

Dynaamiset säätöjärjestelmät ja immersio videopeleissä

TURUN YLIOPISTO
Tietotekniikan laitos
LuK-tutkielma
Tietojenkäsittelytiede
Huhtikuu 2024
Nelli Rossi

TURUN YLIOPISTO
Tietotekniikan laitos

NELLI ROSSI: Dynaamiset sääjärjestelmät ja immersio videopeleissä

LuK-tutkielma, 26 s.
Tietojenkäsittelytiede
Huhtikuu 2024

Teknologian kehittyessä pelit muuttuvat realistisemmiksi, ja niissä tulee ottaa huomioon, miten asiat, kuten sää, toimivat oikeassa maailmassa. Dynaamiset sääjärjestelmät ovat suositumpia kuin ennen ja niitä onkin lisätty peleihin. Peleistä pyritään myös saamaan mahdollisimman immersiiivisiä, joten onkin aiheellista kysyä, että vaikuttavatko dynaamiset sääjärjestelmät immersioon. Tämän lisäksi tutkielmassa tutkitaan, miten sääjärjestelmiä voidaan hyödyntää peleissä.

Aineistosta saadaan laaja kuva aiheesta, sillä artikkelit ovat jakautuneet käsittelemään asiaa eri näkökulmista. Tutkimuksissa käsitellään staattista ja dynaamista säätä sekä erilaisia sääjärjestelmien käyttökohteita. Sääjärjestelmien avulla on mahdollista saada tietoa pelaajalle todellisesta maailmasta tai aivokäyttöliittymien avulla tietoa itse käyttäjästä. Dynaamisia sääjärjestelmiä voidaan käyttää myös tarjoamaan rikkaampaa haptiikkaa VR-peleissä. Yleisesti sääjärjestelmät voivat vaikuttaa koko virtuaalisen ympäristön esineisiin.

Tutkielmassa todetaan, että dynaamisilla sääjärjestelmillä on mahdollista vahvistaa immersiota videopeleissä. Myös muiden sääjärjestelmien käyttökohteiden todetaan lisäävän immersiota tai vähintään olevan rikkomatta sitä. Aiheesta tehty tutkimus on vielä vähäistä, joten lopussa esitellään mahdollisia jatkokysymyksiä, joita voisi dynaamisista sääjärjestelmistä ja immersioista tutkia.

Asiasanat: dynaaminen sääjärjestelmä, immersio, videopeli

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Sääjärjestelmät peleissä	4
3	Tausta	7
3.1	Immersio	7
3.2	Outo laakso	8
3.3	Semantiikka	9
3.4	Pelattavuus	9
3.5	Virtuaalitodellisuuden tekniikat	10
4	Sääjärjestelmät ja immersio	12
4.1	Aineisto	12
4.2	Staatillisen ja dynaamisen sään vertailu	14
4.3	Todellisen maailman tiedon välittäminen peliin	15
4.4	Aivokäyttöliittymiin perustuvat muutokset	17
4.5	VR ja haptiikka	19
4.6	Semantiikan tasot	21
4.7	Pohdintaa	22
5	Yhteenveto	25
	Lähdeluettelo	27

Kuvat

1.1	Artikkelien hakuprosessi	3
2.1	<i>Red Dead Redemption 2</i>	5
2.2	Salama järvimaisemassa pelissä <i>Red Dead Redemption 2</i>	5
2.3	<i>Red Dead Redemption 2</i>	6

Taulukot

4.1	Aineistossa esiintyviä immersioon vaikuttavia sääjärjestelmien käyttökohteita	12
-----	---	----

1 Johdanto

Ensimmäisistä videopeleistä lähtien pelaajamäärät ovat kasvaneet ja nykyään jopa 83,1 % internetin käyttäjistä maailmanlaajuisesti pelaa videopelejä¹. Teknologian kehittyessä pelit ovat muuttuneet realistisemmiksi. Realismin lisääminen videopeleihin johtaa siihen, että virtuaalisista ympäristöistä pyritään saamaan mahdollisimman tarkkoja simulaatioita oikean maailman ympäristöistä. Pelien realismia on lähdetty kehittämään jo niin pitkälle, että se on herättänyt keskustelua sen liiallisuudesta [1]. Realismi on kuitenkin ollut Yhdysvalloissa vuonna 2020 selvästi suosituin taidetyyli seikkailupeleissä, joissa piirros- ja pikselityyli eivät ole pystyneet vastaamaan sen suosioon².

Realismin lisäämiseksi täytyy ottaa huomioon, miten asiat toimivat oikeassa maailmassa. Sääilmiöt ovat jokaiselle arkipäiväinen asia, ja ne usein säätelevät sitä, miten ja milloin voimme tehdä mitään, erityisesti ulkona. Halu saada dynaamisia sääjärjestelmiä peleihin on ajanut pelinkehittäjiä ja taiteilijoita tutkimaan uusia simulaatiotekniikoita. Esimerkiksi peleissä *The Witcher 3* ja *Grand Theft Auto V* käytetään niiden virtuaalisten ympäristöjen realismia myyntivalttina. [2] Vuonna 2018 julkaistu videopeli *Red Dead Redemption 2* on saanut osaltaan kritiikkiä liial-

¹Statista (2024), vuoden 2023 kolmannen neljänneksen osuus videopelejä pelvaavista internetin käyttäjistä, url: <https://www.statista.com/statistics/195768/global-gaming-reach-by-country/> (viitattu 18. 02. 2024)

²Statista (2020), lokakuussa 2020 seikkailupelien määrä pelikonsolleille pelityyleittäin, url: <https://www.statista.com/statistics/1227378/number-adventure-games-consoles-art-style/> (viitattu 18. 02. 2024)

lisesta realismista [1], mutta enimmäkseen vastaanotto on ollut erittäin positiivista³ ja erityisesti sen dynaamista sääjärjestelmää on keuhuttu ainutlaatuiseksi⁴. Realististen sääjärjestelmien tavoittelu ei kuitenkaan ole uusi konsepti videopeleissä, vaan vuonna 2004 julkaistu *Myst IV: Revelations* esitti säätä liikkuvien pilvien, ukkosen ja sadekuurojen avulla [2].

Pelimodifioiminen on yleinen tapa yksilöllistää pelikokemusta, ja yleensä modifikaatiot ovat pelaajien itsenäisesti kehittämiä. Dynaamisia sääjärjestelmiä on lisätty modifikaatioiden avulla peleihin, joissa niitä ei muuten olisi. Modifikaatioita on myös sääjärjestelmien realismin sekä sääilmiöiden lisäämiseksi. Esimerkiksi pelissä *Minecraft* on muutama säänvaihtelu, mutta siihen on modifikaatioiden avulla mahdollista saada muun muassa hiekka- ja lumimyrskyjä, tornadoja ja paikallisia säänvaihteluita⁵. Sääjärjestelmät ovat siis nykyään tärkeä osa monia videopelejä, ja niiden avulla on mahdollista lisätä virtuaalisten ympäristöjen realismia, joka voi mahdollisesti vaikuttaa pelaajien immersioon.

Tutkielmassa on tarkoituksena vastata seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Vahvistavatko dynaamiset sääjärjestelmät immersiota virtuaalisissa ympäristöissä?
2. Miten sääjärjestelmiä hyödynnetään peleissä?

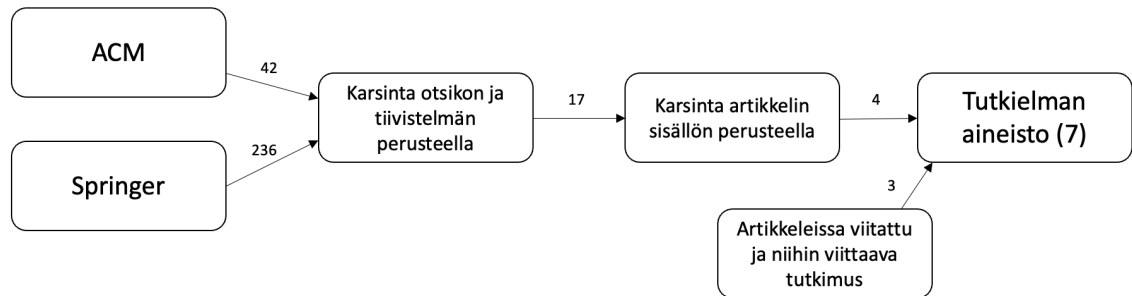
Tutkielma on toteutettu kirjallisuuskatsauksena ja artikkeleita haettiin tietokannoista ACM Digital Library ja SpringerLink. Hakulauseeksi valikoitui ("*weather system*" OR "*weather simulation*") AND *gam** AND *immersion*. Näistä saatuja hakutuloksia karsittiin ensin otsikon, sitten tiivistelmän ja lopulta sisällön perusteella. Jäljelle jäävät artikkelit vastasivat seuraaviin kriteereihin: englanniksi kirjoitettu

³Metacritic, url: <https://www.metacritic.com/game/red-dead-redemption-2/> (viitattu 18. 02. 2024)

⁴M. Bertz, Game Informer (2018), url: <https://www.gameinformer.com/review/red-dead-redemption-ii/an-open-world-western-for-the-ages-0> (viitattu 18. 02. 2024)

⁵<https://www.curseforge.com/minecraft/mc-mods/weather-storms-tornadoes>

tieteellinen artikkeli, artikkeli ylittää vähintään JUFO-luokituksen perustasoon ja artikkelissa käsitellään dynaamisia sääjärjestelmiä videopeleissä. Kuvassa 1.1 on esitetty tarkemmin artikkelien hakuprosessia.



Kuva 1.1: Artikkelien hakuprosessi

Tietokannoista saatujen tulosten lisäksi aineistoa haettiin mukaan valittujen artikkeleiden lähdeviittauksista sekä näihin artikkeleihin tehdyistä viittauksista. Artikkeleiden lopullinen määrä on neljä ja näiden lisäksi mukaan valikoitui kolme tukevaa artikkelia, jotka eivät täysin liity aiheeseen, mutta auttavat kokonaisuuden hahmottamisessa.

Luvussa kaksi määritellään, mitä tarkoitetaan sääjärjestelmillä peleissä. Luvussa kolme käydään läpi termit immersio, outo laakso, semantiikka ja pelattavuus sekä virtuaalitodellisuuden tekniikoita. Neljännessä luvussa siirrytään tarkastelemaan aineistoja, kokoamaan niistä vastauksia esitettyihin tutkimuskysymyksiin ja aineistosta herännyttä pohdintaa. Viimeinen luku sisältää yhteenvedon ja ajatuksia jatkokysymyksistä.

2 Sääjärjestelmät peleissä

Sää tulee erottaa ilmastosta, sillä säässä on kyse tuntien ja minuuttien välisestä vaihtelusta, kun taas ilmastossa jopa vuosien mittakaavasta. Sään elementteihin kuuluvat lämpötila, paine, tuuli, pilvisuus, näkyvyys, kosteus, sademäärä sekä muut hydrometeorit (kaste, sade, rakeet, lumi). [3] Peleissä sääjärjestelmät luokitellaan yleensä staattisiksi eli pysyviksi tai dynaamisiksi eli vaihteleviksi, jolloin staattinen mukailee enemmän ilmastoa kuin säätä. Vaikka pelissä esiintyisikin vuodenaikojen vaihtelua esimerkiksi tarinan edetessä, on siinä ennemminkin kyse ajoittain vaihtuvasta staattisesta säästä kuin dynaamisesta sääjärjestelmästä. Dynaamisissa sääjärjestelmissä tulee olla huomattavissa selkeästi sään vaihtelut, ja niissä tulee ilmetä erilaisia sään elementtejä. Dynaamisen sään realistisuuden lisäksi on myös tärkeää, että pelissä on yön ja päivän kierto, koska sillä on vaikutusta muun muassa lämpötilaan ja näkyvyyteen. Kaikissa videopeleissä paikkana ei toimi Maa, jolloin sään realistisuutta eivät määritä fysiikan lait tai meille tutut sään elementit, mutta tässä tutkielmassa keskitytään juuri Maalle tyypillisen sään realistisuuteen.

Peliteollisuuden suuntaukset ovat osoittaneet, että jotkin realismin muodot, kuten tilan valaistus ja varjot, ovat olleet muita luonnollisia tapahtumia tärkeämpiä. Tämä on johtunut laitteiden ominaisuuksista, mutta myös valaistuksen vahvemmas- ta visuaalisesta läsnäolosta virtuaalisissa maailmoissa. [2] Tällä hetkellä kuitenkin monissa peleissä on pystytty hyvinkin realistisesti esittämään dynaamista säätä. Rockstar Games -pelitalon tunnetuissa *Grand Theft Auto V* ja *Red Dead Redemp-*

tion 2 -peleissä on visuaalisesti vaikuttavia sääelementtejä, joista voi hyvin nähdä realismin tason, joka videopeleillä on jo mahdollista saavuttaa. Seuraavaksi tarkoituksena on tarkastella pelin *Red Dead Redemption 2* sääilmiöitä ja niiden visuaalista realismia tarkemmin. Kyseinen peli valikoitui tarkempaan tarkasteluun juuri sen saamien kehujen myötä. Kuvissa 2.1a ja 2.1b näkyy selvästi, miten taivas voi vaihtua kirkkaasta hyvinkin pilviseksi ja synkäksi.



(a) Kirkas taivas



(b) Pilvinen metsä

Kuva 2.1: *Red Dead Redemption 2*

Kuvassa 2.2 on salamointia ja ruudulle muodostuu pisaroita aivan kuten kameran linssille tai ikkunalle muodostuisi oikeassa maailmassa. Salaman on mahdollista osua myös pelaajaan, jolloin hänen hahmonsa kuolee välittömästi.

Kuva 2.2: Salama järvimaisemassa pelissä *Red Dead Redemption 2*

Kuvissa 2.3a ja 2.3b on auringonnousun tai -laskun ja kuun valaiseman maiseman erot. Visuaalisten sääilmiöiden lisäksi pelissä on myös dynaaminen lämpötila, joka vaihtelee yön ja päivän sekä erityisesti ympäristön ilmaston mukaan. Lämpötila vaikuttaa pelaajaan ja hänen tulee pukeutua siihen sopivasti, jottei menettäisi elämänpisteitä kuumuudesta tai kylmyydestä.



(a) Aurinkoinen maisema



(b) Kuun valaisema metsä

Kuva 2.3: *Red Dead Redemption 2*

Kuvassa 2.3a aurinko pilkottaa puiden välistä ja luo näkyviä säteitä sumuun, värjäten kaiken kellertäväksi ja kuvassa 2.3b kuunvalo värjää kaiken enemmän sinertäväksi. Pelkän tunnelmallisuuden lisäksi kuvissa 2.3b, 2.1b ja 2.2 sää vaikuttaa myös pelattavuuteen rajoittamalla näkyvyyttä.

3 Tausta

3.1 Immersio

Immersio on termi, joka ilmenee muidenkin alojen ja tutkimusten yhteydessä. Immersio-termin laaja käyttö on johtanut siihen, että sitä on alettu käyttää epäjohdonmukaisesti. Epäjohdonmukaisen käytön ongelma voidaan jakaa termin laimentumiseen ja siihen, että siitä on käytetty keskenään vaihtoehtoisesti toisten termien kanssa. Usein immersiota käytetään synonyymina sanojen läsnäolo (engl. presence), osallistuminen (engl. involvement) ja paneutuminen (engl. engagement) kanssa. Immersion epäjohdonmukainen käyttö terminä on myös vaikeutunut sen myötä, kun immersiota on käytetty monilla kentillä, muun muassa virtuaalisten ympäristöjen (engl. virtual environment), videopelien, elokuvien ja musiikin tutkimuksessa. [4]

Alkuperältään immersio on metaforinen termi, joka on johdettu veden alla olemissä tunteista. Samaa fyysistä immersion tunnetta, joka koetaan syöksyessä veteen, haetaan myös psykologisesti immersiiivisistä kokemuksista. Tavoitteena on kokemus siitä kuin olisi toisen todellisuuden ympäröimänä. [5]

Yleinen ymmärrys siis on, että immersioon kuuluu tunne kuin olisi jonkin ympäröimänä. Yksi merkittävimmistä eroavaisuuksista immersion näkemyksissä on immersio teknologiana ja subjektiivisena kokemuksena. Immersio voidaan jakaa neljään näkemykseen, joista ensimmäisenä immersio nähdään virtuaalista maailmaa esittävän järjestelmän ominaisuutena. Toisessa näkemyksessä immersio on aistillinen vas-

taus tälle järjestelmälle. Kolmannessa näkemyksessä immersio toimii vastauksena narratiiville, tarinan maailman hahmoille ja tarinalle itselleen. Viimeisessä näkemyksessä immersio on reaktio haasteille, jotka vaativat älyä ja sensomotoriikkaa eli aistimusten ja liikkeen yhteistoimintaa. Lyhyesti immersio voi siis olla järjestelmän ominaisuus, aistillinen vastaus, vastaus narratiiville tai vastaus haasteisiin. [4]

3.2 Outo laakso

Realistisessa virtuaalisessa tilassa immersioon vaikuttavat monet tekijät ja todellisuuden illuusio on hauras tila. Pienet epäjohdonmukaisuudet, jotka poikkeavat käyttäjän odotuksista, voivat rikkoa illuusion ja peli voi muuttua immersiiivisestä epärealistiseksi ja oudoksi. [2] Outo laakso (engl. uncanny valley) on japanilaisen Masahiro Morin kehittämä teoria [6], jossa hän käsittelee outouden tunnetta robotiikassa. Hän teki huomion siitä, kuinka tekokäden nähdessään ihmisistä voi tuntua oudolta ja vastamieliseltä, mutta ihmiskäsiin ja mekaanisiin käsiin ei kohdistunut samanlaista reaktiota. Teoria on alun perin ollut käytössä robotiikassa ja on huomattu, että lisääntynyt ihmismäisyys roboteissa ei lineaarisesti vastaa suurempaa yhtäläisyyden tunnetta. Jos roboteista tulee liian ihmismäisiä, ne voivat näyttää vastenmieliseltä. [7]

Tämä periaate pätee robotiikan lisäksi myös realistisiin peleihin. Pelinkehityksen näkökulmasta outo laakso on haasteellinen, sillä jos pelistä tehdään hyvin realistinen, voi illuusion rikkoutuminen aiheuttaa vahvoja negatiivisia tunteita. Tärkeää on myös ottaa huomioon, että immersion ja realismin välillä on useita eroja, vaikka ne usein liittyvätkin toisiinsa. Pelit voivat olla immersiiivisiä niiden realismista huolimatta ja outoa laaksoa välttääkseen on helpompi suunnitella pelejä, jotka siirtyvät kauemmas realismista. Silti tilan realismisuus on immersiiivisen kokemuksen luomisen ytimessä, joten ongelmaa ei voi ratkaista vain siirtymällä kauemmas todenmukaisuudesta. [2]

3.3 Semantiikka

Pelien ja simulaatioiden odotuksien siirtyessä kehittyneestä grafiikasta ja ulkoasusta kohti parempaa hahmojen käyttäytymistä, uskottavaa realismia ja yhtenäistä pelikokemusta, tulee pelimaailmaan ja sen objekteihin liittyvällä semantiikalla olemaan tärkeä rooli. Semantiikka yleisesti tarkoittaa sanojen tai merkkien merkitystä. Virtuaalisissa ympäristöissä semantiikka voidaan määritellä tietona, joka kertoo virtuaalisen maailman objektin tarkoituksen. Virtuaalisille objekteille voidaan pyrkiä siis luomaan aidon tuntuista käytöstä lisäämällä semanttista tietoa. [8] Objektien luonnollisessa käyttäytymisessä olisi mahdollista ottaa myös huomioon niiden reagoiminen säähän, kuten metallin ruostuminen.

Virtuaalisessa ympäristössä kaikilla esineillä on jokin tarkoitus niiden ympäristössä, ja ne voivat toimia palveluksessa toisille esineille tai hahmoille. Esine voi toimia suojana sotilaalle tai tulitikku voi tarjota tulta, joka edelleen tarjoaa lämpöä ja valoa. Tällainen esineiden tiedon yhdistäminen tuottaa erittäin vuorovaikutteisia esineitä. [8] Ajatus ei ole kuitenkaan uusi, vaan jo vuonna 1998 on esitetty idea älykkäistä esineistä, jotka sisältävät tietoa siitä, millaisia vuorovaikutusmenetelmiä niille voitaisiin suorittaa [9]. Vuonna 2003 tätä jatkettiin käsittelemään esineitä, jotka sisältävät tietoa esineiden toiminnallisuudesta [10]. Paljon tietoa sisältävien esineiden suunnitteleminen voi olla työlästä, mutta jo pelkän materiaalin määrittämisestä voidaan johtaa huomattava määrä fyysisiä ominaisuuksia. [8]

3.4 Pelattavuus

Pelattavuus-termi voi ilmetä keskusteluissa, esseissä, artikkeleissa ja kirjoissa, mutta sitä harvoin selitetään täsmällisesti. Termi pelattavuus on tulkinnanvarainen ja sillä voidaan tarkoittaa monia eri asioita. Pelattavuudella voidaan viitata pelin suunnittelun laatuun tai sillä voidaan tarkoittaa pelin ohjaimia, sosiaalisuutta ja pelaajan

kokemusta. Sitä voidaan lähteä myös määrittelemään niin, että pelattavuuden ja pelaajan kokemuksen välille määritellään selkeä raja, jolloin pelattavuus koskisi enää peliin suunniteltuja komponentteja. Näin pelattavuutta voitaisiin pyrkiä määrittelemään niin, että se pätsisi fyysisille ja digitaalisille peleille. Hyvä pelattavuus ei myöskään välttämättä johda hyviin kokemuksiin pelaajalla, vaan käyttäjä voi nauttia peleistä, vaikka niiden pelattavuus olisi huono. [11]

Pelattavuutta voitaisiin määritellä niin, että peliä tulee olla helppo pelata, mutta itse pelin ei tarvitse olla helppo. Sääntöjen tulee olla selkeitä ja ytimekkäitä, jotta niiden sisäistämiseen ei tarvitse käyttää huomattavaa määrää aikaa tai energiaa. Pelisuunnittelijoiden tulee myös pystyä simuloimaan merkityksellisiä todellisen maailman elementtejä peliin. Yksinkertaisuudessaan pelattavuus voitaisiin jaotella toiminnallisuuteen, käytettävyyteen ja pelinkulkuun, ja tästä voidaan lähteä laajentamaan lisäämällä esimerkiksi moninpeliä tai kaupallistamista. Käytettävyys ja pelinkulku on ollut mainittuna jo monissa pelattavuuden määritelmässä, mutta toiminnallisuus ei ole ollut yleinen käsite näissä. Voitaisiin väittää, että hyvin toimiva peli olisi jo itsestäänselvyys, mutta toiminnallisuus kuvaa pelin teknistä, mekaanista tai materiaalista laatua, joka liittyy sen sujuvaan toimintaan. Erityisesti videopeleissä tämä tarkoittaa muun muassa tasaista suorituskykyä, lyhyitä latausaikoja ja virheiden puuttumista. Käytettävyys videopeleissä kattaa visuaalisen selkeyden, käyttöliittymän asettelun, säätimet, terminologian, palautteen ja niin edelleen. Pelinkulku käsittelee puolestaan tavoitteita, haasteita, edistymistä ja palkintoja. [11]

3.5 Virtuaalitodellisuuden tekniikat

Virtuaalitodellisuus (engl. virtual reality, VR) on ollut suosittu aihe tietotekniikan alalla jo useampia vuosia, mutta VR-teknologiaa on ollut olemassa jo 1960-luvulta lähtien. Sen laajan käyttöönoton esteenä oli pitkään korkeat laitekustannukset ja riittämätön laatu, mutta teknologian nopean kehityksen myötä myös VR-teknologian

markkinat ovat kasvaneet. Tyypillisesti nykyaikana VR-teknologiaan kuuluu päähän kiinnitettävät näytöt, joiden avulla on mahdollista uppoutua virtuaaliseen maailmaan. VR sekoitetaan välillä termeihin tehostettu todellisuus (engl. mixed reality, MR) ja lisätty todellisuus (engl. augmented reality, AR). AR lisää virtuaalista tietoa näkyvillä olevaan fyysiseen todellisuuteen ja MR yhdistää tai sulauttaa virtuaalisen ja oikean maailman. [12]

AR-teknologialla on jo vuonna 2008 tehty realistinen sääjärjestelmä, *ARWeather*, jonka avulla pystyttiin simuloimaan vesi- ja lumisadetta sekä rakeita [13]. Teknologia on kehittynyt tämän jälkeen ja nykyään VR-teknologian yhteydessä hyödynnetään usein myös haptisia eli tuntoaistiin perustuvia ohjaimia, hansikkaita, pukuja tai muuta laitteistoa [12]. Haptinen teknologia voi olla kaikkialla läsnä olevaa tai ohjainpohjaista, ja sillä pyritään usein parantamaan virtuaalista ympäristöä tai immersivistä vuorovaikutusta pelin kanssa. Yleinen tekniikka virtuaalisen ympäristön tehostamisessa on tuulen luominen ja sitä voidaan luoda niin päähän kiinnitettävillä kuin kiinteilläkin laitteilla. Puolestaan immersivistä vuorovaikutusta voidaan lisätä esimerkiksi ohjaimen värinällä, lämmöllä tai muodolla. [14]

4 Sääjärjestelmät ja immersio

4.1 Aineisto

Tutkielman aineisto on jakautunut käsittelemään asiaa hieman erilaista näkökulmista. Lähes kaikissa kuitenkin käsitellään videopelien sääjärjestelmiä ja immersiota. Taulukossa 4.1 esitetään aineistossa ja tukiaineistossa ilmenneitä vaikuttajia immersion.

Taulukko 4.1: Aineistossa esiintyviä immersion vaikuttavia sääjärjestelmien käyttökohteita

	Tutkittu säätyyppi	Tietoa peliin ulkomaailmasta	Tietoa peliin käyttäjästä	VR, haptiikka	Semantiikka
Roberts ja Patterson [2]	staattinen, dynaaminen				
Patterson ja Roberts [15]	staattinen, dynaaminen	x			
Han ym. [14]	staattinen			x	
Li ym. [16]	dynaaminen			x	
Cho ja Lee [17]	dynaaminen		x		
Chen ym. [18]	ei tutkittu		x		
Tutenel ym. [8]	ei tutkittu				x

Ne artikkelit, joissa ei tutkittu videopelejä tai sääjärjestelmiä, kuitenkin tukevat muuta aineistoa liittymällä esimerkiksi visuaalisiin tehosteisiin tai semantiikkaan. Kun puhutaan tiedon saamisesta peliin ulkomaailmasta, tarkoitetaan pelaajan ulkopuolista todellisesta maailmasta kerätyn tiedon esittämistä pelissä sääjärjestelmän avulla. Puolestaan käyttäjältä saatava tieto saadaan peliin erilaisten aivokäyttöliittymien (engl. brain-computer interface, BCI), tässä tapauksessa aivosähkökäyrän ja toiminnallisen lähi-infrapunakuvauksen, avulla. Tämä tieto on mahdollista lisätä peliin sääjärjestelmiä ja visuaalisia tehosteita hyödyntämällä. Erikseen eroteltuna ovat VR ja haptiikka, ja näissä artikkeleissa korostuu erityisesti haptiikan osuus. Semantiikka on erillinen kokonaisuutensa, mutta se auttaa ymmärtämään sääjärjestelmien tärkeyttä yleisemmällä tasolla.

Taulukosta 4.1 voidaan nähdä, miten tutkitut säätyypit jakautuvat artikkelien välillä. Roberts ja Patterson [2], [15] ovat tutkineet erityisesti staattisten ja dynaamisten sääjärjestelmien välisiä eroja ja sitä, millaisia vaikutuksia näillä on immersion. Han, Chen, Lee ja muiden kirjoittama artikkeli [14] on ainoa, jossa tutkitaan vain staattista säätä ja siinä painopiste on vahvasti haptiikassa. Heidän tutkimuksessaan säätä simuloidaan niin, että pelaaja voi portaalin avulla siirtyä yhdestä ilmastosta toiseen. Li, Chen, Chung ja muut [16] eivät käsitelleet ollenkaan videopelejä, mutta he jatkoivat tutkimusta haptiikan parissa liittyen dynaamiseen säähän, ja näin heidän tutkimus on aiheellinen ottaa huomioon tässä tutkielmassa. Chon ja Leen artikkelissa [17] käsiteltiin vain dynaamista säätä, mutta itse tutkimustulokset jäivät hieman epäselviksi. Chen, Solovey ja Smith [18] eivät käsittele tutkimuksessaan ollenkaan sääjärjestelmiä, mutta se tukee ja jatkaa Chon ja Leen työn pohjalta, tarjoten selkeämpi tuloksia. Tutenel, Bidarra, Smelik ja muiden artikkelissa [8] ei tutkita tarkalleen mitään sääjärjestelmää, mutta se auttaa ymmärtämään niiden tehtävää.

4.2 Staattisen ja dynaamisen sään vertailu

Immersio liittyy monilla tavoin realismiin, mutta näiden kahden välillä on myös tärkeitä eroavaisuuksia. Immersio ei välttämättä riipu realismista ja monissa hyötypeleissä onkin käytössä ympäristö, joka ei liity mihinkään oikeaan tilaan, mutta silti pelistä on onnistuttu saamaan immersiiivinen. Muutenkin immersio on nykyään monille pelinkehittäjille tärkeää, mutta se ei välttämättä takaa käyttäjätyytyväisyyttä. Tutkimuksissa on pystytty toteamaan, että yhtä suuri tyytyväisyys on mahdollista saavuttaa, vaikka järjestelmässä olisi immersiota rikkovaa vuorovaikutusta, kunhan se on hyödyllistä. [2] Tästä herääkin kysymys, että miten tärkeitä dynaamiset ja realistiset sääjärjestelmät ovat pelien immersion kannalta.

Staattisten ja dynaamisten sääjärjestelmien eroja on tutkittu kehittämällä kolmiulotteinen avoimen maailman videopeli, josta tehtiin kaksi eri versiota. Pelin kontrolliympäristössä pelaajille tarjottiin yleisempi versio, jossa sää oli hienoa ja aurinkoista. Sää oli siis kontrolliympäristössä staattinen, mutta se oli kuitenkin realistinen. Pelin toinen versio oli sääsimulaatio, jossa jäljiteltiin myrskyä selvän kontrastin lisäämiseksi versioiden välille. Sääsimulaatiossa sää oli dynaaminen ja siinä taivas muuttui kirkkaasta ja aurinkoisista tummiin sadepilviin. Siinä sää oli myös realistista, joten peliin lisättiin myös vahva tuulen simulointi, joka heilutti puita ja ruohoa. Myrskyyyn kuului myös sadetta, ukkosen ääniä, vesilammikoita ja valopilkkuja puiden välistä. Molemmissa versioissa pelaajan oli mahdollista kävellä, juosta ja hyppiä ja kävelemiselle oli lisätty ääniraita. Kummassakaan ei ollut mitään esineitä, joiden kanssa olisi ollut mahdollista olla vuorovaikutuksessa. Pelin eri versiot poikkesivat siis toisistaan vain sääjärjestelmien osalta. [2]

Tutkimuksessa oli mukana 37 osallistujaa, joista 18 kuuluivat kontrolliryhmään ja 19 sääsimulaatioryhmään. Osallistujille jaettiin toinen versioista sattumanvaraisesti ja annettiin ohjeet pelissä liikkumiseen. Peliäika oli vapaa, eli osallistujat saivat pelata haluamansa ajan. Tutkimuksen tulokset ovat esitettynä seitsenasteisella

Likert-asteikolla, jossa 1 tarkoittaa vastaajan olevan täysin eri mieltä ja 7 täysin samaa mieltä. Tuloksista pystyttiin huomaamaan, että vaikka sääsimulaatiosta pidettiin yleisesti enemmän, ei tarkemmalla tasolla erot olleet niin merkittäviä näiden kahden version välillä. Keskimääräinen kokemus kontrolliryhmässä oli 4,2 ja sääsimulaatioryhmässä se oli 6,1. Kuitenkin yksittäin tarkasteltuna immersion, realismin, pelattavuuden ja ympäristön vaikutuskoot olivat alle 1. Jokaisen kohdalla sääsimulaatio oli osallistujien suosiossa. Realismissa ero oli suurin vaikutuskoon ollessa 0,8 ja immersiossa ero oli vain 0,55. Tulos tukee ajatusta siitä, että realismi vaikuttaa immersion, mutta se ei ole ainoa tekijä siinä. [2]

Tuloksista voitiin todeta, että dynaaminen sää ei lisännyt pelattavuutta, eikä näin ollen vaikuttanut erityisesti kummankaan ryhmän peliaikaan. Osallistujilta pystyttiin huomaamaan myös odottamatonta käytöstä, kun viisi osallistujaa yhtäkkiä pysähtyi auringonsäteiden paistaessa sateen läpi meren yläpuolella. Vastaavaa reaktiota ei huomattu kontrolliryhmässä ollenkaan. Näin ollen hyvin toteutetuilla sääilmiöillä olisi mahdollista auttaa pelaajaa luomaan suhde peliympäristöön. Sääsimulaatio sai osallistujilta toisaalta myös kritiikkiä liittyen pelissä tapahtuviin virheisiin, jotka rikkoivat todellisuuden illuusiota. Eli myös sääjärjestelmään liittymättömät asiat vaikuttivat pelikokemukseen ja myös oudon laakson ja realismin ongelma nousi taas esille. Yleisesti kuitenkin pystyttiin toteamaan, että realistinen ja dynaaminen sääjärjestelmä paransi pelaajien kokemusta tilastollisesti merkittävästi.[2]

4.3 Todellisen maailman tiedon välittäminen peliin

Sää mielletään usein ympäristölliseksi ja tunnelmalliseksi elementiksi peleissä. On kuitenkin tutkittu sitä, miten sääjärjestelmiä voitaisiin käyttää tiedonvälittämiseen rikkomatta immersiota. Esimerkiksi akkukäyttöisten pelikonsolien tai mobiililaitteiden akun tilasta voitaisiin ilmoittaa pelaajalle sään muutoksilla, eikä immersiota tarvitsisi rikkoa muilla ilmoituksilla tai lisätä tilaa vievää elementtiä, kuten kuva-

ketta akusta. Vastaavaa teknologiaa voitaisiin hyödyntää myös todellisen maailman tietoon ja jopa terveydenhuoltojärjestelmien tarkkailulaitteista saatavaa tietoa voitaisiin visualisoida tällä tekniikalla. Tämän toimimisen kannalta on tärkeää, että sää on ominaisuus, jota voidaan vaihtaa vaikuttamatta pelattavuuteen. [15]

Ihmisillä on luonnostaan kyky havainnoida ympäröivää tietoa (engl. ambient information) ilman, että se vaatii keskittymistä. Kykymme seurata toisarvoista tietoa ja ympäristöä on hyödyllinen taito, jota välillä hyödynnetään heikosti pelisuunnittelussa. Ajatus ympäröivää tietoa hyödyntävistä käyttöliittymistä ei kuitenkaan ole uusi, vaan sitä on tutkittu monilla kentillä. Tällaisissa käyttöliittymissä on tärkeää, että tiedon tulee olla näkyvässä vaatimatta huomiota ja pitää olla myös keino yhdistää tieto ja sitä välittävä visuaalinen elementti. Jos näiden yhteys ei ole itseltään selvä, voidaan se myös kertoa käyttäjälle pelin asetuksissa. Lisäämällä ympäröivän tiedon käyttöliittymiä peleihin voitaisiin tarjota yhteyksiä todellisen maailman tietoon. Monet pelaajat kuitenkin pitävät pelimaailmoista, koska ne tarjoavat mahdollisuuden paeta todellisuutta hetkellisesti. Tämän takia olisi tarpeellista, että ympäröivää tietoa välittävä elementti ei erottuisi liikaa. [15]

Sääjärjestelmät sopivat tiedon välittämiseen, koska ne ovat visuaalisesti rikkaita, dynaamisia, läsnä kaikkialla ja ne eivät usein liity pelattavuuteen. Tämän mahdollisuuden tutkimista varten luotiin sään avulla ympäröivää tietoa ilmentävä käyttöliittymä (engl. weather ambient information interface, WAI), jossa peliympäristön sääjärjestelmään kuului ulkona sadetta, tuulta ja myrskyjä sekä sisällä sumua, savua ja valotehosteita. Tutkimus toteutettiin niin, että WAI-ryhmälle ilmoitettiin dynaamisen sään olevan linkitettyä todellisen maailman tietoon, vauvan hengitysmittariin, ja kontrolliryhmälle ei kerrottu linkistä. Hengitysmittari valittiin tiedon lähteeksi, jotta osallistujat ottaisivat sen tosissaan. Pelissä oli kaksi tasoa, staattisen sään taso ja dynaamisen sään taso. Kirkas sää vastasi vauvan selkeää hengitystä ja pilvinen tai myrskyinen sää vastasi hengitysvaikeuksia. [15]

Tutkimukseen osallistui 40 henkilöä, joista 20 jaettiin sattumanvaraisesti kontrolliryhmään ja 20 WAII-ryhmään. Kaikki osallistujat eivät pystyneet jatkamaan loppuun asti, joten yhteensä tulokset saatiin vain 35 osallistujalta, joista 17 kuului kontrolliryhmään ja 18 WAII-ryhmään. Tutkimuksen tulokset pisteytettiin seitsemasteisella Likert-asteikolla. WAII-ryhmä arvioi sään toimivuuden todellisen maailman tiedon välittämisessä olevan 5,9, eli Likert-asteikolla tämä vastaa vahvaa positiivista tuntemusta. Kun ryhmältä kysyttiin, että kuinka todennäköisesti he käyttäisivät tätä ominaisuutta, olivat vastaukset edelleen positiivisia, mutta huomattava määrä vastaajia koki, että haluavat pelatessaan olla irrallaan todellisesta maailmasta. Tästä päästiin lopputulokseen, että toimiakseen tällaisen ominaisuuden tulisi olla vapaavalintainen. Tuloksista huomattiin myös, että pelin dynaamisen sääjärjestelmän taso koettiin WAII-ryhmässä immersivisemmäksi kuin kontrolliryhmässä, mutta staattisen sääjärjestelmän taso oli taas kontrolliryhmässä immersivisempi kuin WAII-ryhmässä. Tähän uskottiin vaikuttavan WAII-ryhmän tarkempi keskittyminen säähän, sillä he tiesivät sen toimivan tiedonvälittäjänä. Tutkimuksen tuloksista pystyttiin toteamaan, että sääjärjestelmillä on mahdollista välittää pelaajille tietoa todellisesta maailmasta ilman, että se olisi tungettelevaa tai rikkoisi immersion. [15]

4.4 Aivokäyttöliittymiin perustuvat muutokset

Kun käyttäjä pelaa videopeliä, häneltä voidaan mitata neurofysiologista tietoa, kuten aivoaalto-signaaleja. Tämän avulla voidaan pyrkiä parantamaan pelikokemusta ja lisäämään pelien immersion tasoa. Tämän ajatuksen pohjalta on tehty tutkimus, jossa pyrittiin nostamaan ensimmäisen persoonan ammutapeleissa (engl. first person shooter, FPS) immersion tasoa. Tutkimuksessa käytettiin aivosähkökäyrien (engl. electroencephalography, EEG) mittaamiseen NeuroSky:n kehittämiä MindSet-kuulokkeita, joissa on EEG-sensori. Aivojen sähköiset ilmiöt luokitellaan yleensä delta-, theta-, alfa-, beeta- ja gamma-aalloiksi. Näistä erityisesti alfa- ja

beeta-aaltoja käsiteltiin tässä tutkimuksessa. Alfa-aallot liittyvät meditaatioon ja rentoutumiseen, kun taas beeta-aallot keskittymiseen. [17]

Tutkimusta varten kehitettiin yksinkertainen FPS-peli. Itse tutkimus toteutettiin niin, että osallistujien pelatessa heidän tuntemuksensa (keskittyminen/tarkkaamattomuus ja rauhallisuus/levottomuus) mitattiin MindSet-kuulokkeiden avulla. Näiden tulosten pohjalta pelin ympäristö muuttui niin, että keskittymisestä seurasi kirkas taivas, tarkkaamattomuudesta tumma taivas, rauhallisuudesta hyvää näkyvyyttä ja levottomuudesta sumua. Ympäristön muutokset vaikuttivat näin ollen peliin rajoittamalla näkyvyyttä. Tutkimukseen osallistui 6 henkilöä ja kukin pelasi peliä tunnin ajan. Artikkelissa todetaan, että heidän kehittämää järjestelmää voitaisiin soveltaa erilaisiin kolmiulotteisiin peleihin ja näin lisätä niiden immersiota. [17] Tutkimuksen tulokset kuitenkin esitellään artikkelissa huonosti, eikä loppupäätelmille esitetä tarpeeksi perusteluja.

Vastaavaa ideaa on tutkittu toisessakin artikkelissa [18], joka tarjoaa tarkempia tuloksia. Siinä ei käsitellä sääjärjestelmiä, vaan tarkastelussa ovat visuaaliset tehosteet kävelysimulaattorissa. Tutkimuksessa käytettiin toiminnallista lähi-infrapunakuvausta (engl. functional near-infrared spectroscopy, fNIRS), jonka tulosten avulla visuaalisia tehosteita säädettiin. fNIRS mittaa aivotoimintaa pohjimiltaan eri tavalla kuin EEG. Suurimpana eroavaisuutena on EEG:n huomattavampi nopeus ja toisaalta fNIRS:in parempi paikallisuus. [18]

Tutkimusta varten kehitettiin kävelysimulaattori, jonka BCI-versiossa pelaajan henkinen työtaakka vaikutti visuaalisiin tehosteisiin, kun taas toisessa versiossa tehosteet määrittyivät pelaajan toiminnoilla pelissä. Molemmissa pelien versioissa oli myös yön ja päivän sykli. fNIRS:in avulla seurattiin pelaajan tuntemuksia, jolloin tarkkaamattomuus johti näkökentän sumentumiseen ja vääristymiseen, kun taas keskittyneenä näkökenttä oli selkeä ja värikäs. Peliin lisättiin dynaaminen sääjärjestelmä, mutta sitä ei tutkittu millään tavalla tässä artikkelissa. [18]

Tutkimuksessa oli mukana 24 osallistujaa ja he pelasivat molempia versioita viisi minuuttia satunnaisessa järjestyksessä. Molemmissa peleissä osallistujien tuli pitää fNIRS-laitetta päässä, jottei versiota voisi päätellä siitä. Pelaamisen jälkeen heitä pyydettiin vastaamaan kyselyyn, jossa arvioitiin tunnepohjaista osallistumista, nautintoa, kulkemista ja ajallista erottautumista. Ero immersiossa BCI- ja kontrolliversion välillä ei ollut tilastollisesti merkittävä. Muissa kategorioissa ainoa merkittävä ero oli ajallisen erottautumisen kohdalla ja BCI-versio arvioitiin tässä paremmaksi. Avoimissa kysymyksissä kävi ilmi, että osallistujat pitivät erityisesti pelin ympäristön äänistä, dynaamisesta sääjärjestelmästä, yön ja päivän kierrosta ja kaupunkinäykymästä. [18]

4.5 VR ja haptiikka

Esineiden manipulointi ja tilassa liikkuminen ovat tärkeitä virtuaalimaailmoja tutkittaessa. Haptisen teknologian lisääminen voi auttaa parantamaan VR-peleissä koettua immersiota ja monissa tutkimuksissa on toteutettu yhteen tai kahteen tuntoaistiin perustuvia haptisia teknologioita. Näihin lukeutuu ainakin värähtely, lämpötila, paine, kitka, tekstuuri ja muoto. Vuonna 2018 tehdyssä tutkimuksessa [14] kuitenkin kehitettiin hybridi-haptinen järjestelmä, joka perustui kolmeen elämän elementtiin eli aurinkoon, ilmaan ja veteen. Näitä luotiin lämpölampulla, tuulettimella, kuumailmapuhaltimella ja sumukoneella. Järjestelmään kuului kaikkialla olevaa ja ohjainpohjaista haptiikkaa, eli käyttäjän oli mahdollista liikkua virtuaalisessa tilassa ja kokea tuntoaistimuksia ympäristöstä ja esineiden käsittelystä. [14]

Tutkimusta varten kehitettiin kolme VR-sovellusta, joissa oli haptinen palaute. Viihdesovelluksessa pelaajan rooli oli olla elementtien taivuttaja, jonka oli mahdollista omaksua elementtejä erilaisista esineistä ohjaimen avulla. Opetussovelluksessa käyttäjän tavoitteena oli luoda nuolenkärki askel askeleelta. Kolmantena sovelluksena luotiin sääsimulaatio, jossa ympäristöinä toimivat lauhkea aavikko, jokilaakso,

aavikko ja luminen vuori. Näiden ympäristöjen sääolosuhteet oli mahdollista kokea kaikkialla olevan haptiikan avulla, eli sääsimulaatiossa käytettiin kiinteää haptista teknologiaa. Tutkielman luonteen kannalta tästä tutkimuksesta keskitytään lähinnä sääsimulaatioon ja sen tuloksiin. [14]

Eri ympäristöjen välillä kulkeminen mahdollistettiin käyttäjälle portaalien avulla. Ympäristöjen eri tuntoaistillisiin kokemuksiin kuului lauhkeassa aavikossa energiapohjainen lämpö, jokilaaksossa tuuli ja kostea ilma, aavikolla energiapohjainen lämpö ja lämmin tuuli ja lumisella vuorella kylmä tuuli ja kostea ilma. [14] Vaikka tässä tutkimuksessa käsitellään sääsimulaatiota ja staattista säätä, on näillä teknologioilla kuitenkin potentiaalia tulla käytetyiksi VR-peleissä ja sään dynaamisuuttakin olisi mahdollista kehittää, sillä simulaatiossa oli jo monia eri sääolosuhteita.

Tutkimuksessa oli 16 osallistujaa, ja heillä oli kahdeksan minuuttia peliaikaa kunkin VR-sovelluksen kohdalla. Tutkimus toteutettiin neljässä osassa, joista ensimmäisessä osallistujat pelasivat peliä ilman mitään haptista teknologiaa. Seuraavaksi osallistujat kokivat ohjainpohjaista haptiikkaa, kolmanneksi kaikkialla olevaa haptiikkaa ja viimeiseksi hybridi-haptiikkaa, eli ohjainpohjaisen ja kaikkialla olevan yhdistelmää. Tuloksista kävi ilmi, että osallistujat kokivat hybridi-haptisen palautteen olevan nautinnollisin, realistisin ja immersiivisin. Vaikka hybridi-haptinen palaute sai korkeimmat pisteet, eivät kaikkialla olevan haptiikan pisteet eronneet siitä merkittävästi. [14] Sääsimulaation kannalta tulokset olivat siis suotuisat ja haptiikan koettiin lisäävän immersiota VR-sääsimulaation kohdalla.

Uudempi artikkeli [16], joka jatkoi tuntoaistillisen palautteen tutkimista, käsittelee videon ympäristön muuttamista käyttäjälle kehoistilliseksi palautteeksi. Artikkelissa ei siis käsitellä pelejä, mutta videon ympäristöllä esiintyy dynaamista säätä. Immersion sijasta siinä käytetään termiä läsnäolo, mutta se on kuitenkin hyvin lähellä immersiota ja tekstissä viitataan myös immersiivisiin videoihin. [16] Vaikka artikkelin alustava tutkimus on tehty videoympäristöistä, olisi vastaavaa teknologiaa

mahdollista soveltaa VR-peleihin kuten edellisen tutkimuksen haptista teknologiaa käytettiin.

Alustavassa tutkimuksessa käytettiin älykästä tekstiilipukua nimeltä Teslasuit, jolla voidaan sähköstimulaation avulla tuottaa koko keholle haptista ja lämpöpalautetta. Teslasuitin avulla käyttäjälle on mahdollista simuloida tuntemuksia esimerkiksi vesi- ja lumisateesta, tuulesta ja lämmöstä. Näin käyttäjä voisi kokea videon ympäristön entistä immersivisempänä. Tämän tutkimista varten luotiin ohjelmistokehys AmbientTransfer, jonka tarkoituksena oli siirtää videossa esiintyvä sade käyttäjän keholle haptisena palautteena Teslasuitin avulla. Videossa esiintyi kevyttä sadetta, kohtalaista sadetta ja rankkasadetta, ja kahdeksan eri intensiteettitasoa avulla näitä pyrittiin simuloimaan luonnollisesti käyttäjälle. [16]

Alustavassa tutkimuksessa oli mukana 15 osallistujaa. Tutkimuksessa osallistujille esitettiin ensin video, jossa ei ollut ollenkaan haptista palautetta. Seuraavassa vaiheessa haptinen palaute jakautui tasaisesti kaikille ruumiinosille. Viimeisessä vaiheessa käytettiin dynaamista haptista palautetta, eli sateessa oli intensiteettivaihteita, ja se ei jakautunut tasaisesti koko keholle. Osallistujien arvioinneissa yleinen läsnäolo, tilallinen läsnäolo, osallistuminen ja koettu realismi arvioitiin parhaaksi dynaamisen haptisen palautteen toteutuksella, eli AmbientTransfer koettiin hyväksi. Erityisesti realismin kohdalla se arvioitiin vahvimmin mieluisaksi. Jokaisessa kategoriassa tasaisen haptisen palautteen toteutus sijoittui toiseksi. Videot, joissa ei ollut ollenkaan haptista palautetta saivat huonoimmat pisteet kaikista kategorioista.[16]

4.6 Semantiikan tasot

Virtuaalisen maailman täytyy ulkonäön lisäksi myös tuntua realistiselta, eikä se ole mahdollista, jos objektien kanssa ei voi olla vuorovaikutuksessa kuten oikeassa maailmassa. Virtuaalisten maailmojen semantiikka voidaan jakaa kolmeen tasoon, joista perustaso on objektit, joihin liittyy tiettyjä fyysisiä tai toiminnallisia ominaisuuksia.

sia. Korkeammalla tasolla ovat objektien väliset suhteet, kuten luokka, läheisyys ja yhteensopivuus. Korkeimmalla tasolla on kyse maailmanlaajuisesta semantiikasta, johon kuuluu aika, sää ja ilmasto. [8]

Semanttinen tieto maailmasta on hyödyllistä, kun suunnitellaan mukautuvia virtuaalisia maailmoja. Ne voivat mukautua maailmanlaajuisiin parametreihin tai kehittyä käyttäjien vuorovaikutuksen pohjalta. Säällä ja ajalla sekä muilla maailmanlaajuisilla parametreilla on paljon vaikutusta virtuaaliseen maailmaan ja sen esineisiin. Vuodenaikojen mukaan kasvien ja puiden ulkonäkö, mutta myös ominaisuudet muuttuvat. Kun on tietoa ilmaston tilasta, on mahdollista saada luotua realistisempi vaikutus. Tiettyjen kasvien on mahdollista kasvaa vain tietyissä ilmastoissa ja niillä on myös omat kasvusyklit, joita ne noudattavat. [8] Jos virtuaaliseen ympäristöön päätetään lisätä rikasta semanttista tietoa, tulee kuitenkin huomioida oudon laakson vaara. Jos kaikki muut esineet tuntuvat noudattavan realistisesti todellisen maailman sääntöjä, niin jonkun esineen vajavaiset ominaisuudet tai toiminnallisuudet voivat aiheuttaa negatiivisia tunteita käyttäjässä ja rikkoa immersion.

4.7 Pohdintaa

Monissa käsitellyistä tutkimuksista oli tarkasti eriteltyä saadut tulokset, mutta Chon ja Leen aivokäyttöliittymiin liittyvä tutkimus [17] on laadultaan muita heikompi, sillä tutkimustulokset esitellään huonosti. Se kuitenkin esittää mielenkiintoisen ajatuksen ja toimii Chenin, Soloveyn ja Smithin artikkelin [18] yhtenä lähdemateriaalina. Kaikki tutkimukset eivät olleet kooltaan yhtä laajoja, sillä toisissa osallistujamäärä oli jopa 40 ja toisissa vain kuusi. Myös pelien pelaamiseen käytetyt ajat vaihtelivat suuresti. Yhdessä tutkimuksista kunkin sovelluksen kohdalla oli 45 minuuttia peliaikaa, kun taas toisessa oli vain viisi minuuttia peliaikaa sovellusta kohden. Tutkimuksista on mahdollista tehdä huomio, että tutkimukset tarjosivat yleisesti immersiolle suotuisampia tuloksia dynaamisten sääjärjestelmien kohdalla.

Pitää kuitenkin ottaa huomioon, että artikkelien tekniikat erosivat toisistaan huomattavasti, joten tuloksia ei välttämättä ole mielekästä vertailla. Uskon, että aihe hyötyisi laajemmasta ja yhtenevämmästä tutkimuksesta, jolloin saataisiin yleistettävämpiä tuloksia.

Aiheesta löytyi melko vähän tutkimusta, mutta selvästi potentiaalia löytyisi moniin erilaisiin käyttökohteisiin. Eroavaisuuksistaan huolimatta lähes jokainen artikkeli korosti dynaamisten sääjärjestelmien tärkeyttä ja käyttäjien mieltymystä niihin. Chenin, Soloveyn ja Smithin tutkimus [18] liittyi visuaalisiin tehosteisiin kävelysimulaattorissa, mutta avoimessa palautteessa nousi esiin osallistujien mieltymys dynaamisiin sääjärjestelmiin. Tutunelin, Bidarran, Smelikin ja muiden artikkeli [8] semantiikasta korosti laajasti sääjärjestelmien tärkeyttä virtuaalisissa maailmoissa. Hyvin erilaisten aineistojen tulokset dynaamisten sääjärjestelmien tärkeydestä ja vaikutuksesta immersioon ovat niin positiivisia, että koen dynaamisten sääjärjestelmien lisäämisen peleihin olevan kannattavaa, vaikka se vaatisikin enemmän pelinkehitykseltä teknisesti.

Useampaa eriyvää tutkimusta yhdisti oudon laakson vaara. Toisissa artikkeleissa sitä ei käsitellä ollenkaan, mutta kaikki tutkimuksissa kehitetyt pelit kuitenkin pyrkivät realismiin, joten niihin liittyvät myös oudon laakson ongelmat. Aiheen voisi ottaa tulevaisuuden tutkimuksissa tarkempaan tarkkailuun, sillä tässä aineistossa sitä käsiteltiin lähinnä ohimennen. Jos tarkoituksena on lisätä immersiota dynaamisten sääjärjestelmien avulla, tulee immersiota rikkovista ja epämukavuutta aiheuttavista tekijöistä olla hyvä tuntemus.

Pattersonin ja Robertsin [15] tutkimuksessa keskityttiin tiedon välittämiseen pelaajalle dynaamisen sääjärjestelmän avulla ja Chenin, Soloveyn ja Smithin tutkimuksessa [18] visuaalisten tehosteiden avulla. Molempien tutkimusten tuloksissa ilmeni, että toimiakseen tällaisen ominaisuuden tulisi olla vapaavalintainen. Missään tutkimuksessa ei kuitenkaan kokeiltu tällaisen järjestelmän valinnaisuuden vaikutusta

immersioon. Näiden tulosten pohjalta uskoisin, että dynaamisia sääjärjestelmiä olisi mahdollista käyttää välittämään tietoa entistä paremmalla menestyksellä lisäämällä valinnaisuutta. Tästä olisi mahdollista tehdä jatkotutkimusta edellä mainittujen tutkimusten pohjalta tai ottaa asia huomioon aiheen laajemmassa tutkimuksessa.

5 Yhteenveto

Tämän tutkielman tavoitteena oli tutkia dynaamisia sääjärjestelmiä ja niiden vaikutusta immersioon videopeleissä. Esitetyt tutkimuskysymykset olivat, että vahvistavatko sääjärjestelmät immersiota virtuaalisissa ympäristöissä ja miten sääjärjestelmiä hyödynnetään peleissä. Aineistoksi valikoituneet artikkelit ja tukiartikkelit käsittelivät aihetta monesta näkökulmasta.

Kaikissa, joissa tutkittiin dynaamisia sääjärjestelmiä ja immersiota, oli kuitenkin yhtenevät tulokset siitä, että näillä sääjärjestelmillä on positiivinen vaikutus immersioon. Staattista ja dynaamista säätä vertailevissa tutkimuksissa dynaamisen sääjärjestelmän versiot koettiin miellyttävänä. Erityisesti Robertsinkin ja Pattisonin tutkimus [2], jossa vertailtiin vain sääjärjestelmien vaikutusta immersioon antoi selkeän tuloksen siitä, että dynaamisesta säästä pidetään yleisesti enemmän, vaikka yksittäisissä kategorioissa erot olivatkin pieniä. Muiden tutkimuksien tulokset tukevat tätä havaintoa. Monissa tutkimuksissa immersio ei tilastollisesti merkittävästi kasvanut dynaamisen sääjärjestelmän myötä. On kuitenkin huomattavaa, että jokaisen vertailevan tutkimuksen tuloksissa dynaamisia versioita suosittiin staattisen sään sijasta.

Sääjärjestelmiä hyödynnettiin monilla eri tavoilla videopeleissä. Dynaamisen sääjärjestelmän avulla todettiin olevan mahdollista välittää todellisesta maailmasta tietoa pelaajalle ilman, että immersio rikkoutuu. Aivokäyttöliittymien keräämää tietoa pelaajan tuntemuksista pystyttiin esittämään sääilmiöiden muutoksina FPS-

pelissä ja visuaalisina tehosteina kävelysimulaattorissa. Kaikissa näissä kuitenkin nousi esille, että monet pelaajat hakevat peleiltä pakoa todellisesta maailmasta, joten tällaisten ominaisuuksien tulisi olla vapaavalintaisia toimiakseen. VR-peleissä ja videoissa sääjärjestelmiä hyödynnettiin monipuolisemman haptiikan lisäämiseksi, millä pyrittiin myös immersion lisäämiseen. Erityisesti hybridi-haptinen järjestelmä koettiin immersiviseksi, mutta sääsimulaatiolle tärkeä kaikkialla oleva haptiikka ei eronnut siitä merkittävästi. Haptiikan koettiin siis selvästi lisäävän immersiota VR-sääsimulaatiossa. Näitä tuloksia tukee videoihin pohjaava tutkimus älykkään tekstiilipuvun tarjoamasta haptiikasta dynaamiseen säähän.

Maailmanlaajuinen semantiikka avasi sääjärjestelmien yleistä tärkeyttä ja korosti, että niillä on paljon vaikutusta virtuaaliseen maailmaan. Virtuaalisten esineiden ominaisuudet voivat riippua täysin dynaamisesta säästä ja rikas sääjärjestelmä voi auttaa saamaan pelistä realistisemman ja immersivisemmän.

Aiheesta esiintyi melko vähän tutkimusta ja usein jatkotutkimus ei käsitellyt enää immersiota tai videopelejä. Aihetta voitaisiinkin tutkia tulevaisuudessa perehtymällä siihen, miten realististen pelien dynaamisissa sääjärjestelmissä voitaisiin välttää outo laakso. VR:n ja haptiikan kannalta voitaisiin tutkia, että vaikuttaako dynaaminen sää merkittävästi haptiikkaa ja älykkäitä tekstiilipukuja hyödyntäviin VR-peleihin. Näiden lisäksi voitaisiin myös tutkia dynaamisten sääjärjestelmien mahdollisuutta välittää tietoa vapaavalintaisesti, ja sen vaikutusta immersion. Dynaamisten sääjärjestelmien vaikutusta immersion olisi mielekästä tutkia lisää, sillä tutkielmassa esitetyn kapean aineiston pohjalta vaikuttaisi ihmisillä olevan mieltymys dynaamiseen säähän.

Lähdeluettelo

- [1] M. Kämäräinen. ”The case of excessive realism in games”, PlayLab! Magazine. Section: Features. (1. elokuuta 2020), url: <https://www.tuni.fi/playlab/the-case-of-excessive-realism-in-games/> (viitattu 18.02.2024).
- [2] S. Roberts ja D. Patterson, ”Virtual weather systems: Measuring impact within videogame environments”, teoksessa *Proceedings of the Australasian Computer Science Week Multiconference*, Geelong Australia: ACM, 31. tammikuuta 2017, s. 1–7, ISBN: 978-1-4503-4768-6. DOI: 10.1145/3014812.3014878. (viitattu 18.02.2024).
- [3] J. E. Oliver, ”Weather”, teoksessa *Encyclopedia of World Climatology*, J. E. Oliver, toim., Dordrecht: Springer Netherlands, 2005, s. 805–805, ISBN: 978-1-4020-3266-0. DOI: 10.1007/1-4020-3266-8_225.
- [4] N. C. Nilsson, R. Nordahl ja S. Serafin, ”Immersion revisited: A review of existing definitions of immersion and their relation to different theories of presence”, *Human Technology*, vol. 12, nro 2, s. 108–134, 30. marraskuuta 2016, ISSN: 17956889. DOI: 10.17011/ht/urn.201611174652. (viitattu 03.03.2024).
- [5] J. H. Murray, *Hamlet on the holodeck : the future of narrative in cyberspace*. Cambridge, MA: MIT Press, 1998, Publication Title: Hamlet on the holodeck : the future of narrative in cyberspace, ISBN: 0-262-63187-3.
- [6] M. Mori, K. MacDorman ja N. Kageki, ”The uncanny valley [from the field]”, *IEEE Robotics & Automation Magazine*, vol. 19, nro 2, s. 98–100, kesä-

- kuu 2012, ISSN: 1070-9932. DOI: 10.1109/MRA.2012.2192811. (viitattu 09.04.2024).
- [7] F. Cafaro, L. Lyons, J. Roberts ja J. Radinsky, ”The uncanny valley of embodied interaction design”, teoksessa *Proceedings of the 2014 conference on Designing interactive systems*, Vancouver BC Canada: ACM, 21. kesäkuuta 2014, s. 1075–1078, ISBN: 978-1-4503-2902-6. DOI: 10.1145/2598510.2598593. (viitattu 17.03.2024).
- [8] T. Tutenel, R. Bidarra, R. M. Smelik ja K. J. D. Kraker, ”The role of semantics in games and simulations”, *Computers in Entertainment*, vol. 6, nro 4, s. 1–35, joulukuu 2008, ISSN: 1544-3574. DOI: 10.1145/1461999.1462009. (viitattu 18.02.2024).
- [9] M. Kallmann ja D. Thalmann, ”Modeling objects for interaction tasks”, teoksessa *Computer Animation and Simulation '98*, B. Arnaldi ja G. Hégron, toim., toim. W. Hansmann, W. T. Hewitt ja W. Purgathofer, Series Title: Eurographics, Vienna: Springer Vienna, 1999, s. 73–86, ISBN: 978-3-211-83257-8. DOI: 10.1007/978-3-7091-6375-7_6. (viitattu 09.04.2024).
- [10] C. Peters, S. Dobbyn, B. M. Nameee ja C. O’Sullivan, ”Smart objects for attentive agents”, teoksessa *WSCG 2003, the 11th International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision*, V. Skala, toim., Plzen, Czech Republic: UNION Agency - Science press, 2003.
- [11] J. Paavilainen, ”Defining playability of games: Functionality, usability, and gameplay”, teoksessa *Proceedings of the 23rd International Conference on Academic Mindtrek*, Tampere Finland: ACM, 29. tammikuuta 2020, s. 55–64, ISBN: 978-1-4503-7774-4. DOI: 10.1145/3377290.3377309. (viitattu 02.04.2024).
- [12] I. Wohlgenannt, A. Simons ja S. Stieglitz, ”Virtual reality”, *Business & Information Systems Engineering*, vol. 62, nro 5, s. 455–461, lokakuu 2020,

- ISSN: 2363-7005, 1867-0202. DOI: 10.1007/s12599-020-00658-9. (viitattu 12.03.2024).
- [13] M. Heinrich, B. H. Thomas, S. Mueller ja C. Sandor, ”An augmented reality weather system”, teoksessa *Proceedings of the 2008 International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, Yokohama Japan: ACM, 3. joulukuuta 2008, s. 170–173, ISBN: 978-1-60558-393-8. DOI: 10.1145/1501750.1501790. (viitattu 12.03.2024).
- [14] P.-H. Han, Y.-S. Chen, K.-C. Lee et al., ”Haptic around: Multiple tactile sensations for immersive environment and interaction in virtual reality”, teoksessa *Proceedings of the 24th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, Tokyo Japan: ACM, 28. marraskuuta 2018, s. 1–10, ISBN: 978-1-4503-6086-9. DOI: 10.1145/3281505.3281507. (viitattu 18.02.2024).
- [15] D. Patterson ja S. Roberts, ”Reality reaching into games - weather as a dynamic link to real-world streams of information”, teoksessa *Serious Games*, T. Marsh, M. Ma, M. F. Oliveira, J. Baalsrud Hauge ja S. Göbel, toim., vol. 9894, Series Title: Lecture Notes in Computer Science, Cham: Springer International Publishing, 2016, s. 169–180, ISBN: 978-3-319-45840-3. DOI: 10.1007/978-3-319-45841-0_16. (viitattu 18.02.2024).
- [16] X. Li, X. Chen, Y. Y. Chung ja Q. Qu, ”AmbientTransfer: Presence enhancement by converting video ambient to users’ somatosensory feedback”, teoksessa *2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, Christchurch, New Zealand: IEEE, maaliskuu 2022, s. 846–847, ISBN: 978-1-66548-402-2. DOI: 10.1109/VRW55335.2022.00274. (viitattu 18.02.2024).
- [17] O.-H. Cho ja W.-H. Lee, ”BCI sensor based environment changing system for immersion of 3d game”, *International Journal of Distributed Sensor Networks*,

vol. 10, nro 5, s. 620-391, 1. toukokuuta 2014, ISSN: 1550-1477. DOI: 10.1155/2014/620391. (viitattu 18.02.2024).

- [18] M. Chen, E. Solovey ja G. Smith, ”Impact of BCI-informed visual effect adaptation in a walking simulator”, teoksessa *Proceedings of the 18th International Conference on the Foundations of Digital Games*, Lisbon Portugal: ACM, 12. huhtikuuta 2023, s. 1–8, ISBN: 978-1-4503-9855-8. DOI: 10.1145/3582437.3582448. (viitattu 18.02.2024).