



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

SANNA SEPPÄ

VR-pelin suunnittelu ja toteutus Unitylla

TIETOJENKÄSITTELYN TUTKINTO-OHJELMA
2022

| | | |
|--|-------------------------------------|-----------------------------|
| Tekijä(t) Seppä, Sanna | Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK | Päivämäärä Toukokuu 2022 |
| | Sivumäärä 31 | Julkaisun kieli Suomi |
| Julkaisun nimi VR-pelin suunnittelu ja toteutus Unitylla | | |
| Tutkinto-ohjelma Tietojenkäsittely | | |
| <p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kuvata sovelluskehityksen prosessia pelimoottori Unitya käyttäen. Sovelluksen kohdelaitteena toimi Oculus Quest 2, joka on virtuaalitodellisuutta hyödyntävä päähän puettava laite.</p> <p>Pelin tausta-ajatuksena oli luoda kuntoutusaiheinen hyötypeli. Peli sisälsi kolme eri osiota: osion joka mittaa reaktio-nopeutta, toinen osa osumatarkkuutta ja kolmas osio oli ns. rentoutusosio talvisessa metsässä.</p> <p>Pelissä hyödynnettiin erilaisia tapoja ja keinoja VR-sovelluskehitykseen liittyen, esimerkiksi käsien tunnistamiseen liittyviä komponentteja.</p> | | |
| <p>Asiasanat Virtuaalitodellisuus, Unity, sovelluskehitys</p> | | |

| | | |
|---|--|-------------------------------------|
| Author(s) Seppä, Sanna | Type of Publication Bachelor's thesis | Date May 2022 |
| | Number of pages 31 | Language of publication: Finnish |
| Title of publication VR-game development using Unity | | |
| Degree program Business Information Systems | | |
| Abstract Objective of this thesis was to describe software development process using Unity game engine. Target platform of this software was Oculus Quest 2. Oculus Quest 2 is a virtual reality (VR) headset. Idea of this thesis was to plan and create VR-game for rehabilitation uses. The game consisted of three different areas: the first area was to measure reaction time, second was to measure surety in aim and third was for relaxation purpose, located in forest in the winter time. Game was created by using different possible methods in VR-game development, e.g. components utilizing hand-tracking. | | |
| <u>Keywords</u> Virtual reality, Unity, software development | | |

SISÄLLYS

| | |
|---|----|
| 1 JOHDANTO..... | 6 |
| 2 KATSAUS VIRTUAALITODELLISUUTEEN JA SEN HISTORIAAN..... | 6 |
| 2.1 VR käsitteenä..... | 6 |
| 2.2 VR:n historiaa..... | 7 |
| 2.2.1 Aikaiset vaiheet..... | 7 |
| 2.2.2 1950-, 1960- ja 1970-luvut..... | 7 |
| 2.2.3 1980- ja 1990-luvut..... | 10 |
| 2.2.4 2000-luku aina nykyhetkeen, VR:n uudelleennousu..... | 12 |
| 3 PELIN SUUNNITTELU..... | 13 |
| 3.1 Pelin idean synty..... | 13 |
| 3.2 Käytetyt keskeisimmät työkalut..... | 14 |
| 3.2.1 Unity..... | 14 |
| 3.2.2 Oculus Quest 2..... | 14 |
| 3.2.3 GoPro-kamera..... | 15 |
| 3.3 Pelin suunnittelu..... | 16 |
| 3.3.1 Pelin visuaalisen puolen suunnittelussa huomioitua..... | 16 |
| 3.3.2 Muita huomioita peliä suunnitellessa ja Questin käyttöönotossa..... | 17 |
| 4 PELIN TOTEUTUS..... | 18 |
| 4.1 Alkuvalmistelut..... | 18 |
| 4.1.1 Alkuvalmistelut Questilla..... | 18 |
| 4.1.2 Alkuvalmistelut Unitylla..... | 19 |
| 4.2 Toteutus..... | 21 |
| 4.2.1 Toteutus ja keskeisimmät työkalut, alkuvalikko..... | 21 |
| 4.2.2 Toteutus, reaktioaikapeli..... | 23 |
| 4.2.3 Toteutus, tarkkuuspeli..... | 23 |
| 4.2.4 Toteutus, 360-video..... | 26 |
| 4.2.5 Sovelluksen siirtäminen Oculus Questille..... | 27 |
| 5 POHDINTAA JA HUOMIOITA LOPUKSI..... | 28 |
| LÄHTEET | |

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

| | |
|-----|---|
| VR | Virtual reality, suom. virtuaalitodellisuus |
| XR | Extended reality, suom. laajennettu todellisuus |
| AR | Augmented reality, suom. lisätty todellisuus |
| MR | VR:n ja AR:n “yhdistelmä” |
| HMD | Head-mounted display, vapaasti suomennettuna päähän puettava näyttölaite |
| API | Application Programming Interface, suom. sovellusohjelmointirajapinta |
| APK | Lyhenne sanoista “Android Package Kit”, tiedostomuoto jota käytetään Android-laitteissa |

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä kuntoutusaiheinen VR-peli käyttäen pelimoottori Unitya. Peli oli suunniteltu Oculus Quest 2:lle. Opinnäytetyössä kuvataan eri vaiheita ja huomioon otettavia asioita VR-sovellussuunnittelussa Unitylla.

2 KATSAUS VIRTUAALITODELLISUUTEEN JA SEN HISTORIAAN

2.1 VR käsitteenä

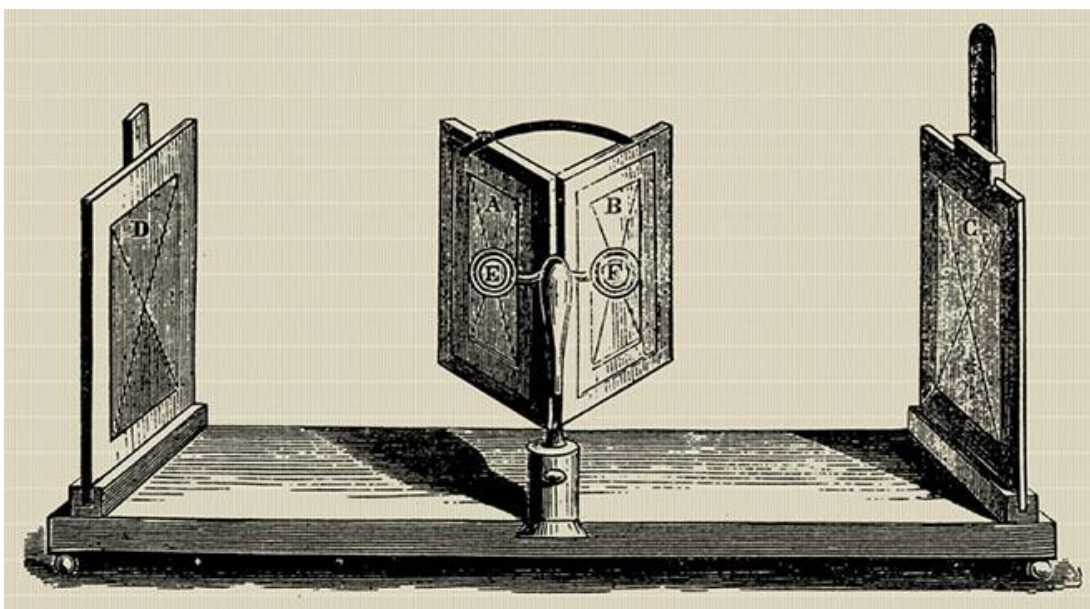
Virtuaalitodellisuudella eli lyhyesti VR:lla (engl. Virtual reality) tarkoitetaan vuorovaikutteista, simuloitua ympäristöä, jossa käyttäjä kokee olevansa läsnä keinotekoisessa kolmiulotteisessa ympäristössä. Kokemus voidaan välittää käyttäjälle esimerkiksi virtuaalilasien avulla. (Takala, 2017, 1031.) Virtuaalitodellisuudesta puhuttaessa sen usein vilahtelee VR:n lisäksi lyhenteet XR, AR ja MR (Goode, 2019).

Extended Reality eli XR (suom. laajennettu todellisuus) toimii ikäänkuin kattoterminä AR:lle, MR:lle ja VR:lle, eikä se viittaa mihinkään tiettyyn teknologiaan (Goode, 2019). Augmented Reality, lyhennettynä AR (suom. lisätty todellisuus) käyttää oikean ympärillä olevan ympäristön lisäksi hyväkseen esimerkiksi kuvaa tai ääntä. AR:a käytetään hyväksi mm. mobiilisovelluksissa ja yrityssovelluksissa mainostamisielessä. (Hayes, 2020.) Henkilö pystyy testaamaan esimerkiksi silmälasien kehyksiä kotonaan nettisivun kautta, digisovituksen avulla. Mixed Reality, lyhyemmin MR, sisältää elementtejä sekä VR:n että AR:n puolelta. MR:ssa pystyy olemaan vuorovaikutuksessa sekä virtuaalisten että fyysisten objektien kanssa. (Intel, n.d.)

2.2 VR:n historiaa

2.2.1 Aikaiset vaiheet

Virtuaalitodellisuuden historia voidaan katsoa alkaneen jo vuonna 1838, jolloin Sir Charles Wheatstone käsitteellisti tutkimuksessaan stereonäön. Tutkimuksessa esitettiin, että ihmisen aivot yhdistävät kaksi kuvaa samasta kohteesta, hieman eri kulmasta kuvattuna, ja tulkitsevat ne yhtenä, kolmiulotteisena kuvana. Wheatstone rakensi tutkimuksensa pohjalta stereoskoopin, laitteen joka käytti hyväkseen peilejä. Peilit asetettiin laitteeseen niin, että ne olivat 45 asteen kulmassa katsojan silmiä kohden. Kuvat olivat asetettu laitteen sivuille. (Barnard, 2019.)



Kuva 1. Wheatstonen peilistereoskooppi (Barnard, 2019).

2.2.2 1950-, 1960- ja 1970-luvut

Elokuvataiteilija Morton Heilig loi vuonna 1956 Sensoraman (patentoitu 1962), jota voisi kutsua ensimmäiseksi varsinaiseksi VR-laitteeksi. Sensorama oli suuri kopinomainen laite, johon mahtui jopa neljä ihmistä samanaikaisesti. Laitteen kautta ihminen

koki paitsi 3D-videon ja äänen lisäksi värinätoimintoja, hajuja ja muita ympäristön muutoksia, kuten esimerkiksi “tuuliefektin”. Sensoraman rakentamiseen käytettiin hyväksi stereoskooppista 3D-näyttöä, värisevää istuinta, stereokaiuttimia ja erilaisia tuoksujia. (Barnard, 2019.)



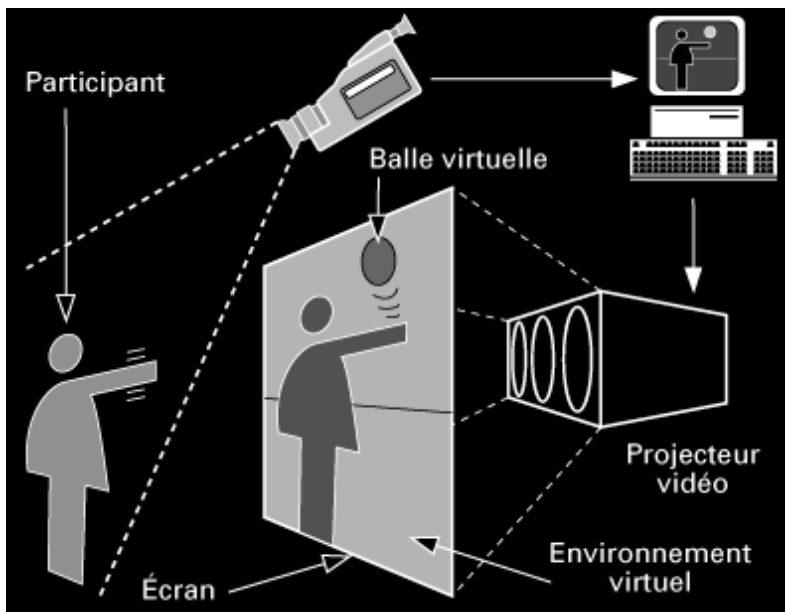
Kuva 2. Sensorama (Barnard, 2019).

Vuonna 1965 yhdysvaltalainen tietojenkäsittelytieteilijä Ivan Sutherland julkaisi visionsa ensimmäisestä HMD-laitteesta (=head-mounted display, vapaasti suomennettuna päähän puettava näyttölaite), joka esittäisi virtuaalinäkymän niin hyvin, ettei käyttäjä pystyisi erottamaan sitä oikeasta todellisuudesta. (Barnard, 2019.) Vuonna 1968 Sutherland loikin visioimansa laitteen, yhdessä oppilaansa Bob Sproullin kanssa. Laite oli kuitenkin niin painava, että sen oli oltava kiinnitettynä kattoon, ja todellisuuden virtualisointi jäi varsin primitiiviselle tasolle. Laitteen virtuaaliympäristö koostui rautalankamallisista huoneista (Norman, 2021.)



Kuva 3. Sutherlandin HMD (Barnard, 2019).

1970-luvulla nähtiin ensimmäiset lentosimulaattorit ja vuorovaikutteiset VR-alustat. Myron Kruegerin Videoplace (1975) oli ensimmäinen interaktiivinen VR-laite, joka koostui kahdesta huoneesta. Huoneiden sijainnilla ei ollut merkitystä, käyttäjien tarvinnut olla fyysisesti lähekkäisissä huoneissa. Huoneeseen astuessaan henkilö näki paitsi oman kuvansa projisoituna edessäolevalle näytölleen, myös toisen henkilön kuvan toisessa huoneessa. Molempien käyttäjien näkymä oli sama. Käyttäjä pystyi liikuttamaan omaa kuvaansa liikkumalla itse. Lisäksi toisen käyttäjän kuvan kanssa oli mahdollista olla vuorovaikutuksessa: kuvia pystyi mm. kääntelemään. Myös täysin virtuaalisten objektien kanssa oli mahdollista vuorovaikuttaa. (Aboutmyronkrueger, n.d).



Kuva 4. Kruegerin Videoplace. (About Myron Krueger, n.d.)

2.2.3 1980- ja 1990-luvut

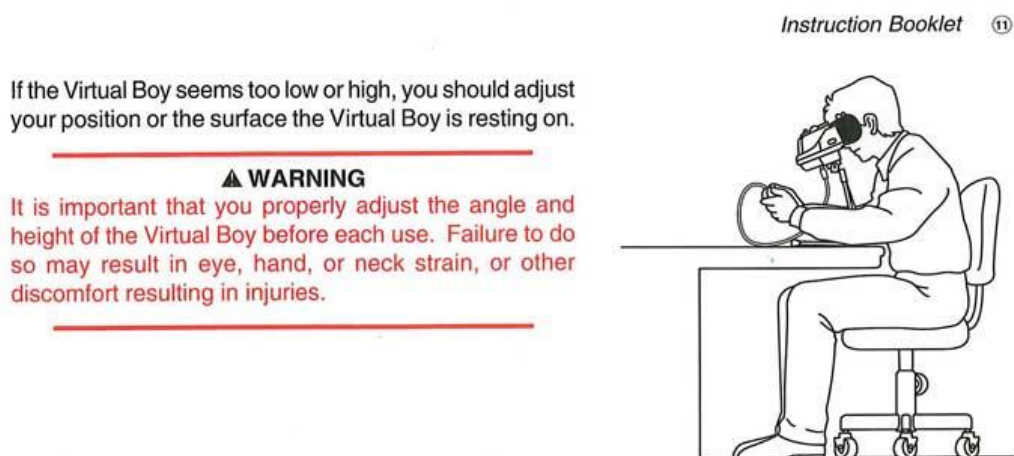
1980-luvulla alkoi ilmestymään VR-laseja myös myyntituotteina. VPL Research, Inc. oli ensimmäinen yhtiö vuonna 1985, joka kehitti ja myi erilaisia VR-tuotteita. Heidän tuotteitaan oli mm. DataGlove ja EyePhone. HMD-teknologia kehittyi myös lentosimulaattoreissa, ja esimerkiksi NASA:lle (=National Aeronautics and Space Administration, Yhdysvaltain ilmailu- ja avaruushallintovirasto) kehitettiin VR-simulaattori astronauttien koulutukseen. (Barnard, 2019.)



Kuva 5. EyePhone. (Sorene, 2014.)

1990-luvun alussa ilmeistyivät ensimmäiset massatuotetut VR-alustat, jolloin The Virtuality Group julkaisi Virtualityn. Virtuality oli enemmänkin pelihalleihin soveltuva laite suuren kokonsa vuoksi. Myös tunnetummat peliyhtiöt, kuten Sega vuonna 1991, alkoivat osoittaa kiinnostustaan VR-maailmaan. Tuolloin kuitenkin tuotteiden julkaisua ei vielä tapahtunut, vaikka Sega VR-alustalle oli tehty muutamia pelejäkin. Sega julkaisikin vasta 1994 ensimmäisen pelihalli-VR-laitteensa Sega VR-1:n. (Barnard, 2019.)

Vuonna 1995 pelijätti Nintendo julkaisi Virtual Boy-konsolin, joka tähtäsi VR-ominaisuuksiin, mutta todellisuudessa se tarjosi enemmänkin 3D-vaikutelman jota ei saanut television tai käsikonsolin ruudulta (Flanagan, 2018) . Väreinä Virtual Boyssa käytettiin punaista mustalla taustalla. Jo konsolin käyttöohjeissa oli runsas määrä varoituksia fyysisistä oireista (mm. päänsärky, pahoinvointi, epilepsia-/tajuttomuuskohotukset, lihasten nykiminen). Konsolin käyttöä ei suositeltu alle 7-vuotiaille lapsille, sillä se saattoi aiheuttaa vakavia, pysyviä silmävammoja. (Mihai, n.d.). Virtual Boyn suosio oli sangen heikko, ja alle vuoden päästä sen tuotanto lopetettiin. Virtual Boy onkin Nintendon kaikkien aikojen huonoiten myynyt (770 000 kappaletta) konsoli. (Flanagan, 2018.)



Kuva 6. Virtual Boy'n käyttöasento. (8-Bit Central, n.d.)

2.2.4 2000-luku aina nykyhetkeen, VR:n uudelleennousu

1990-luvun loppu ja 2000-luvun alku oli VR-maailmassa tavallisten kuluttajien kannalta melko hiljaista. Vuonna 2010, tuolloin 18-vuotias yhdysvaltalainen yrittäjä Palmer Luckey, kehitti ensimmäisen prototyypin Oculus Rift HMD-konsolista. Kaksi vuotta myöhemmin hän aloitti Kickstarter-varainkeruukampanjan hankkeelleen, jonka avulla hän keräsi 2,4 miljoonaa Yhdysvaltain dollaria kehittääkseen Oculus VR:a. (Barnard, 2019.)

Oculus nähtiin varsin potentiaalisena, ja vuonna 2014 sosiaalisen median kärkeä edustava Facebook osti Oculuksen kahdella miljardilla dollarilla. Facebookin perustaja ja toimitusjohtaja Mark Zuckerberg kommentoi tuolloin:

Mobile is the platform of today, and now we're also getting ready for the platforms of tomorrow. Oculus has the chance to create the most social platform ever, and change the way we work, play and communicate.

Vapaasti suomennettuna Zuckerberg kertoi yhtiönsä valmistautuvan tulevaisuuden käyttöalustoihin, ja Oculuksella olisi mitä parhain mahdollisuus muuttaa tapoja joilla työskentelemme, pelaamme ja kommunikoimme. (Solomon, 2014.)

Myös muut valmistajat ilmoittivat samoihin aikoihin VR-järjestelmiensä julkaisuista. Sony ilmoitti virtuaalitodellisuuslaitteestaan Playstation 4-konsolille vuonna 2014, joka julkaistiin vuonna 2016 (Sony, 2016). Google julkaisi 2014 Cardboard-systeeminsä, joka oli matalakustanteinen pahvinen lisäosa älypuhelimeen, jonka avulla käyttäjä elämyksellisemmän, VR-teknoogiaa muistuttavan kokemuksen. Puhelimen ja pahvisen lisäosan lisäksi käyttäjä tarvitsi kolmannen osapuolen Android-sovelluksen. (Google. n.d). Myös muun muassa matkapuhelimia valmistava teknologiayhtiö Samsung ilmoitti samana vuonna Samsung VR:sta, joka käyttää Samsung Galaxy-älypuhelinta näyttölaitteenaan (Barnard, 2019).

Vuonna 2021 VR-konsoleita löytyy joka makuun. Osa myytävistä konsoleista (esim. HTC Vive Pro 2, Valve Index) tarvitsee toimiakseen tehokkaan PC:n, ja esim. PS VR

taasen PlayStation 4-konsolin. Toinen osa taas ei tarvitse mitään oheislaitteita toimiaakseen, vaan ovat ns. “standalone-konsoleita”. Tähän kategoriaan kuuluu myös Oculus Quest 2, jolle tämän opinnäytetyön peli on suunniteltu.

3 PELIN SUUNNITTELU

3.1 Pelin idean synty

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kuvata pelisuunnittelun prosessivaiheita ja työkaluja, pääsääntöisenä työkaluna Unity-pelimoottori ja kohdekonsolina Oculus Quest 2. Peli on kuntoutusaiheinen.

Pelin idea sai alkunsa omasta kiinnostuksesta VR-pelisuunnittelua kohtaan ja kiinnostuksesta oppia käyttämään Unitya paremmin. Pelin ajatuksena oli koostaa yhteen sovellukseen minipelejä, joissa mitattaisiin erityyppisiä arvoja (nopeus, tarkkuus). Lisäksi halusin hyödyntää mahdollisuutta tehdä 360-videopätkän, jota voisi myös katsoa Questeilla.

Opinnäytetyön aikana suunniteltavan pelin toissijaisena tarkoituksena oli myös ottaa selvää erilaisista tekniikoista, joita VR-sovelluskehittämisessä on mahdollista käyttää ilman rahallista panostusta. Tämän pelin tekemiseen käytettiin vain ilmaisia, kaikkien saatavilla ohjelmistoja ja niiden lisäosia.

VR-sovellusten ja laitteiden suosio on kasvanut suuresti kuluneiden viime vuosien aikana, ja tulee kasvamaan edelleen. Verkkojulkaisu XRTodayn artikkelissa mainitaan tutkimuksesta, jonka mukaan joka kolmas kuluttaja omistaa AR- tai VR-laitteen. Edellä mainittujen lisäksi 15 % kyselyyn vastanneista suunnittelee ostavansa jomman kumman tulevan 12 kuukauden aikana. (XRToday, 2022.)

3.2 Käytetyt keskeisimmät työkalut

3.2.1 Unity

Unity on Unity Technologiesin kehittämä monialustainen pelimoottori, jolla pystyy tekemään mm. 2D- ja 3D-pohjaisia pelejä ja animaatioita. Unityn pystyy asentamaan Windows-, Mac- ja Linux-käyttöjärjestelmille. Unitylla pystyy tuottamaan sisältöä yli kahdellekymmenelle eri kohdealustalle, kuten esim. Windowsille, Macille, iOS:lle, Androidille, PlayStationille ja monille VR-alustoille. Unityn lataaminen yksityiskäyttöön on ilmaista (Unity Personal), mutta maksullisia versioita Unitysta löytyy myös. Unity Plus (lisenssi 399 \$ vuodessa) ja Unity Pro (lisenssi 1800 \$ vuodessa) tarjoavat vaativampaan käyttöön enemmän resursseja ja työkaluja pelikehittämiseen. Edellä mainituista esimerkiksi Pro-lisenssi sisältää laajemman pääsyn pelidatan tutkimiseen, paremman asiakastuen ongelmatilanteita varten ja visuaalisen ilmeen luomiseen näytäviä työkaluja ilmaiseksi. Unityn internet-sivuilla (unity.com) löytyy lisäksi paljon materiaaleja vapaaseen katseluun ja hyötykäyttöön: tutoriaaleja, dokumentaatioita, foorumin keskustelua varten, uratarinoita ja paljon muuta. Lisäksi sivujen kautta löytyy Asset Store, jossa on tarjolla sekä ilmaisia että maksullisia työkaluja ja sisältöjä eri julkaisijoilta. Unityn ohjelmointikielenä toimii C# ja oletusohjelmointisovelluksena Microsoft Visual Studio. (Unity, 2021). Visual Studio on teknologiajätti Microsoftin valmistama integroitu sovelluskehitysympäristö. Visual Studiota käytetään paitsi Unityyn integroituna myös esimerkiksi muiden tietokonesovellusten tai internet-sivujen tekoon. (Incredibuild, 2022.)

3.2.2 Oculus Quest 2

Oculus Quest 2 on Facebook Technologiesin omistama Android-pohjainen VR-konsoli, joka julkaistiin lokakuussa 2020. Oculus Quest 2:n edeltäjänä toimi Oculus Quest. Quest 2 ei vaadi toimiakseen johtoja tai oheislaitetta, esim. tietokonetta. Hankintahinnaltaan Quest 2 oli edeltäjänsä edullisempi, vaikka alkuperäiseen Questiin verraten konsolin eri komponentteja oli päivitetty huomattavasti tehokkaammaksi. Quest 2:n myötä myös Oculusin Touch-ohjaimet päivitettiin muotoilultaan ergonomisemmiksi ja itse lasit pienemmiksi ja kevyemmiksi. (Oculus VR, 2020.)



Kuva 7. Oculus Quest 2 VR-lasit. (Meta, 2022.)

3.2.3 GoPro-kamera

360-asteen kuvamateriaalin kuvaamiseen käytettiin GoPro Fusion-kameraa. Videon käsittelyyn käytettiin GoPron omaa FusionStudio-ohjelmaa. Sisältö kuvattiin talvisesta metsästä kevättalvella 2021. Vaikka GoPro Fusionin tuotanto on lopetettu jo vuonna 2018, löytyy GoPron internet-sivuilta edelleen mahdollisuus ladata videon käsittelyyn käytetty ohjelmisto (GoPro.com, n.d).



Kuva 8. GoPro Fusion 360-kamera. (RDE.fi, 2022.)

3.3 Pelin suunnittelu

Ensimmäisenä ajatuksena pelin suunnittelussa oli luoda peli, jossa voisi tehdä useampia asioita yhdistäen kuntoutus- ja hyötypeli-teemaan.

Peliin suunnittelin käyttöohjeiden lisäksi kolme osa-aluetta:

- Minipeli 1: peliosio, joka mittaisi reaktionopeutta. Tätä voisi käyttää eri toimenpiteiden tai esimerkiksi sairaudesta toipumisen seuraamiseen, kuinka nopeasti käyttäjä pystyy reagoimaan muutokseen.
- Minipeli 2: peliosio, jonka avulla voisi harjoitella silmä-käsi-koordinaation kehittämistä ja käyttää esimerkiksi ortopediseen kuntoutukseen ja painonsiirtoharjoituksiin. Ortopedialla tarkoitetaan lääketieteen alaa, jossa tutkitaan ja hoidetaan kirurgisesti luu- ja tukikudossairauksien vammoja (Terveystalo, n.d).
- Metsäretki, 360-video: VR-maailmaan tutustumiseen ja/tai rentoutumiseen

VR-peliä suunnitellessa tulisi kuitenkin ottaa mielestäni muutamia asioita huomioon, varsinkin jos käyttäjä ei ole ennen tutustunut virtuaalitodellisuuteen.

3.3.1 Pelin visuaalisen puolen suunnittelussa huomioitua

VR-lasien kanssa näkymä ja kokemus on varsin todentuntuinen, joten kovin nopeatahtisesta tai visuaalisesti “ärsyttävästä” sisällöstä ei ole mielestäni järkevä aloittaa, varsinkaan jos käyttäjä on ensi kertaa kosketuksissa virtuaalitodellisuuden kanssa. Lisäksi käyttäjän perussairaudet tulee ottaa huomioon ennen kuin VR-lasien käyttöä (esim. epilepsia; vilkkuvat ärsykkeet saattavat aiheuttaa käyttäjälle oireita).

VR-laseja käytettäessä käyttäjä saattaa saada matkapahoinvointia muistuttavan olo-tilan. Tavanomaisen matkapahoinvoinnin aiheuttaa heiluvan liikkeen aiheuttama sisäkorvan ärsytys, erityisesti jos samaan aikaan näköhavainto ei vastaa sisäkorvan antamaa tietoa. Ns. perinteisen matkapahoinvoinnin oireita voi voimistaa voimakkaat tuoksut ja kylmettyminen. Matkapahoinvoinnin oireita voi esiintyä henkilön ollessa esimerkiksi ollessaan liikkuvassa ajoneuvossa, tai esimerkiksi lukiessaan autossa, jol-

loin henkilön silmät eivät näe liikettä maahan. Virtuaalitodellisuudesta puhuttaessa oireet saattavat ovat samansuuntaiset, kun henkilö on paikallaan mutta näkökentässä tapahtuu voimakasta liikettä. (Saarelma, 2022.)

Saarelman mukaan tavanomaisia matkapahoinvoinnin oireita saa herkästi noin joka kolmas aikuisväestöstä. Matkapahoinvoinnin alkuoireisiin kuuluu esimerkiksi kylmänhikisyys, haukottelu ja lisääntynyt syljeneritys. Matkapahoinvointia alkaa esiintymään usein jo tapahtuman alkuvaiheessa, mutta se voi alkaa myöhemminkin. Tilanne voi päätyä oksenteluun, joka voi lievittää hetkellisesti oireita. Pahimmillaan matkapahoinvointiin voi liittyä myös päänsärkyä, ripulia, heikotusta ja puristavaa tunnetta rinnassa.

Matkapahoinvointia sen perinteisessä merkityksessä voi yrittää estää esimerkiksi totuttelemalla tilanteeseen pikkuhiljaa. Lisäksi vaikeisiin tapauksiin on olemassa myös lääkehoitoja (Saarelma, 2022). Virtuaalitodellisuus ja VR-lasien käyttö on kuitenkin lähtökohtaisesti vapaaehtoista ja ei-lääketieteellinen hoitomuoto tai -menetelmä, joten edellä mainittu lääkehoito ei ole perusteltua. Peliä suunnitellessa ajattelin, että alunäkymä käyttäjälle olisi melko hillitty, eikä nopeasti liikkuvia elementtejä olisi. Näin käyttäjä voisi totutella itse lasihin ja VR-näkymään omassa tahdissaan, rauhassa katsellen ympärilleen.

3.3.2 Muita huomioita peliä suunnitellessa ja Questin käyttöönotossa

Kun Oculus Quest otetaan käyttöön ennen pelaamista, tulee asettaa pelialue, joka "piirretään" ohjaimen avulla. Vaihtoehtoisesti voidaan luoda paikallaan pelattavan pelin pelialue, jolloin pelialueena toimii valmiiksi luotu ympyrän muotoinen pieni alue. Tällä toiminnalla pyritään estämään käyttäjää törmäämästä ympäristön esteisiin, sillä VR-lasien kanssa käyttäjä ei oikeaa ympäristöään näe. Jos käyttäjä kuitenkin on liian lähellä asetetun pelialueen reunaa, ilmestyy Questien pelinäkökenttään sininen verkko, joka kertoo käyttäjälle pelialueen reunojen olevan lähellä. Jos jokin verkon kohta on punainen, kertoo se siitä että käyttäjä on jo osittain pelialueen ulkopuolella. Vaikka

pelialueen oikea asettaminen ei ole pelikehittäjän vastuulla, on se kuitenkin huomi-onarvoinen asia, jotta mitä tahansa peliä/sovellusta pystyy Questilla käyttämään turvallisesti.

Peliä suunnitellessa tuli ottaa huomioon peliobjektien sijainti suhteessa käyttäjään niin, että ne eivät aiheuttaisi käyttäjälleen mahdollisia haitta- tai vaaratilanteita. Tällaisia tilanteita voisi olla esimerkiksi liian kaukana oleva peliobjekti, jolloin käyttäjä joutuisi kurkottamaan tarpeettoman pitkälle. Tämä voisi aiheuttaa kaatumisen vaaran tai tuolista/pyörätuolilta pelatessa tuolilta tippumiseen. Lisäksi huonosti sijoitetut peliobjektit voivat aiheuttaa esimerkiksi pään tai käsien kuormittumisen kannalta epäedullisia tilanteita, varsinkin jos ei-suotuisassa asennossa joutuisi olemaan kovin pitkään.

Pelialuetta määritettäessä asetetaan myös lattian taso. Oikea lattiataso on erityisen tärkeä asettaa oikein, jotta peliin asetettu kamera (ts. käyttäjän silmien taso) asettuu toivotulla tavalla suhteessa peliin ja sen pelattavuuteen. Väärä lattiataason asetus, esimerkiksi vaikka puoli metriä liian ylös, asettaa myös pelissä olevat objektit puoli metriä korkeammaksi. Kunhan pelialueet ovat asetettu oikein, ei ole merkitystä, onko käyttäjä seisaallaan tai esimerkiksi istumassa pyörätuolissa. Peli toteutettiin Unitylla niin, että pelin lattiataso on sama kuin Questilla asetettu lattiataso.

4 PELIN TOTEUTUS

4.1 Alkuvalmistelut

4.1.1 Alkuvalmistelut Questilla

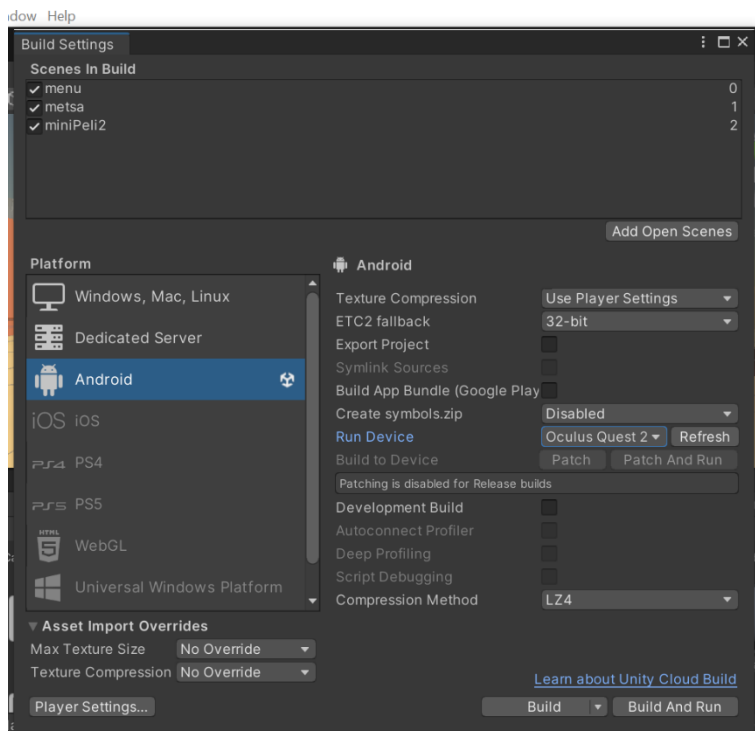
Oculus Quest 2 tarvitsee kirjautumiseen Facebook-tilin ja ulkoista hallinnointia varten Oculus-sovelluksen. Oculus-sovelluksen kautta voi tarkastella laseilla olevaa sisältöä, ostaa lisää pelejä tai selata esimerkiksi tulevia live-tapahtumia, joita on mahdollista seurata Quest-lasien kautta.

Jotta Oculus Quest 2:lle voidaan asentaa jotain muuta kuin Oculus-kaupan ns. hyväksytyä sisältöä, tulee Oculus-sovelluksen kautta asettaa nk. kehittäjätila päälle. Kehittäjätilan ollessa päällä sovelluksen asennus esimerkiksi suoraan Unitysta onnistuu, ja taas lasien kautta pääsee "Tuntemattomat lähteet"-sijaintiin käsiksi, johon itsetuotettu sisältö asentuu. Lisäksi kun Quest yhdistetään tietokoneeseen kaapelin avulla, lasit varmistavat, että tiedonsiirto lasien ja kyseisen tietokoneen välillä on sallittua.

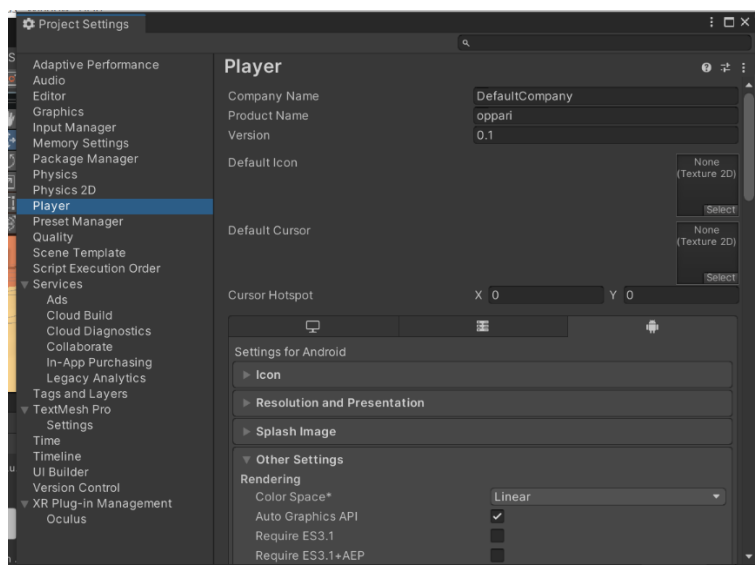
4.1.2 Alkuvalmistelut Unitylla

Unitysta oli käytössä versio 2021.2.8f1. Unitya asennettaessa tulee ladata myös Android-kehittäjäpaketin, jotta sisältöä saadaan siirrettyä Questille. Unitylle on mahdollista ladata erilaisia paketteja, jotka sisältävät esimerkiksi valmiita koodeja kohdelaitteelle tai visuaalisen puolen tuotteita, joita voi käyttää omassa Unity-projektissa. Käytettävät koodipaketit ovat ladattavissa Unityn sisäänrakennetun Package Managerin kautta, ja tätä kautta latasin XR Plugin managementin, jonka avulla esimerkiksi ladattavien VR-lisäosien hallinnoiminen onnistuu. Lisäksi latasin Oculusin oman XR-pluginin, joka sisältää valmiita työkaluja helpottaakseen esimerkiksi kameran ja ohjaimien käyttöä.

Koska Quest on Android-pohjainen laite, tulee myös pelisovelluksen olla Android-laitteeseen sopiva APK-muotoinen tiedosto. Kohdealustan pystyy valitsemaan Unityn valikosta File → Build Settings (kuva 9). Lisäksi projektiasetuksen on hyvä tarkastaa valikon Edit → Project Settings → XR-plugin Management että on valittu Oculusin VR-liitännäiset (=plugin) käytettäväksi. Project Settings-kohdan alla on myös Player-asetukset. Sieltä on hyvä varmistaa, että API-taso (lyhenne, engl. = Application Programming Interface) on vähintään 23, tavoitetasoksi voi asettaa "Automatic (highest installed)". Player-asetuksista pystyy myös vaihtamaan sovelluksen nimen haluamukseen. (Kuva 10.)



Kuva 9. Unityn Build Settings.



Kuva 10. Unity Project Settings.

Visuaalista materiaalia, ja toki muutakin sisältöä on saatavilla Unityn Asset Storesta. Asset Storeen pääsee joko suoraan verkkoselaimella tai Unityn kautta. Asset Storessa on sekä ns. virallisia julkaisuja, sekä käyttäjien luomia paketteja joita voi kukin Asset Storeen ladata. Julkaisupaketit voivat olla sekä ilmaisia että maksullisia. Päädyin tässä opinnäytetyössä käyttämään suurimmalta osin valmiita materiaaleja. Omien materiaalien tekeminen on mahdollista esimerkiksi ilmaisen Blender-ohjelmiston avulla,

mutta itse sen käyttäjänä olen vasta aloittelija ja opinnäytetyön itsetehdyn visuaalisen ilmeen tekeminen ei ollut opinnäytetyön keskeisenä aiheena.

4.2 Toteutus

4.2.1 Toteutus ja keskeisimmät työkalut, alkuvalikko

Apuna varsinaisissa toiminnoissa oli Oculus XR plugin, joka sisältää scriptin “UIHelpers”, vapaasti suomennettuna käyttöliittymän käyttöä/toteutusta helpottavat ominaisuudet. UIHelpersin avulla pystytään käyttämään VR-sovelluksissa Unityn käyttöliittymäkomponentteja, kuten esimerkiksi nappeja, ilman että koko nappia on pakko “rakentaa alusta alkaen”. Unitylla on aiemmin ollut valmiiksi rakennettuja käyttöliittymäkomponentteja, mutta ne eivät ole toimineet VR-ohjaimien kanssa suoraan, vaan esimerkiksi sovelluksen napit ovat vastanneet esimerkiksi hiiren klikkaukseen tai näppäimistön painikkeen painamiseen.

Scriptit nappitoiminnoille olivat yksinkertaisia, sillä alkuvalikon toiminnallisuus oli avata ohjeet sovelluksen käyttöön ja siirtyä pelistä toiseen. Visual Studiossa käytetyn ohjelmointikielen C#:n luokkakirjastoista (ns. toimintaohjeista, eng. directive, jotka ovat valmiiksi asetettuja toiminnallisia paketteja, esimerkiksi Unityssa pelin eri osalueiden väliseen siirtymiseen) käyttöön oli otettava UnityEngine.SceneManagement. Scriptillä ja muutamalla funktiolla on helppo osoittaa, mikä scene halutaan avattavaksi mitään nappia painettaessa. Koodi tulee yhdistää nappiin toimiakseen. (Kuva 11.)

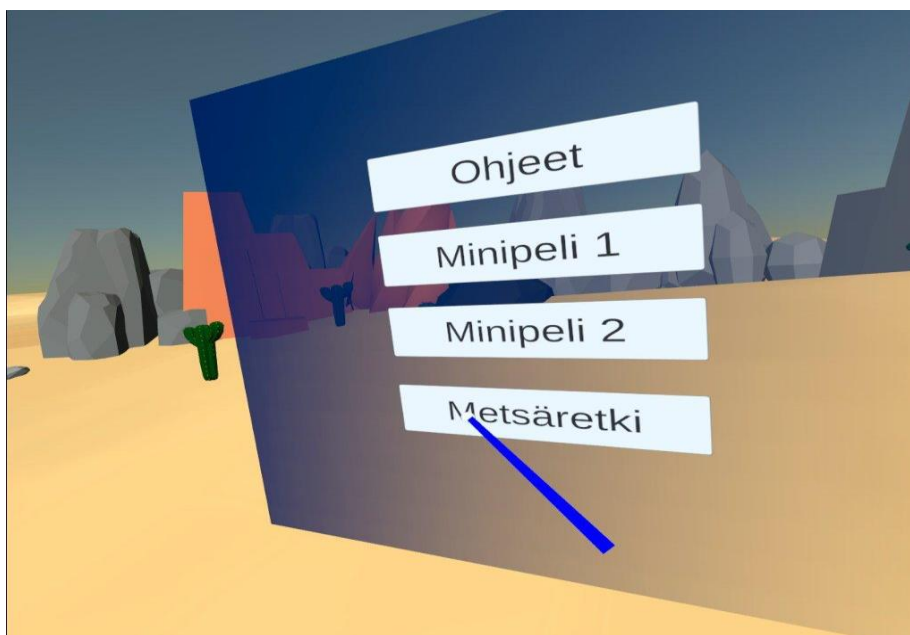
```

2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4 using UnityEngine.SceneManagement;
5
6 0 references
7 public class MenuController : MonoBehaviour
8 {
9     0 references
10    public void miniPeli1()
11    {
12        SceneManager.LoadScene("minipeli1");
13    }
14    0 references
15    public void miniPeli2()
16    {
17        SceneManager.LoadScene("minipeli2");
18    }
19    0 references
20    public void metsaretkiNappi()
21    {
22        SceneManager.LoadScene("metsa");
23    }
24    0 references
25    public void ohjeNappi()
26    {
27    }
28 }

```

Kuva 11. Valikon nappien hallinnointi koodin ja SceneManagerin avulla.

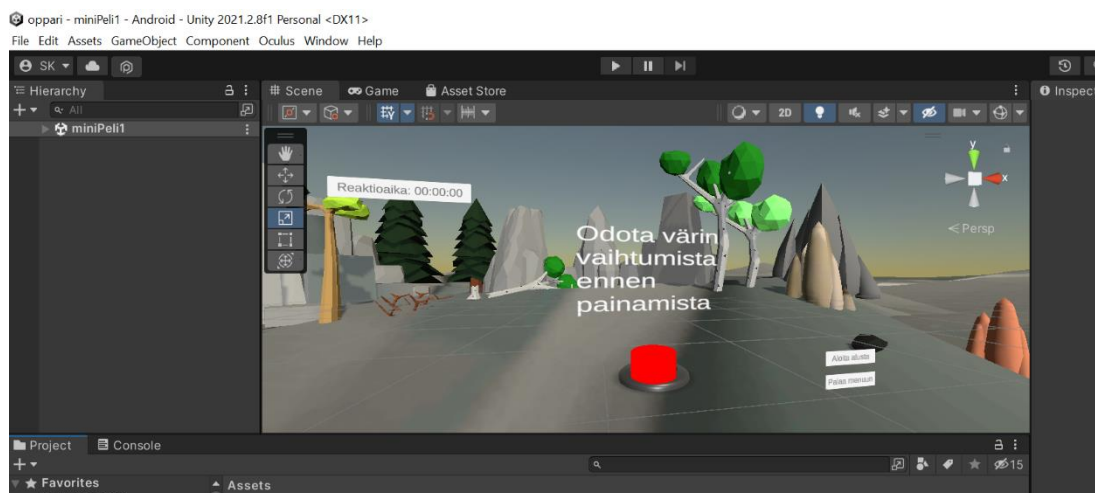
Alkuvalikon taustalla oli aavikkoteemainen ympäristö. Ohjaamisen helpottamiseksi ohjainkomponenttiin liitettiin sininen “laserosoitin”. (Kuva 12.) Visuaalisen ilmeen rakentamiseen käytettiin pääosin Unity Asset Storen ilmaisia paketteja, ja joitakin mitä olen aikaisemmin käyttänyt Unity-projekteissani. Värimateriaaleja tulee usein pake-teissa mukana, mutta niitä saa itsekin tehtyä helposti Unitylla. Uuden materiaalin luominen Unitylla onnistuu useammallakin tavalla, esimerkiksi valikon reitistä Assets → Create → Materials. Tässä työssä käytin molempia tapoja.



Kuva 12. Kuvakaappaus alkuvalikosta, VR-näkymä.

4.2.2 Toteutus, reaktioaikapeli

Tämän minipelin ajatuksena oli mitata reaktionopeutta. Aloitustilanteessa pelaajan edessä on iso punainen nappi, jonka väri vaihtuu vihreäksi vaihtelevan ajan sisällä. Aika on arvottu ja väri vaihtuu 0-5 sekunnin pelin aloituksesta. Pelaajan tarkoituksena on värin vaihtuessa iskeä nappia mahdollisimman nopeasti. Osuttuaan nappiin pelaaja näkee ajan värin vaihtumisen ja oman osumansa välillä. (Kuva 11.)

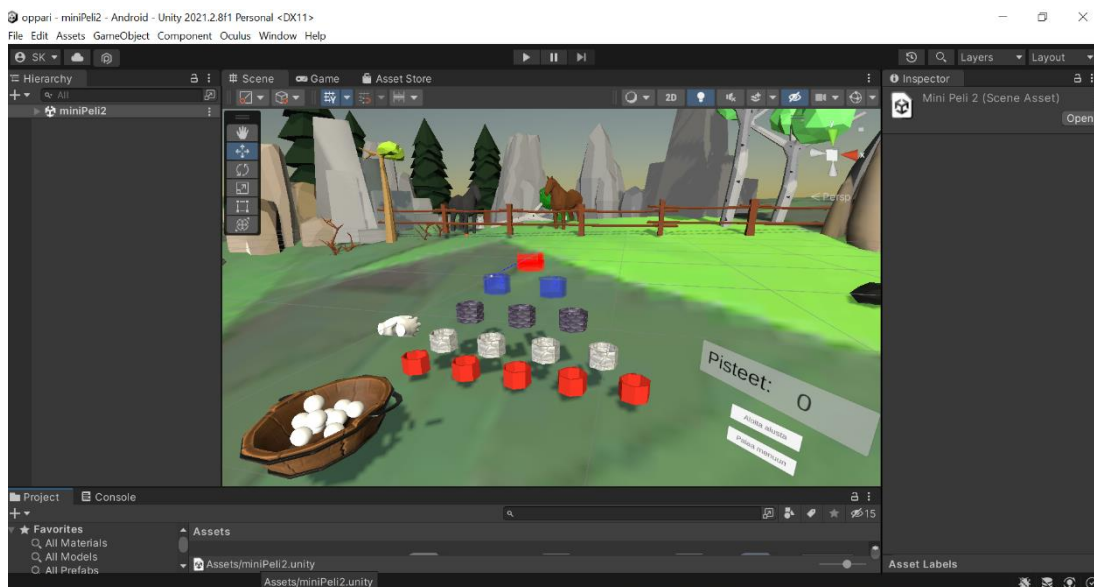


Kuva 11. Pelinäkö Unityllä.

Pelin logiikka perustuu metodiin, jonka avulla luodaan satunnainen aikaväli jolla napin väri vaihtuu. Ajanottoon käytettiin Visual Studion diagnostista kirjastoa, joka sisältää myös sekuntikellotyökalun. Reaktioaika saatiin laskemalla napin värin vaihtumisen ja napin painalluksen välinen aika. Pelinäkömässä laskettu reaktioaika on toteutettu Unityn tekstityökalu TextMeshPro avulla.

4.2.3 Toteutus, tarkkuuspeli

Minipelin ideana oli heitellä palloja eri tasoilla oleviin kuppeihin. Pelin tarkoituksena on harjoittaa pelaajan silmä-käsi-koordinaatiota tai harjoittaa painonsiirtoa jalalle esimerkiksi kirurgisen toimenpiteen jälkeen. Aloitustilanteessa pelaajan vieressä on kori, jossa on kymmenen palloa ja edessä viidessä eri tasossa olevia kuppeja, joihin palloja on tarkoitus heittää. (Kuva 12.)



Kuva 12. Pelinäkö Unityllä.

Kaikki kuppitasot ovat pistetykseltään eriarvoisia, arvoltaan 1-10 seuraavanlaisesti:

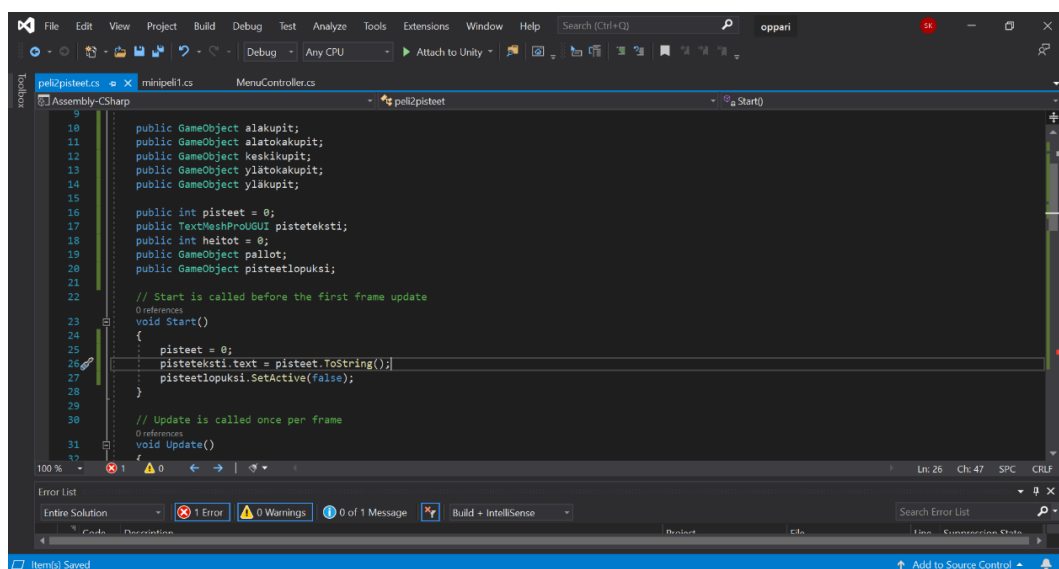
- alin taso, 1 piste
- 2. alin taso, 3 pistettä
- keskimäinen taso, 5 pistettä
- toiseksi ylimmännen taso, 7 pistettä
- ylin taso, 10 pistettä

Pelissä ei ole aikarajaa, vaan pelaaja saa käyttää pallojen heittämiseen haluamansa ajan.

Pelin keskeiset toiminnalliset elementit ovat pisteen laskenta, heittojen määrä painikkeiden kontrollointi. Tässä minipelissä käytettiin ohjainten sijasta käsiä ohjainlaitteena. Palloihin tarttuminen tapahtuu yksinkertaisesti samoin kuin oikeaan palloon tarttuminen. Kädet saadaan asetettua ohjaimiksi muuttamalla asetuksia Asset Storesta ladattavan Oculus Integration-paketin avulla. Käsien tunnistuksen saa aktivoitua lisättyään Unityn pelihierarkiaan Oculus Player Controllerin, valitsemalla OVR CameraRigin ja sen kautta Quest Features:n. Quest Features:a valitaan “Hand tracking support”, ja valitaan haluama vaihtoehto (joko ohjaimet, ohjaimet ja kädet tai vain kädet). Myös käsien valmiit mallit kuuluvat tähän kehittämisspakettiin. Käsien käyttämisen

ohjaimina tulee sallia myös VR-laseista. Palloihin tulee lisätä Oculus Integration-paketin sisältämä OVR Grabbable-scripti (vapaasti suomenettuna tartuttava objekti) ja käsiin OVR Grabber-scripti (vapaasti suomennettuna tarttuja objekti).

Koodin puolesta aiemmin mainitut tärkeimmät elementit, kuten pistelasku ja heittojen määrä tapahtuu pisteobjektiin (kokonaisluku) ja heittomäärään (kokonaisluku myöskin) liitettyyn scripttiin. Kupit ja pallot ovat yhdistetty koodilla, joka reagoi pallon mennessä kupin sisään, tunnistuen minkä arvoinen kuppi on kyseessä ja laskien pisteet sen mukaan (kuvat 13 ja 14).

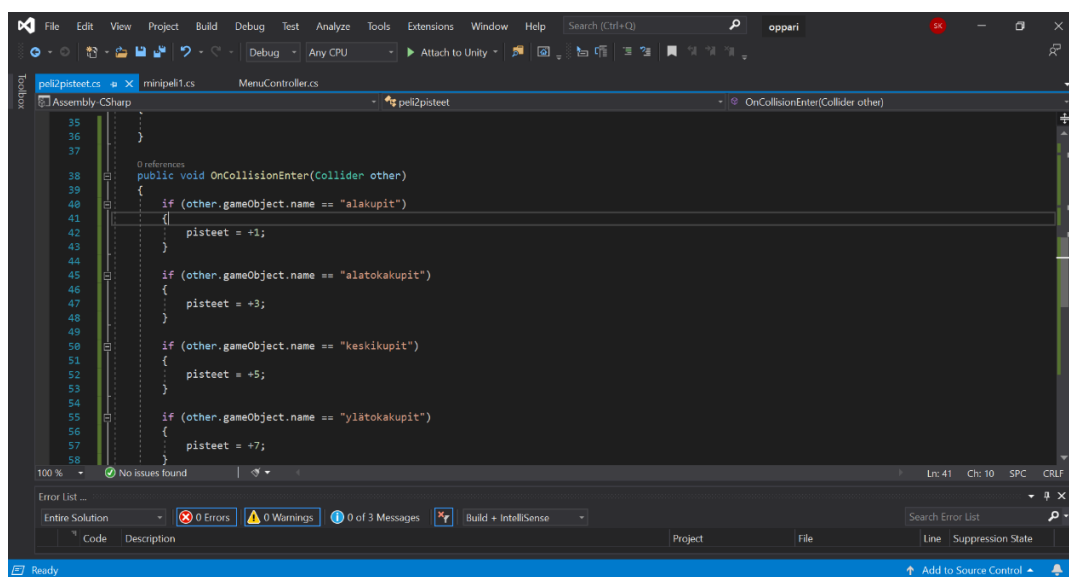


```

9
10 public GameObject alakupit;
11 public GameObject alatokakupit;
12 public GameObject keskikupit;
13 public GameObject ylatokakupit;
14 public GameObject ylakupit;
15
16 public int pisteet = 0;
17 public TextMeshProUGUI pisteteksti;
18 public int heitot = 0;
19 public GameObject pallot;
20 public GameObject pisteetlopuksi;
21
22 // Start is called before the first frame update
23 void Start()
24 {
25     pisteet = 0;
26     pisteteksti.text = pisteet.ToString();
27     pisteetlopuksi.SetActive(false);
28 }
29
30 // Update is called once per frame
31 void Update()
32 {
33 }

```

Kuva 13. Pelin alkutilanne scriptin puolesta.



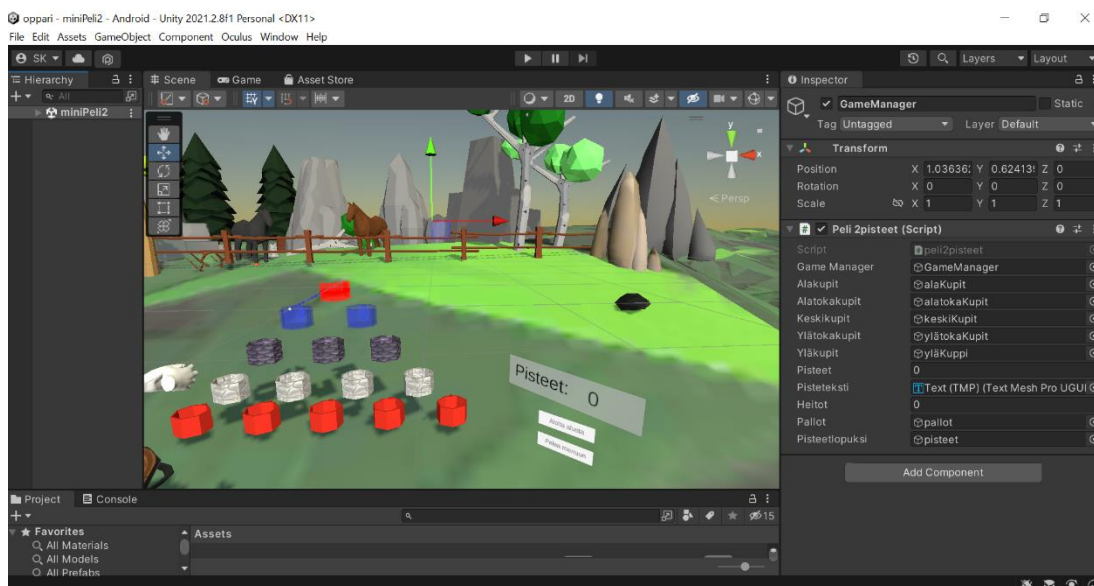
```

35 }
36 }
37 }
38 0 references
39 public void OnCollisionEnter(Collider other)
40 {
41     if (other.gameObject.name == "alakupit")
42     {
43         pisteet = +1;
44     }
45     if (other.gameObject.name == "alatokakupit")
46     {
47         pisteet = +3;
48     }
49     if (other.gameObject.name == "keskikupit")
50     {
51         pisteet = +5;
52     }
53     if (other.gameObject.name == "ylatokakupit")
54     {
55         pisteet = +7;
56     }
57 }
58 }

```

Kuva 14. Kupprien pistearvot eriteltyinä.

Kaikki minipelin keskeiset elementit ovat sidottuna tyhjään peliobjektiin, joka toimii ns. GameManagerina (kuva 14).



Kuva 14. GameManager ja pelinäkömää Unityn puolelta.

Kun pelaaja on heittänyt kaikki kymmenen palloa, aktivoituu loppunäkymä (funktion SetActive()-avulla, joka on boolean-muotoinen = tosi/epätosi) , josta pelaaja näkee kokonaispisteensä. Kokonaispisteiden muodostaminen on toteutettu Unityn tekstityökalu TextMeshPron avulla. Peli on myös mahdollista aloittaa alusta koska vaan, tai pelaajalla on mahdollisuus palata alkuvalikkoon halutessaan.

4.2.4 Toteutus, 360-video

Talvinen rentoutusvideo (kuva 15) kuvattiin kevättalvella 2021 käyttäen GoPro Fusion-kameraa. Alkuperäinen kuvaamani video oli muutaman minuutin mittainen. Kuitenkin tämän osion toteutuksen kannalta oli järkevämpää leikata videosta muutaman sekunnin pätkä ja asettaa se jatkumaan alusta heti videon loputtua, eli ns. “looppaamaan”. Tämä siksi, että kyseessä oli videopätkä, jossa tarkasteltava ympäristö pysyi melkeinpä muuttumattomana kuvatun muutaman minuutin ajan. Videotiedostojen yhdistäminen vei FusionStudiolta paljon aikaa ja valmis muutaman minuutin mittainen videotiedosto olisi ollut tarpeettoman suurikokoinen tähän tarkoitukseen, ts. sovellus olisi vienyt Questilta tarpeettomasti sovellustilaa.

Latasin valmiin videoleikkeen Unity-projektiin yhdeksi sceneksi. Sceneen tuli lisätä vain kamera ja videosoitin-komponentti. Videota varten tuli luoda eräänlainen taustaobjekti, johon video asetettiin, jotta se näkyisi oikein, eli VR-lasien kanssa päätä kääntäessä olisi joka puolella saumaton näkymä. Taustaobjektia voisi ajatella esimerkiksi huoneena, jonka sisäseiniä ei ole vielä rakennettu eikä maalattu, katsojan nähdessä väin tyhjää ympärillään. Video tässä tapauksessa toimisi rakennus- ja maalausmateriaalina, jolla ympärillä oleva tila täytettäisiin.



Kuva 15. Kuvakaappaus 360-videosta.

4.2.5 Sovelluksen siirtäminen Oculus Questille

Kun peli saatiin kokonaisuudessaan valmiiksi, sen pystyi siirtämään Questille helposti USB-C-kaapelin avulla. Sen jälkeen avataan Unitysta Build Settings-ikkuna, josta pystyy vielä tarkastamaan kohdelaitteen. Laitteen on oltava kytkettynä tietokoneeseen ja virran oltava päällä, jotta Unity tunnistaa laitteen automaattisesti. Ikkunan yläosassa on laatikko, “Scenes in build”, josta pystyy valitsemaan joko yhden tai useamman osion (kohtauksen, scenen) siirrettäväksi Questille.

Kun kaikki on valmista siirtoon, sovelluksen rakennusmahdollisuuksia on kaksi: joko “Build”, jolloin Unity-projektista rakentuu APK-tiedosto ja se siirtyy Questille, tai

“Build and run”, jolloin ensin avautuu tiedostosijainti, johon APK-tiedosto oletusarvoisesti tallentuu. Tämän sijainnin ja APK-tiedoston voi muuttaa haluamukseen. Tämän jälkeen sovellus rakentuu laseille ja aloittaa sovelluksen toistamisen automaattisesti.

Valmis sovellus löytyy Quest-laseista sovellusvalikon “tuntemattomat lähteet”-osion alta.

5 POHDINTAA JA HUOMIOITA LOPUKSI

VR-pelisuunnittelu kehittyi kiihtyvällä tahdilla virtuaalitodellisuuden suosion kasvamisen vuoksi, mikä luo myös jatkuvasti uusia keinoja ja työkaluja indie-pelisuunnittelijoille. Haasteena tämän opinnäytetyön tekemisessä oli valikoida sopivat ja toimivat työkalut VR-sovelluksen luomiseen uusien työkalujen ilmestyessä ja päivityksessä. Tämä tuli ottaa myös huomioon Unityn versiovalinnassa. Perustoiminnot eri Unity-versioissa ovat pitkälti samat, mutta saadakseen kaikki haluamansa VR-työkalut toimimaan, tulee myös pelimoottorin tukea niitä.

Itse sovelluksen testaaminen olisi ollut huomattavasti helpompaa, jos tietokoneeni olisi ollut tehokkaampi ja käytössäni olisi ollut Oculus Link-kaapeli. Muutosten testaaminen olisi onnistunut ilman toistuvaa sovelluksen siirtämistä laseille “Build and run”-tyylillä ja näin ollen huomattavasti nopeampaa.

Huomionarvoinen seikka on lisäksi, että opinnäytetyön tekemisen aikana Facebook Inc. vaihtoi nimensä Metaksi. Nimenvaihdosta ilmoitettiin lokakuun lopussa 2021. Tämän myötä myös esimerkiksi Oculus Quest 2 onkin uudelleennimetty Meta Quest 2:ksi.

Vaikka ohjainten käyttö sinällään ei ole ikävää, olisi silti mukava nähdä useammin kaupallisia pelituotteita, joissa on hyödynnetty hand tracking-ominaisuuksia. Esimerkiksi yksi kokeilemani kaupallinen peli, joka on vuorikiipeilyaiheinen, olisi ollut miellyttävämpi pelata, jos kallionkielekkeeseen tarttumiseen ei olisi tarvinnut käyttää aina liikkeen lisäksi jotain nappia. Myös erilaisissa nopeatempoisissa urheilupeleissä, esimerkiksi nyrkkeilyaiheisissa, ohjaimet ovat lähinnä tiellä jos painikkeita ei tarvitse ottelun aikana painaa. Itse olen onnistunut monasti osumaan ohjaimella esimerkiksi seinään, sillä VR-pelejä pelatessa VR-ympäristöön “uppoutuu” niin tehokkaasti, että pelialueen reunoja ei ehdi välttämättä ajoissa huomaamaan.

Uskoisin virtuaalitodellisuuden hyödyntämisen olevan mainio keino kuntoutuksen ja terveydenhuollon saralla monimuotoisuutensa vuoksi. Aikaisemmalta koulutukseltani olen sairaanhoitaja, ja teknologian mahdollisuudet nykypäivänä ovat vasta viime vuosina tulleet tietoisuuteeni. Ennen nykyistä koulutusta en ole aiemmin ollut “koodari tai teknologiavelho”, vaan tavallinen tietokoneen käyttäjä. Toivoisinkin, että uusia teknologioita saataisiin terveydenhuollon alan ihmisten tietoisuuteen ja käytettäväksi “kentälle”, jotta niiden hyöty myös ei-viihteellisessä käytössä saataisiin valjastettua mahdollisimman tehokkaasti.

LÄHTEET

About Myron Krueger. (n.d.). Haettu 27.8.2021 osoitteesta <https://aboutmyronkrueger.weebly.com/>

EyePhone. (2014.) Jaron Lanier's EyePhone: Head And Glove Virtual Reality In The 1980s. [kuva]. <https://flashbak.com/jaron-laniers-eyephone-head-and-glove-virtual-reality-in-the-1980s-26180/>

Flanagan, G. (2018.) The incredible story of the 'Virtual Boy' — Nintendo's VR headset from 1995 that failed spectacularly. Haettu 31.8.2021 osoitteesta <https://www.businessinsider.com/nintendo-virtual-boy-reality-3d-video-games-super-mario-2018-3?r=US&IR=T>

Goode, L. (2019). Get Ready to Hear a Lot More About 'XR'. <https://www.wired.com/story/what-is-xr/>

Google. (n.d.). Overview of Google Cardboard. Haettu 31.8.2021 osoitteesta <https://support.google.com/cardboard/manufacturers/answer/6321454?hl=en>

GoPro. (n.d.) How to update your GoPro Fusion. Haettu 24.4.2022 osoitteesta <https://gopro.com/en/us/update/fusion>

Incredibuild Software Ltd. (2022). Visual Studio. Haettu 28.4.2022 osoitteesta <https://www.incredibuild.com/integrations/visual-studio>

Intel. (n.d.). Virtual Reality vs. Augmented Reality vs. Mixed Reality. Haettu 25.8.2021 osoitteesta <https://www.intel.com/content/www/us/en/tech-tips-and-tricks/virtual-reality-vs-augmented-reality.html>

Meta. (2022.) Do more than you imagine on Quest 2. [kuva]. https://www.oculus.com/experiences/?utm_source=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F&utm_medium=organicsearch

Mihai, S. (n.d). Virtual Boy - warnings, cautions, and bad ergonomics. Haettu 15.6.2021 osoitteesta <http://www.sebastianmihai.com/virtual-boy-warnings.html>

Norman, J. (2021.) Ivan Sutherland and Bob Sproull Create the First Virtual Reality Head Mounted Display System. Haettu 30.8.2021 osoitteesta <https://www.historyofinformation.com/detail.php?entryid=1087>

Oculus VR. (2020.) Introducing Oculus Quest 2, the Next Generation of All-in-One VR. Haettu 15.9.2021 osoitteesta <https://developer.oculus.com/blog/introducing-oculus-quest-2-the-next-generation-of-all-in-one-vr/>

RDE.fi. (2022.) GoPro Fusion Black toiminta-kamera. [kuva]. https://www.rde.fi/products/fi/517/81219/sort/1/filter/0_0_0_0/Fusion-Black-

toiminta-kamera.html?gclid=Cj0KCQjw6pOT-BhCTARIsAHF23fIM309fOgxZn3_NW-Ol48XjHiDEdAFhJ-HYQ8NspTw8L7D1KOGGXzsaAv1QEALw_wcB

Saarelma, O. (2022.) Matkapahoinvointi. <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00301>

Solomon, B. (2014.) Facebook Buys Oculus, Virtual Reality Gaming Startup, For \$2 Billion. Haettu 31.8.2021 osoitteesta <https://www.forbes.com/sites/briansolomon/2014/03/25/facebook-buys-oculus-virtual-reality-gaming-startup-for-2-billion/?sh=25587ea82498>

Sony Computer Entertainment. (2016.) PlayStation®VR Launches October 2016 Available Globally At 44,980 Yen, \$399 USD, €399 And £349. Haettu 31.8.2021 osoitteesta https://web.archive.org/web/20160522011956/http://www.sony.com/en_us/SCA/company-news/press-releases/sony-computer-entertainment-america-inc/2016/playstationvr-launches-october-2016-available-glob.html

Takala, T. Duodecim 2017;133:1031–2.

Terveystalo. (n.d). Ortopedi. Haettu 4.5. osoitteesta <https://www.terveystalo.com/fi/palvelut/ortopedi/>

Unity. (2021.) [Pääsivu]. Haettu 15.9.2021 osoitteesta <https://unity.com/>

XRToday. (2022). Virtual Reality Statistics 2022. Haettu 27.4.2022 osoitteesta <https://www.xrtoday.com/virtual-reality/virtual-reality-statistics-2022/>