. Sovelluksessa on myös yksityiskohtia, jotka tekevät kokemuksesta realistisempaa. Esimerkiksi lumipalloja voi heitellä tai sytyttää kepin palamaan nuotiossa. Perfect on toimiva sovellus rentoutumiseen. Maisemat ja pelin yksityiskohdat ovat hienoja. Vapaan liikkumisen puute ja ympäristöjen vähyydet ovat Perfectin heikkouksia.



Kuva 13. Talvinen näkymä nuotioineen ja revontulineen Perfectissä. Käyttäjä voi rentoutua ja nautiskella näköaloista. Kuva otettu Oculus Riftin linssien läpi.

4.1.4 Ocean Rift ja Discovering Space 2

Ocean Riftissä päästään tutkimaan vedenalaista maailmaa sukeltajan silmin. Ocean Riftissä on 12 erilaista ympäristöä ja erilaisia vedenalaisia eläimiä tutkittavana. Sovellus sisältää myös yli 45 informatiivista pistettä, joista voi oppia lisää eläimistä. Sovellus on saatavilla Oculus kaupassa ja Steamissa kymmenen euron hintaan (Oculus n.d.b.)

Sovellusta testattiin Oculus Riftillä. Sovelluksessa pääsee sukellemaan erilaisissa vesiympäristöissä erilaisten vesieläinten kuten delfiinien ja haiden kanssa (kuva 14). Halutessa eläimistä saa lisätietoa. Ocean Rift on parhaimmillaan hieno ja opettavainen kokemus. Sisältöä on kuitenkin suhteellisen vähän, joten sovelluksen käyttö saattaa muuttua nopeasti tylsäksi.



Kuva 14. Ocean Riftissä pääsee sukeltamaan esimerkiksi haiden kanssa.

Discovering Space 2 tarjoaa vedenalaisen seikkailun sijaan virtuaalimatkaa avaruuteen. Sovelluksessa pääsee lentelemään avaruudessa avaruusalusella ja koko aurinkokunta on tutkittavana (kuva 15). Avaruusalukselta voi ohjata vapaasti, mutta myös automaattisia kiertomatkoja on saatavilla eri planeetoille. Halutessa planeetoista saa lisätietoja ääniopastuksen muodossa. Discovering Space 2 on mielenkiintoinen ja opettavainen elämys avaruudesta kiinnostuneille. Sovellus on saatavilla Oculus kaupassa ja Steamissa kymmenen euron hintaan (Discovering VR n.d.). Sovellusta testattiin Oculus Riftillä.



Kuva 15. Discovering Space 2 kuvaa avaruusaluksen ohjaamosta ja maapallosta. Avaruusalukselta voi halutessaan itse ohjata.

4.2 Virtuaalimatkailu kaupallisessa mielessä

Virtuaalitodellisuutta ja virtuaalimatkailua on alettu hyödyntämään jossain määrin kaupallisessa mielessä, niin Suomessa kuin muuallakin maailmassa. Osa virtuaalielämyksiä tarjoavista tahoista pyytää maksun virtuaalielämyksestä ja osassa tahoista virtuaalielämys kuuluu hintaan esimerkiksi jonkun muun palvelun ohella. Virtuaalielämys voi olla myös kokonaan veloittukseton esimerkiksi osana markkinointia.

Suomesta löytyy muutama virtuaalitodellisuutta maksua vastaan tarjoavaa yritystä kuluttajille. Esimerkiksi Helsingissä, Vantaalla ja Espoossa sijaitsevat Pikseli Arcade –virtuaalipuistot, Helsingissä sijaitsee True VR pelipaikka ja Tampereelta löytyy virtuaalielämysliike Portaali. Edellä mainitut yritykset tarjoavat erilaisia elämyksiä ja pelejä kuluttajien nautittavaksi. Virtuaalimatkailuksi soveltuvia elämyksiä on tarjolla muutamia, kuten Everest VR, Nature Treks VR ja Google Earth VR (Pikseli Arcade n.d.; Portaali VR n.d.; True Vr n.d.). Vastaavanlaisia virtuaalipuistoja löytyy myös ulkomailta, kuten Dubaista, Isosta-Britanniasta, Ruotsista, Japanista ja Yhdysvalloista.

Myös muutkin tahot ovat alkaneet hyödyntämään virtuaalimatkailua enemmän tai vähemmän kaupallisissa tarkoituksissa. Helsingin Tuomiokirkko on Helsingissä suosittu nähtävyys. Moni kävijä haluaisikin nähdä maisemia Tuomiokirkon tornista. Turistikierroksia torniin on kuitenkin mahdoton järjestää. Kesällä 2018 Tuomiokirkossa otettiin käyttöön virtuaalinen vierailu torniin. Pientä maksua vastaan kävijä saa Oculus Go -virtuaalilasit lainaan. Lasien avulla pääsee siirtymään kirkon kupoliin ja katsomaan maisemia neljään eri suuntaan. Virtuaalitodellisuuteen on samalla sisällytetty tietoa Tuomiokirkosta. Toteutuksen luoneen Zoanin toimitusjohtaja Miikka Rosendahlin mukaan virtuaalitodellisuus on kasvussa matkailualalla. (Tekniikka&talous 2018.)

Tallink Silja otti kesäkuussa 2018 käyttöön virtuaalimatkailuelämyksen. Turun saaristoon sijoittuvassa seikkailussa käyttäjä pääsee virtuaaliselle laivamatkalle saaristoon ja samalla tutustumaan muutamalle saarelle. Virtuaaliseikkailun toiveena on, että se lisää kiinnostusta oikeaa saaristomatkailua kohtaan. Kesän aikana saatavasta käyttäjäpalautteesta riippuen virtuaalilaitteistoja voidaan hankkia myös muille Silja Linen laivoilla ja tuottaa niihin uutta sisältöä. Ensivaikutelmat laitteistosta ovat erittäin positiivisia. Seikkailu on matkustajien käytettävissä Galaxy-laivalla. (Tallink 2018.)

Virtuaalitodellisuutta on alettu hyödyntämään myös historiallisessa mielessä ja aikamatkustuksessa esimerkiksi museoissa. Kansallismuseon alkuvuodesta 2018 avatussa virtuaalikokemuksessa matkustetaan Suomen historiaan ja vuoden 1863 säätyvaltiopäiville, jossa käyttäjä voi keskustella keisarin ja eri säätyjen edustajien kanssa. Kansallismuseon tarkoituksena on ollut rakentaa vuoropuhelu museon todellisen museoesineiden ja digitaalisen maailman välille siten, että museon kävijällä syntyy mahdollisimman realistinen tunne historiaan siirtymisestä (Kansallismuseo 2018).

Myös Lönströmin taidemuseossa Raumalla pääsee virtuaalimatkailemaan.

Virtuaalitodellisuutta hyödynnetään myös matkailun markkinoinnissa. Kilpailu on kovaa matkailumarkkinoilla ja markkinoinnissa halutaan erottua massasta. Virtuaalinen markkinointi jää myös normaalia markkinointia enemmän ihmisten mieleen. Esimerkiksi Vuonna 2017 Helsingissä oli mahdollista kokea virtuaalimatka Kiinan Dunhuangin myyttiseen maailmaan ja kokemaan Terrakotta-sotilaiden elämään tuhansien vuosien takaa. Virtuaalimatka oli osa Elämyksiä Kiinasta kampanjaa, jonka tavoitteena on kertoa ihmisille Kiinasta (Gbtimes 2017). Matkanjärjestäjä Aurinkomatkat on tarttunut virtuaaliseen markkinointiin julkaisemalla 360-asteen virtuaalimatkavideoita eri matkakohteista. Videoita pystyy katsomaan Aurinkomatkojen sivuilla, YouTubessa tai Aurinko VR -sovelluksessa, jonka avulla videoista pääsee nauttimaan virtuaalilasien avulla (Aurinkomatkat n.d.) Myös Tjäreborg on hyödyntänyt virtuaalivideoita matkailumarkkinoinnissa. Viime vuosina myös matkamessuilla virtuaalitodellisuutta on alettu hyödyntämään ja useilla messupisteillä on ollut käytössä VR-laitteita. Pääasiassa laitteita on hyödynnetty messuilla markkinointimielessä.

Matkailu on kasvavaa liiketoimintaa ja työllistää paljon ihmisiä Suomessa. Esimerkiksi luontomatkaileuksessa on suuri kasvupotentiaali. Suomen luontomatkaileua pyritäänkin markkinoimaan maailmalla. Vuonna 2016 käynnistyi kolmivuotinen Virtuaaliluonto-hanke, jossa luontomatkaileun digitaalisen markkinoinnin tueksi rakennetaan luontoon liittyviä virtuaalikokemuksia (Itä-Suomen yliopisto n.d.). Hanke on poikunut muun muassa 360-asteen videoita luontomatkaileukohteista.

Virtuaalitodellisuutta ja virtuaalimatkaileua hyödynnetään tällä hetkellä siis jo jossain määrin kaupallisissa tarkoituksissa. Edellä mainittujen esimerkkien lisäksi myös muualla maailmassa hyödynnetään virtuaalitodellisuutta ja virtuaalimatkaileua kaupallisessa mielessä. Virtuaalimatkaileun kaupallinen hyödyntäminen on vielä kuitenkin hyvin vähäistä verrattuna muuhun digitaaliseen markkinaan. Virtuaalitodellisuuden yleistyessä sen kaupallinen hyödyntäminen yleistynee tulevaisuudessa.

5 POHDINTA

Tämän hetken virtuaalilaitteilla ja virtuaalimatkaailusovelluksilla virtuaalimatkaailu on pääosin nautittavaa ja mukavaa ajanvietettä. Parhaimmillaan virtuaalimatkaaja luulee olevansa läsnä virtuaalimaailmassa ja virtuaalimatkaakohteessaan. Tässä työssä testatuista virtuaalimatkaailusovelluksista kaikki ovat nautittavia kokemuksia. Työssä testatut sovellukset eroavat toisistaan niin genreltään kuin monipuolisuudeltaan. Maapallon tutkiskeluun ja nähtävyyksien katseluun keskittyvä Google Earth VR on työssä kokeilluista sovelluksista selvästi monipuolisin YouTube VR:n ohella. Earth VR:ssä käytännössä koko maailma on tutkittavana, joten sovellusta käytäessä vierähtää helposti tovi. Youtube VR:n sisällön määrä on massiivinen. Virtuaalitodellisuusvideoita löytyy palvelusta yli 800 000, joista virtuaalimatkaailuksi laskettavia videoita on tuhansia, joten katsottava ei lopu heti kesken. Videoiden kuvanlaadun toivoisi tosin olevan parempi.

Kenties suppein sovellus testatuista on rentoutumiseen keskittyvä Perfect. Perfectissä on vain muutama ympäristö ja kussakin ympäristössä vain muutama oleskelupiste. Maisemat ovat hienot, mutta käyvät nopeasti tutuiksi eikä sovellusta jaksa kovin pitkää aikaa kerrallaan käyttää. Myös Boulevard ja Ocean Rift ovat suhteellisen suppeita elämyksiä eikä tekemistä riitä kovin moneksi tunniksi. VR-lasien käyttö ylipäättänsä rasittaa päätä ja silmiä sen verran, että laseja ei ainakaan opinnäytetyön tekijä pysty tunteja putkeen käyttämään. Virtuaalimatkaailu onkin parasta lyhyehköissä jaksoissa ja kyllästyessä sovellusta voi vaihtaa.

Virtuaalimatkaailusovellukseksi luokiteltavia sovelluksia on olemassa satoja, mutta niitä tarvitaan lisää. Virtuaalitodellisuussovellusten määrä kokonaisuudessaan on viime vuosien aikana kasvanut uusien virtuaalitodellisuuslaitteistojen myötä hurjasti. Sovellusten ja pelien määrä on kuitenkin vielä vain murto-osa verrattuna normaaleihin konsoli- ja PC-sovelluksiin ja peleihin. Sisältöä ei voi koskaan olla liikaa ja tulevaisuudessa sisältöä tarvitaan lisää. Myös suuren budjetin virtuaalitodellisuuspeleistä ja sovelluksista on pulaa. Tähän asti virtuaalitodellisuussovellusten kehittäminen on ollut pääosin pienempien sovellustalojen vastuulla. Suuret sovellustalot eivät ole vielä kunnolla lähteneet kehittämään sovelluksia virtuaalitodellisuuteen. Virtuaalitodellisuusmarkkinat ja virtuaalitodellisuuslaitteiden myyntimäärät ovat vielä suhteellisen pieniä, joten se vaikuttaa halukkuuteen lähteä kehittämään sovelluksia suurella budjetilla virtuaalitodellisuuteen. Virtuaalitodellisuusmarkkinoiden kasvaessa herännee myös isompien toimijoiden mielenkiinto.

Tulevaisuudessa virtuaalilasien keskihinta laskenee ja valikoima laajenee ja se edesauttaa virtuaalitodellisuuden yleistymistä. Jos ennusteet virtuaalitodellisuusmarkkinoiden kasvusta pitävät lähellekään paikkaansa, tulevaisuudessa nähdään paljon uusia isolla rahalla tehtyjä pelejä ja

sovelluksia myös virtuaalitodellisuuteen. Lisäksi laitteiden teknologia kehittyy jatkuvasti, mikä johtaa parempaan kokemukseen.

Virtuaalitodellisuusmatkailusta nauttimiseksi tarvitaan virtuaalitodellisuuslasit sekä tarvittaessa grafiikkaa tuottava laite. Erilaisia VR-laitetyyppejä ovat johdolliset VR-laitteet, mobiililaitteet ja itsenäiset laitteet. Johdollisissa laitteissa kuvanlaatu on markkinoiden parasta ja ominaisuudet monipuolisimmat, mutta ne tarvitsevat tehokkaan ulkoisen graafisen lähteen, kuten tietokoneen. Johdolliset lasit ovat jo itsessään huomattavasti mobiililaitteita ja itsenäisiä laitteita kalliimpia ja kun tähän vielä lisätään tehokas tietokone, niin paketin hinnaksi muodostuu minimissäänkin reilusti yli tuhat euroa. Playstation VR poikkeaa joukosta edullisemmalla kokonaishinnalla, koska se toimii PlayStation 4 -pelikonsolilla. Itse Playstation VR:n hinta on muita johdollisia laitteita alhaisempi ja myös PlayStation 4 -pelikonsoli on VR-käyttöön soveltuvaa tietokonetta huomattavasti edullisempi. Lisäksi monesta taloudesta löytyy jo ennalta kyseinen pelikonsoli. Playstation VR häviää kuitenkin etenkin kuvanlaadussa kalliimmille kilpakumppaneilleen. Johdolliset laitteet ovat kuitenkin ainoa vaihtoehto, mikäli halutaan parasta virtuaalitodellisuuslaatua.

Jos virtuaalimatkailu kiinnostaa, mutta halua maksaa satoja tai tuhansia euroja johdollisesta VR-laitteistosta ei ole, eikä tehokasta tietokonetta tai pelikonsolia jo ennalta löydy, niin mobiililasit sekä itsenäiset lasit ovat tällöin oiva vaihtoehto. Jos virtuaalimatkailusta kiinnostunut omistaa Gear VR:n tai Google Daydreamin kanssa yhteensopivan älypuhelimien, niin joko Gear VR:n tai Daydreamin hankkiminen on tällöin edullisin vaihtoehto. Mobiililaitteet tarjoavat kuitenkin heikoimman, mutta siltikin kohtuullisen VR-kokemuksen varsinkin uudelle virtuaalitodellisuuden käyttäjälle. Brändittömiä ja erittäin halpoja mobiililaseja saa useista marketeista alle muutamalla kympillä, mutta näiden laitteiden suorituskyky on heikko. Jos haluaa edes kohtuullista VR-kokemusta, niin kaikista halvimmat silmikkot kannattaa jättää markettiin. Jos Gear VR tai Daydream yhteensopivaa puhelinta ei omista tai haluaa astetta paremman VR-kokemuksen, niin itsenäiset lasit ovat tällöin valinta. Itsenäisissä laseissa ominaisuudet ja kuvanlaatu on mobiiliversioita parempia ja samalla välttyy puhelimen asettamisesta silmikkoon ja puhelimen akun hupenemisesta.

Tässä työssä testatuista virtuaalitodellisuuslaitteista virtuaalimatkailukokemus oli Oculus Riftillä selvästi paras. Esimerkiksi Gear VR:n kapeampi näkökenttä ja heikompi kuvanlaatu vaikuttavat negatiivisesti immersioon ja virtuaalimatkailun nautittavuuteen. Mitä enemmän heikkouksia laitteessa on, sitä vähemmän kokemuksesta pystyy nauttimaan. Gear VR:n käyttö aiheutti opinnäytetyön tekijälle ajoittain myös pahoinvointia. Huonommat tekniset ominaisuudet, kuten matalampi 60 hertsin kuvataajuus ja 6 DOF-seurannan puute, saattavat aiheuttaa osalle ihmisistä pahoinvointia. Esimerkiksi käyttäjän liikkeitä oikeassa elämässä eivät vastaa Gear VR:llä täysin virtuaalisen näkymän liikkeitä. Pahoinvoinnin yllättäessä virtuaalimatkailu on kaukana nautittavasta ja virtuaalilasien käyttö on vähintään hetkeksi lopetettava. Osa ihmisistä ovat herkempiä pahoinvoinnille

kuin toiset, ja kaikille pahoinvointia ei tule helposti. Oculus Rift ei aiheutanut pahoinvointia opinnäytetyön tekijälle.

Tämän hetken parhaatkaan virtuaalitodellisuuslaitteet eivät ole vielä tarvittavalla tasolla lähes luonnollisen immersion saavuttamiseksi. Esimerkiksi nykyisten laitteiden näkökenttä on vielä liian pieni ja näyttöjen tarkkuudet liian matalia luonnollisen immersion ja tarkan kuvan saavuttamiseksi. Virtuaalitodellisuuslaseja käyttäessä tuntuu kuin katsoisi maailmaa esimerkiksi sukelluslasien läpi. Näkökentän reunoihin jäävät mustat reunat, joihin VR-laitteen kuva ei ylety. Linssien läpi katsottuna kuva on myös jokseenkin epätarkka ja näytön pikseliverkko (Screendoor-efekti) näkyy tarkkaan katsoessa. Kaukana olevista kohteista virtuaalimaailmassa voi olla vaikeaa saada selvää, koska näyttöjen resoluutio ei vielä riitä tarkkaan kuvaan. Kaikista nykylasien heikkouksista huolimatta virtuaalimaailmaan eläytyessä edellä mainitut heikkoudet unohtuvat eikä niihin kiinnitä jatkuvasti sen suurempaa huomiota. Vähintään alitajuntaisesti se kuitenkin heikentää immersioita.

Tulevaisuudessa virtuaalilasit tulevat kehittymään muun teknologian ohella kovaa vauhtia. Lasien ominaisuudet, kuten näkökentän laajuus ja resoluutio tulevat parantumaan tulevien laitesukupolvien ansiosta. Esimerkiksi Pimax pyrkii kohta markkinoille tulevilla VR-laseillaan parantamaan useita epäkohtia. Tänä päivänä virtuaalitodellisuus onkin vasta uutta teknologiaa. Mutta tulevaisuudessa, esimerkiksi kymmenen vuoden kuluttua, virtuaalitodellisuus ja virtuaalilasien teknologia lienee aivan eri tasolla nykyhetken verrattuna. Silloin myös immersio paranee huomattavasti ja virtuaalitodellisuuden käyttö muuttuu entistä luonnollisemmaksi ja nautittavammaksi. Täten myös virtuaalimatkoista pystytään nauttimaan jatkossa enemmän.

Virtuaalitodellisuutta ja virtuaalimatkoita on alettu hyödyntämään viime aikoina myös kaupallisissa tarkoituksissa. Suomessa ja maailmalla eri tahojen kautta tarjottavien virtuaalimatkoelämyksien määrä on lisääntynyt ja edelleen lisääntymään päin. Viime vuosina on myös kysynnän myötä syntynyt virtuaalitodellisuutta tarjoavia ja luovia yrityksiä. Virtuaalimatkoelämyksen hyödyntäminen kaupallisissa tarkoituksissa on kuitenkin vielä hyvin vähäistä, mutta tulevaisuudessa teknologian kehittymisen myötä todennäköisesti lisääntymään päin.

Virtuaalitodellisuuden hyödyntämisessä matkailumarkkinoinnissa on etuja normaaliin markkinointiin verrattuna. Markkinoinnissa on tärkeää jättää mahdolliselle asiakkaalle mahdollisimman mieleen jäävä ja hyvä kuva markkinointikampanjasta. Virtuaalitodellisuuden ansiosta mahdollinen asiakas voi muistaa kokeneensa elämyksen normaalin katselun sijaan. Näin ollen markkinointi jäänee paremmin kuluttajien mieleen. Virtuaalitodellisuuden hyödyntämisessä on myös varjopuolensa. Virtuaalitodellisuuden luominen markkinointitarkoituksiin on työlästä ja kallista. Lisäksi markkinoija joutuu hankkimaan virtuaalilaseja ja mahdollisesti tehokkaita tietokoneita asiakkaiden käyttöön.

Kansainväliset matkailumarkkinat ovat todella suuret ja kilpailu matkailusta ja sen markkinoinnista on kovaa. Viime aikoina virtuaalitodellisuutta on alettu hyödyntämään pienissä määrin muun muassa matkailun markkinoinnissa. Virtuaalilasien avulla voidaan esimerkiksi esitellä matkakohteen parhaita puolia, niin kuin käyttäjä olisi paikan päällä. Tämä saattaa synnyttää asiakkaassa halun päästä paikan päälle oikeasti. Virtuaalimat-kailulla voikin olla merkittävä rooli matkailun markkinoinnissa tulevaisuu-
dessa.

Oikean matkailun käänköpuolena ovat sen aiheuttamat päästöt. Jos ilmas-
tonmuutos edelleen jatkuu ja matkailumarkkinat sekä matkailun aiheutta-
mat päästöt kasvavat ennusteiden mukaan, on mahdollista, että matkus-
tamisen hinta nousee tulevaisuudessa esimerkiksi ilmastoverojen myötä
tai lentomat-kustamista aletaan jopa rajoittamaan. Viimeistään tällöin vir-
tuaalimat-kailun merkitys voi korostua eettisempänä ja ympäristöystävälli-
sempänä vaihtoehtona. Virtuaalitodellisuusteknologian edelleen kehitty-
essä ja yleistyessä virtuaalimat-kailusta saattaakin tulla tulevaisuudessa ny-
kyistä vakavampi vaihtoehto oikealle matkailulle.

Vaikka virtuaalitodellisuus ja virtuaalimat-kailu onkin nykylaitteilla pääosin
nautittavaa ja hyvää ajanvietettä, se ei kuitenkaan voi korvata täysin oi-
kean matkailun kokemuksia. Kaikkia oikean matkailun kokemuksia ja ais-
teja ei voida tällä hetkellä virtuaalitodellisuudessa tarjota. Esimerkiksi ih-
misten kanssa sosiaalinen kanssakäyminen, matkakohteen tuoksut,
lämpö, ruoka ja vaikka meressä uiminen ovat muun muassa sellaisia teki-
jöitä, joita ei virtuaalitodellisuus voi tarjota realistisesti ainakaan lähitule-
vaisuudessa.

6 YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteena oli tutkia ja esitellä virtuaalitodellisuutta ja virtuaalimatkailua teoriassa ja käytännössä. Lisäksi tavoitteena oli oppia henkilökohtaisesti lisää virtuaalimatkailusta ja esitellä lukijalle virtuaalitodellisuutta ja virtuaalimatkailua. Työssä pyrin vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin: Kuinka toimivaa ja vaikuttavaa virtuaalimatkailu nykylaitteistolla on? Mitä laitteistoja tarvitaan virtuaalimatkailusta nauttimiseksi? Miten virtuaalimatkailua hyödynnetään kaupallisesti?

Nykylaitteistolla virtuaalimatkailu on pääosin nautittavaa ja mukavaa ajanvietettä. Teknologia on kuitenkin vasta hyvin uutta ja se rajoittaa virtuaalimatkailusta nauttimista ja immersiiivistä kokemusta. Lisäksi virtuaalimatkailusovelluksia ei ole vielä riittävästi ja monet nykyiset sovellukset ovat monipuolisuudeltaan suppeita. Teknologian ja virtuaalimatkailusovellusten kehittyessä tulevaisuudessa virtuaalitodellisuudella ja virtuaalimatkailulla on suuri kasvupotentiaali.

Virtuaalitodellisuusmatkailusta nauttimiseksi tarvitaan virtuaalitodellisuuslaite. Halvimmillaan kohtuullisen VR-kokemukseen saa noin sadan euron mobiililaseilla. Itsenäiset VR-laitteet tarjoavat asetta paremman VR-kokemuksen halvimmillaan reilun 200 euron hintaan, mutta ne ovat suuremmissa määrin vasta tuloillaan markkinoille. Itsenäisissä VR-laitteissa on paljon potentiaalia, koska ne sisältävät kaiken tarvittavan tekniikan itsessään, eikä esimerkiksi kalliita tietokoneita tarvita. Parasta suorituskykyä ja kuvanlaatua tarjoavat johdolliset VR-laitteet. Johdollisissa VR-laitteissa valikoima on kaikkein laajin ja laitteiden hinta vaihtelee noin 250 euron ja 1000 euron välillä. Johdolliset VR-laitteet vaativat kuitenkin erillisen graafisen lähteen, kuten pelikonsolin tai tehokkaan tietokoneen kaverikseen, mikä nostaa johdollisten VR-laitteistojen hintaa kokonaisuudessa roimasti.

Virtuaalimatkailua hyödynnetään jossain määrin kaupallisesti, mutta sen hyödyntäminen on vielä hyvin vähäistä. Virtuaalimatkailuelämyksiä on saatavilla muutamissa kaupallisissa kohteissa ja myös markkinoinnissa virtuaalimatkailua on jossain määrin hyödynnetty. VR-sisällön tuottaminen on kallista ja myös VR-laitteistojen hinta sekä käytettävyys ovat hidasteena kaupallisen hyödyntämisen yleistymiselle. Kasvupotentiaalia on kuitenkin paljon teknologian kehittyessä.

Mielestäni onnistuin työssä hyvin ja olen tyytyväinen lopputulokseen, vaikka aika laaja paketti työstä tulikin. Toivottavasti työ on hyvä tietopaketti lukijalle virtuaalitodellisuudesta ja virtuaalimatkailusta. Työtä tehdessäni opin virtuaalitodellisuudesta ja virtuaalimatkailusta paljon uutta. Mielestäni virtuaalitodellisuus ja virtuaalimatkailu on tulevaisuutta ja jään erittäin mielenkiinnolla odottamaan tulevia laitesukupolvia ja uusia virtuaalimatkailuelämyksiä. Virtuaalitodellisuudella on mielestäni suuri potentiaali kasvaa tulevaisuudessa tärkeäksi teknologiaksi.

LÄHTEET

Aniwaa (n.d.). VR/AR HEADSETS COMPARISON. Viitattu 31.7.2018 osoitteesta <https://www.aniwaa.com/comparison/vr-ar/>

Arguinbaev, M. (2017). Why Soes the 90 HZ Refresh Rate Matter for Virtual Reality? Viitattu 2.4.2018 osoitteesta <https://thevrbase.com/why-does-the-90-hz-refresh-rate-matter-for-virtual-reality/>

Aurinkomatkat (n.d.). Koe 360 asteen virtuaalimatka. Viitattu 19.5.2018 osoitteesta <https://www.aurinkomatkat.fi/360-virtuaalimatka>.

Boger, Y. (2017). Understanding pixel density retinal resolution and why it's important for VR and AR headsets. Viitattu 2.4.2018 osoitteesta <https://www.roadtovr.com/understanding-pixel-density-retinal-resolution-and-why-its-important-for-vr-and-ar-headsets/>

Brown, M. (2016). How to correctly adjust your lens spacing on the HTC Vive. Viitattu 6.4.2018 osoitteesta <https://www.vrheads.com/how-correctly-adjust-lens-spacing-htc-vive>

Carbotte, K. (2018). Pimax Finally Prepping 8K, 5K+ VR Headset Shipments. Viitattu 5.10 osoitteesta <https://www.tomshardware.com/news/pimax-8k-5k-kickstarter-shipping,37761.html>

Charara, S. (2017). Explained: how does VR actually work? Viitattu 29.3.2018 osoitteesta <https://www.wearable.com/vr/how-does-vr-work-explained>

Cunningham, K. (2017). Display Technology Pushes Virtual Reality Forward. Viitattu 2.4.2018 osoitteesta <http://blog.appliedmaterials.com/display-technology-pushes-virtual-reality-forward>

Discovering VR (n.d.). Discovering Space. Viitattu 25.8.2018 osoitteesta <http://discoveringvr.com/>

Duncan, T. (2017). Importance of sound in virtual reality. Viitattu 7.6.2018 osoitteesta <https://cogswell.edu/blog/virtual-reality-vr-sound-importance/>

Lükewille, A. (2018). Keskiössä lento- ja laivaliikenteen päästöt. Viitattu 19.9.2018 osoitteesta <https://www.eea.europa.eu/fi/articles/keskiossa-lento-ja-laivaliikenteen-paastot>

Finavia (2018). Finavian tuore tilasto: Lentomatkestajien määrät huomassa kasvussa. Viitattu 19.9.2018 osoitteesta

<https://www.finavia.fi/fi/uutishuone/2018/finavian-tuore-tilasto-lento-matkustajien-maarat-huimassa-kasvussa>

GBTIMES FINLAND (2017). Virtuaalitodellisuus vie Kiinaan. Viitattu 19.5.2018 osoitteesta <http://fi.gbtimes.com/uutiset/virtuaalitodellisuus-vie-kiinaan>

Google (n.d.). Google Earth VR. Viitattu 29.4.2018 osoitteesta <https://vr.google.com/earth/>

Greenwald, W. (2017). The Best VR (Virtual Reality) Headsets of 2018. Viitattu 29.3.2018 osoitteesta <https://www.pcmag.com/article/342537/the-best-virtual-reality-vr-headsets>

Guided Meditation VR (n.d.). Guided Meditation VR™ is the virtual reality relaxation app we always wished existed. Viitattu 19.5.2018 osoitteesta <https://guidedmeditationvr.com/about-2/>

IrisVR (n.d.). The Importance of Frame Rates. Viitattu 2.4.2018 osoitteesta <https://help.irisvr.com/hc/en-us/articles/215884547-The-Importance-of-Frame-Rates>

Itä-Suomen yliopisto (n.d.). Virtuaaliluonto. Viitattu 11.5.2018 osoitteesta <https://www.uef.fi/web/mot/tutkimushankkeet/virtuaaliluonto>

Kansallismuseo (2018). Aikamatkailu on sittenkin mahdollista. Kansallismuseon uusi virtuaalitodellisuus heittää vuoteen 1863. Viitattu 19.5.2018 osoitteesta <https://www.kansallismuseo.fi/fi/ajankohtaista/aikamatkailuon-sittenkin-mahdollista-kansallismuseon-uusi-virtuaalitodellisuus-heittaa-vuoteen-1863>

Kickstarter (n.d.a). Oculus Rift: Step in the Game. Viitattu 29.3.2018 osoitteesta <https://www.kickstarter.com/projects/1523379957/oculus-rift-step-into-the-game>

Kickstarter (n.d.b). Pimax: The World's First 8K VR Headset. Viitattu 9.4.2018 osoitteesta <https://www.kickstarter.com/projects/pimax8kvr/pimax-the-worlds-first-8k-vr-headset>

Kidwell, E. (2018). Oculus Go: Everything you need to know! Viitattu 11.4.2018 osoitteesta <https://www.androidcentral.com/oculus-go>

Lagace, M. (2016). What is the "screen-door effect" and why does it happen? Viitattu 7.6.2018 osoitteesta <https://www.vrheads.com/what-screen-door-effect-and-why-does-it-happen>

Lamkin, P. (2018). Best VR headsets 2018: HTC Vive, Oculus, PlayStation VR compared. Viitattu 29.2.2018 osoitteesta <https://www.wareable.com/vr/best-vr-headsets-2017>

Lang, B. (2017a). 'YouTube VR' Finally Comes to PC, Bringing the Platform's 360 Videos to Vive, Rift, and Windows VR. Viitattu 19.5.2018 osoitteesta <https://www.roadtovr.com/youtube-vr-rift-vive-pc-windows-steam/>

Lang, B. (2017b). Everything You Need to Know About Samsung Gear VR Phone Compatibility. Viitattu 9.4.2018 osoitteesta <https://www.roadtovr.com/everything-you-need-to-know-about-samsung-gear-vr-phone-compatibility/#1511408987474-f9ae21fc-4c0d>

Langley, H. (2017). Inside-out v Outside-in: How VR tracking works, and how it's going to change. Viitattu 25.7.2018 osoitteesta <https://www.wareable.com/vr/inside-out-vs-outside-in-vr-tracking-343>

Martindale, J. (2018a). HTC Vive vs. Vive Pro. Viitattu 9.4.2018 osoitteesta <https://www.digitaltrends.com/virtual-reality/htc-vive-vs-htc-vive-pro/>

Martindale, J. (2018b). Oculus Quest vs. Oculus Go. Viitattu 5.10.2018 osoitteesta <https://www.digitaltrends.com/virtual-reality/oculus-quest-vs-oculus-go/>

McGarvey, J. (2013). What is screen resolution and why does it matter? Viitattu 2.4.2018 osoitteesta <https://www.techdonut.co.uk/blog/13/02/what-screen-resolution-and-why-does-it-matter>

Messner, S. (2016). How VR headsets actually work. Viitattu 26.3.2018 osoitteesta <http://www.ign.com/articles/2016/10/10/how-vr-headsets-actually-work>

Microsoft (n.d.). Windows Mixed Reality PC hardware guidelines. Viitattu 15.6. osoitteesta <https://support.microsoft.com/en-us/help/4039260/windows-10-mixed-reality-pc-hardware-guidelines>

Mullis, A. (2016). How does virtual reality works? Viitattu 29.3.2018 osoitteesta <https://www.androidauthority.com/virtual-reality-work-702049/>

NDreams (n.d.). Perfect. Viitattu 19.5.2018 osoitteesta <http://www.ndreams.com/titles/perfectvr/>

Neumann, U. (2017). Virtual and Augmented Reality Have Great Growth Potential. Viitattu 13.4.2018 osoitteesta <https://www.credit-suisse.com/ch/en/articles/private-banking/virtual-und-augmented-reality-201706.html>

Newman, J. (2017). HTC Vive vs. Oculus Rift vs. Windows Mixed Reality: What's the difference? Viitattu 6.4.2018 osoitteesta

<https://www.pcworld.com/article/3223202/virtual-reality/htc-vive-vs-oculus-rift-vs-windows-mixed-reality.html>

O'Boyle, B. (2016). What is VR? Virtual reality explained. Viitattu

24.3.2018 osoitteesta <https://www.pocket-lint.com/ar-vr/news/136540-what-is-vr-virtual-reality-explained>

Oculus (2018). Oculus Developer News from F8 2018. Viitattu 20.5.2018

osoitteesta <https://developer.oculus.com/blog/oculus-developer-news-from-f8-2018/>

Oculus (n.d.a). Suositellut järjestelmän tekniset tiedot. Viitattu 15.6.2018

osoitteesta <https://support.oculus.com/1773584749575567/>

Oculus (n.d.b). Ocean Rift. Viitattu 25.8.2018 osoitteesta

<https://www.oculus.com/experiences/rift/1253785157981619/>

Oculus (n.d.c). Oculus Quest. Viitattu 5.10.2018 osoitteesta

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

Pikseli Arcade (n.d.). Pikseli Arcade. Viitattu 19.5.2018 osoitteesta

<https://www.pikseli.fi/>

Pino, N. (2018). PlayStation VR review. Viitattu 6.4.2018 osoitteesta

<https://www.techradar.com/reviews/gaming/playstation-vr-1235379/review>

Portaali VR (n.d.). Portaali. Viitattu 19.5.2018 osoitteesta <https://portaali.fi/>

Porter, J. (2018). The best VR headset 2018: which headset offers the best bang for your buck? Viitattu 4.4.2018 osoitteesta

<https://www.techradar.com/news/wearables/the-best-vr-headsets-2015-1292087>

Reuters (2018). Global Virtual Reality Market Size 2018: Growth Analysis, Technology Trends, Key Features, Statistics, Types, Applications and Outlook 2023. Viitattu 31.7.2018 osoitteesta

<https://www.reuters.com/brandfeatures/venture-capital/article?id=40919>

Roberts, J. (2016). What is virtual reality? Everything you need to know. Viitattu

24.3.2018 osoitteesta <http://www.trustedreviews.com/opinion/what-is-virtual-reality-2940543>

Samsung (n.d.). Gear VR with controller. Viitattu 9.4.2018 osoitteesta

<http://www.samsung.com/global/galaxy/gear-vr/>

Smith, S. (2017). Google Daydream View (2017) Review: Small Changes Make a Big Impact. Viitattu 9.4.2018 osoitteesta <https://www.toms-guide.com/us/google-daydream-view,review-4960.html>

Sumra, H. (2018). The standalone VR headsets are coming. Viitattu 20.5.2018 osoitteesta <https://www.wareable.com/vr/standalone-vr-headsets-explained-5543>

Tallink (2018). Galaxyn kesän uutis on virtuaalinen seikkailu Turun saaristossa. Viitattu 19.7.2018 osoitteesta <https://www.tallinksilja.fi/medialle/-/cision/expanded-release/be2331caba6a3b6a>

Tekniikka&talous (2018). Vierailijat pääsevät tänä kesänä ensimmäistä kertaa Helsingin tuomiokirkon kellotorniin – virtuaalilaseilla. Viitattu 19.7.2018 osoitteesta <https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/vierailijat-paasevat-tana-kesana-ensimmaista-kertaa-helsingin-tuomiokirkon-kellotorniin-virtuaalilaseilla-6732566>

Think Mobiles (n.d.). What is VR and how it works? Viitattu 26.3.2018 osoitteesta <https://thinkmobiles.com/blog/what-is-vr/>

Tilastokeskus (n.d.). Matkailu. Viitattu 23.4.2018 osoitteesta www.stat.fi/meta/kas/matkailu.html

True VR (n.d.). True VR. Viitattu 19.7.2018 osoitteesta <https://www.true-vr.zone/>

UL Bechmarks (2018). VRmark headset comparison May 2018. Viitattu 20.5.2018 osoitteesta <https://benchmarks.ul.com/compare/best-vr-headsets>

Wagner, J. (2018). The Best VR headsets. Viitattu 4.4.2018 osoitteesta <https://www.digitaltrends.com/virtual-reality/best-vr-headsets/>

Varlon, K. (2016). Wireless VR vs tethered VR: which is best for you? Viitattu 18.4.2018 <https://www.androidauthority.com/wireless-vr-vs-tethered-vr-677648/>

Weis, S. (2018). 3DOF, 6DOF, ROOMSCALE VR, 360 VIDEO AND EVERYTHING IN BETWEEN. Viitattu 18.4.2018 osoitteesta <https://packet39.com/blog/2018/02/25/3dof-6dof-roomscale-vr-360-video-and-everything-in-between/>

Wise, D; Palmer, A. (2017). Google Cardboard Review. Viitattu 9.4.2018 osoitteesta <https://www.techgearlab.com/reviews/wearable-tech/vr-headset/google-cardboard>

Vive (n.d.a). What are the system requirements? Viitattu 15.6 osoitteesta https://www.vive.com/us/support/vive/category_howto/what-are-the-system-requirements.html

Vive (n.d.b). What are the system requirements? Viitattu 15.6 osoitteesta https://www.vive.com/us/support/vive-pro-hmd/category_howto/what-are-the-system-requirements.html

Vive (n.d.c.). Vive Pro. Viitattu 31.7.2018 osoitteesta <https://www.vive.com/us/product/vive-pro/>

Woodford, C. (2018). Virtual reality. Viitattu 29.3.2018 osoitteesta <http://www.explainthatstuff.com/virtualreality.html>

VR Lens Lab (2016). Field of View for Virtual Reality Headsets Explained. Viitattu 2.4.2018 osoitteesta <https://vr-lens-lab.com/field-of-view-for-virtual-reality-headsets/>

VRS (n.d.a). What is virtual reality? Viitattu 24.3.2018 osoitteesta <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/what-is-virtual-reality.html>

VRS (n.d.b). When was virtual reality invented? Viitattu 26.3.2018 osoitteesta <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/invention.html>

Youtube (2018). More VR in more places. Viitattu 26.7.2018 osoitteesta <https://youtube.googleblog.com/2018/07/more-vr-in-more-places.html>