

Vesa Haaparanta

LAAJENNETTU TODELLISUUS LENTOKOULUTUKSESSA

Informaatioteknologian ja viestinnän tiedekunta

Kandidaatintyö

Huhtikuu 2023

TIIVISTELMÄ

Vesa Haaparanta: Laajennettu todellisuus lentokoulutuksessa
Tampereen yliopisto
Tieto- ja sähkötekniikan tutkinto-ohjelma, Tietotekniikka
Kandidaatintyö
Huhtikuu 2023

Tämän työn tavoitteena oli selvittää laajennetun todellisuuden sovelluksia lentokoulutuksessa. Työ toteutettiin kirjallisuuskatsauksena ja siinä käsitellään laajennetun todellisuuden ja lentokoulutussimulaattoreiden välistä yhteyttä. Tarkoituksena oli ymmärtää, miten laajennettua todellisuutta hyödynnetään lentokoulutuksessa nykyhetkellä ja tulevaisuudessa. Tämän työn avulla saamme paremman käsityksen lentokoulutuksen alasta, erityisesti simulaattoreiden roolista koulutuksessa. Lisäksi työssä tarkastellaan myös laajennetun todellisuuden eri muotoja ja niiden eroavuuksia.

Laajennettu todellisuus on yläkäsite, joka tässä työssä kattaa virtuaalitodellisuuden, sekoitetun todellisuuden ja lisätyn todellisuuden. Lisäksi kerrotaan, mitä nämä termit tarkoittavat ja kuinka niitä sovelletaan lentokoulutuksessa. Vaikka lentokoulutuksessa käytetään laajasti virtuaalitodellisuutta, tulevaisuudessa sekoitetun todellisuuden merkitys kasvaa. Sekoitetun todellisuuden etuna on, että lentäjät voivat nähdä omat kätensä ja muut ruumiinosat, ohjauslaitteet sekä mahdollisesti osan mittaristosta.

Simulaattoreita on hyödynnetty lentokoulutuksessa jo pitkään. Nämä simulaattorit ovat usein kookkaita ja kalliita. Laajennetun todellisuuden simulaattoreiden kustannukset ovat kuitenkin huomattavasti pienemmät, mikä mahdollistaa kustannustehokkaamman koulutuksen ja parantaa koulutuksen laatua. Laajennetun todellisuuden simulaattorit tarjoavat myös paremman immersio kokemuksen, jonka ansiosta lentokoulutusoppilaat oppivat tehokkaammin.

Avainsanat: Laajennettu todellisuus, lentokoulutus, MR, simulaattorit, virtuaalitodellisuus, XR

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
2.	TUTKIMUSMENETELMÄ	3
3.	LAAJENNETTU TODELLISUUS	4
3.1	Todellisuuksien määrittely tarkemmin	4
3.2	Sekoitetun todellisuuden helikopterisimulaattori	5
3.3	Laajennetun todellisuuden haasteet	6
3.4	Laajennetun todellisuuden tulevaisuus	7
4.	LENTOKOULUTUS.	8
4.1	Lentosimulaattorit lentäjien koulutuksessa	8
4.2	Lentokoulutuksen simulaattorit: FTSD	9
4.2.1	FFS	9
4.2.2	FTD	10
4.2.3	FNPT.	10
4.2.4	BITD	11
4.3	Kuluttajien simulaattorit	11
4.4	Lentokoulutuksen tulevaisuus	11
5.	KESKUSTELU	13
6.	YHTEENVETO	15
	LÄHTEET	17

LYHENTEET JA MERKINNÄT

AR	Augmented Reality, lisätty todellisuus
BITD	Basic Instrument Training Device, perusinstrumentti koulutuslaite
FFS	Full Flight Simulators, täysi lentosimulaattori
FNPT	Flight Navigation Procedures Trainer, lentosuunnanavigointiharjoituslaite
FSTD	Flight Simulation Training Device, lentosimulaatiolaite
FTD	Flight Training Device, lentosimulaattorit
HMD	Head Mounted Display, päähän kiinnitettävä näyttö
MR	Mixed Reality, sekoitettu todellisuus
VR	Virtual Reality, virtuaalitodellisuus
XR	Extended Reality, laajennettu todellisuus

1. JOHDANTO

Laajennettu todellisuus (Extended Reality, XR) on yhteisnimitys teknologioille, jotka yhdistävät digitaalisen ja fyysisen maailman uusin ja innovatiivisin tavoin. Laajennettu todellisuus kattaa virtuaalitodellisuuden (Virtual Reality, VR), lisätyn todellisuuden (Augmented Reality, AR) ja sekoitetun todellisuuden (Mixed Reality, MR) teknologiat. Näiden teknologioiden avulla käyttäjät voivat kokea ja vuorovaikuttaa virtuaalisten objektien ja ympäristöjen kanssa, jotka on sulautettu tai rinnakkain todellisen maailman kanssa. [3]

Laajennettu todellisuus avaa uusia mahdollisuuksia lentokoulutukseen tarjoten lentäjille mahdollisuuden harjoitella monimutkaisia lentotaitoja virtuaalisessa ympäristössä, mikä voi parantaa oppimistuloksia. Lisäksi se tarjoaa realistisen lentokokemuksen, joka vastaa todellista kokemusta, mutta ilman todellista riskiä. Käyttäen laajennettua todellisuutta voidaan luoda sekoitettu todellisuus, missä lentäjä istuu oikeassa ohjaamossa ja hänellä on käytettävissä kaikki oikeat lento instrumentit. Näkymä ikkunoissa on virtuaalisesta maailmasta ja kaikkiin ohjaamon näyttöihin viedään oikeaa tietoa virtuaalitodellisuudesta. Tämä mahdollistaa käytännön kokemusten saamisen ja palautteen saannin ilman todellisia turvallisuusriskejä. Tämä tutkielma käsittelee laajennettun todellisuuden tutkimusmenetelmiä, eri todellisuuksien määritelmiä, haasteita ja tulevaisuutta lentokoulutuksessa. [8]

Perinteinen lentokoulutus vaatii usein käytännön lentokokemuksen, mikä voi olla turvallisuusriski lentäjälle. Laajennettu todellisuuden teknologian hyödyntäminen lentokoulutuksessa vähentää kustannuksia, koska lentokouluttajien ei tarvitse käyttää todellisia lentokoneita ja lentäjät voivat harjoitella monimutkaisia lentotaitoja virtuaalisessa ympäristössä. Laajennettun todellisuuden avulla lentäjät voivat harjoitella erilaisia lentotilanteita, kuten hätätilanteita, ilman että heidän täytyy altistua todelliselle riskille. Laajennettu todellisuus teknologia mahdollistaa erilaisten sää-, välineistö- ja vikatilanteiden replikoinnin, jolloin lentäjät voivat harjoitella jokaista mahdollista tilannetta. Erilaisten olosuhteiden luominen nopeasti mahdollistaa koulutettavien opettamisen tehokkaammin ja paremmin. Tämä parantaa lentokoulutuksen turvallisuutta ja riskienhallintaa, mikä on erittäin tärkeää lentokoulutuksessa. Näin ollen, laajennettun todellisuuden hyödyntäminen lentokoulutuksessa voi johtaa entistä parempiin oppimistuloksiin, turvallisempaan ja kustannustehokkaampaan koulutusprosessiin. [9]

Luvussa 2 käydään läpi tutkimustulokset, kuinka tämän kirjallisuuskatsauksen tiedot on haettu, lajiteltu ja hyödynnetty. Luvussa kuvataan käytetyt hakumenetelmät, lähteiden arviointikriteerit ja tiedon käsittelyn vaiheet. Lisäksi luvussa tarkastellaan, kuinka valittujen lähteiden relevanssi ja luotettavuus varmistettiin, sekä kuinka eri lähteistä saatu tieto yhdistettiin johdonmukaiseksi kokonaisuudeksi.

Tutkielman luvussa 3 esitellään laajennettua todellisuutta laajemmin. Luvussa käsitellään erilaisten todellisuuksien ominaisuuksia ja määritelmiä. Käymme myös lyhyesti läpi eri tapoja, kuinka sekoitettu todellisuus luodaan käyttäen työkaluja. Tämän jälkeen tarkastellaan laajennetun todellisuuden haasteita ja pohditaan tulevaisuutta.

Tutkielman seuraavassa luvussa 4 käsitellään lentokoulutusta. Tutkitaan, miksi lentokoulutuksessa käytetään runsaasti simulaattoreita, sekä pohditaan lentokoulutuksen että laajennetun todellisuuden tulevaisuutta. Lisäksi mietitään nykyisen ja menneisyyden lentokoulutuksen haasteita.

Luvussa 5 käydään keskustelua aiheesta yleisesti ja sen tulevaisuudesta. Luvussa pohditaan laajennetun todellisuuden ja lentokoulutuksen kehityssuuntia, sekä teknologian ja koulutusmenetelmien välistä vuorovaikutusta. Keskustelu kattaa myös mahdolliset eettiset, yhteiskunnalliset ja ympäristöön liittyvät kysymykset, jotka voivat vaikuttaa laajennetun todellisuuden ja lentokoulutuksen tulevaisuuteen. Lopuksi luvussa esitetään suosituksia tutkimusaiheen jatkotyölle ja käytännön sovelluksille.

Viimeisessä luvussa 6 tarkastellaan yhteenvedossa, mitä saimme selville edellisissä kolmessa luvussa, ja pohditaan lisäksi avoimesti aiheeseen liittyviä kysymyksiä. Luvussa käydään läpi tutkielman pääkohdat, ja esitetään, kuinka laajennettu todellisuus voi vaikuttaa lentokoulutukseen sekä millaisia mahdollisuuksia ja haasteita se tarjoaa.

2. TUTKIMUSMENETELMÄ

Tämä tutkielma toteutettiin kirjallisuuskatsauksena,, joka pohjautui aikaisemmin julkaistuun tutkimukseen. Lähdeaineostoa kerättiin Tampereen yliopiston Andor, ACM Digital Library ja Google Scholar tietokannoista. Hakusanoina käytettiin termejä "XR", "VR", "MR", "AR", "HMD", "Simulator", "Flight Simulator"ja "Varjo. Lisäksi käytettiin hakusanojen yhdistelmiä, jokerimerkkejä, AND- ja OR-liitoksia. Hakulauseita käyttämällä saatiin kattavampi ja tarkempi hakutulos.

Ensimmäisessä vaiheessa lähteitä etsittiin Andor-tietokannasta, josta löytyi hakusanoilla hyvin tuloksia. Lähdeaineiston tarkempi rajaus suoritettiin otsikoiden ja tiivistelmien avulla. Aineiston laajentamiseksi käytettiin myös Google Scholar-tietokantaa.

Löydetyt lähteet tallennettiin Excel-tiedostoon, jonka avulla niiden luotettavuus tarkistettiin Andor-palvelun avulla tai lähdekriittisyyttä käyttäen. Lähteistä laadittiin myös lyhyet tiivistelmät, jotka autoivat järjestämään tärkeät tiedot tehokkaasti ja erottamaan olennaiset tiedot lähteistä. Näin ollen oikean lähteen löytäminen ja käyttäminen tutkielman kirjoittamisessa oli helppoa.

3. LAAJENNETTU TODELLISUUS

Laajennettu todellisuus on yläkäsite, joka sisältää virtuaalitodellisuuden, lisätyn todellisuuden ja sekoitetun todellisuuden. Näitä teknologioita käytetään yhdistämään digitaalinen ja fyysinen maailma tarjoten uusia käyttökokemuksia ja sovelluksia eri aloilla. Vaikka laajennettu todellisuuden teknologia ovat lupaavia, ne tuovat mukanaan eettisiä, sosiaalisia, saavutettavuuteen ja tasapuolisuuteen liittyviä haasteita, sekä yksityisyyteen ja turvallisuuteen liittyviä huolenaiheita. Laajennetun todellisuuden ennustetaan kuitenkin kasvavan nopeasti ja muuttavan tapaa, jolla yritykset ja kuluttajat ovat yhteydessä toisiinsa eri toimialoilla.

3.1 Todellisuuksien määrittely tarkemmin

Laajennettu todellisuus on yleisnimitys, joka kattaa erilaiset todellisuuden laajennetut kokemukset, kuten virtuaalitodellisuuden, lisätyn todellisuuden ja sekoitetun todellisuuden [4]. Nämä teknologiat yhdistävät digitaalisen ja fyysisen maailman eri tavoin tarjoten uudenlaisia käyttökokemuksia ja sovelluksia.

Virtuaalitodellisuus on immerstiivinen teknologia, joka luo keinotekoisien ympäristöiden käyttäjälle. Käyttäjä kokee täysin digitaalisen maailman, joka on eristetty ulkoisista aistimuksista, ja interaktio tapahtuu usein laajennettuun todellisuuden laitteiden, kuten käsiohjainten ja liiketunnistimien, avulla [4]. Virtuaalista todellisuutta hyödynnetään esimerkiksi peliteollisuudessa, koulutuksessa ja simulaatioissa.

Lisätty todellisuus puolestaan yhdistää digitaalisia elementtejä ja tietoja käyttäjän todelliseen ympäristöön reaaliajassa [4]. Todellisuudessa käyttäjä avulla käyttäjä voi esimerkiksi nähdä lisätietoja esineistä tai paikoista älypuhelimien kameranäkymän tai lisätyn todellisuuden lasien avulla. Lisätyn todellisuuden teknologiaa käytetään muun muassa markkinoinnissa, koulutuksessa ja navigoinnissa.

Sekoitettu todellisuus on edistyneempi yhdistelmä virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden ominaisuuksia. Todellisuudessa digitaaliset ja fyysiset objektit voivat olla vuorovaikutuksessa keskenään, ja käyttäjä voi manipuloida niitä reaaliajassa. Sekoitetun todellisuuden teknologiaa sovelletaan esimerkiksi suunnittelussa, teollisuudessa ja terveydenhuollossa. [3]

3.2 Sekoitetun todellisuuden helikopterisimulaattori

Sekoitettua todellisuutta voidaan hyödyntää helikopterisimulaattorissa, käyttämällä esimerkiksi Varjo XR-3 virtuaalilaseja (Kuva 3.1) [13]. Helikopterisimulaattorin avulla lentäjät voivat harjoitella helikopterin lentämistä erilaisissa olosuhteissa ja tilanteissa turvallisesti maan pinnalta käsin [10].



Kuva 3.1. Varjo XR-3 laajennetun todellisuuden lasit (c)Varjo [13]

Helikopterisimulaattorin kehittämisessä on hyödynnetty XR-3 laitteen korkeaa resoluutiota ja laajaa näkökenttää, joka tarjoaa lentäjille mahdollisuuden uppoutua virtuaalimaailmaan ja nähdä ympäristön objektin entistä tarkemmin. Lasien läpivientikamerat auttavat myös vangitsemaan todellisen maailman elementtejä, kuten fyysiset ohjaimet ja mittarit, ja yhdistämään ne virtuaalimaailmaan. [10]

Fyysinen ohjaamo on simulaattorin tärkeä elementti, johon sijoitetaan helikopterin fyysiset ohjauslaitteet ja mittaristot, jotka näyttävät simulaattorin tietoja. Virtuaaliympäristö on luotu käyttämällä VBS Blue IG:n - ohjelmistoalustaa, joka tarjoaa edistyneen integroinnin sekoitetun todellisuuden teknologiaan [7]. Tämä mahdollistaa korkealaatuisen virtuaaliympäristön luomisen, joka vastaa todellista ympäristöä ja antaa lentäjille mahdollisuuden harjoitella erilaisissa tilanteissa.

Simulaattorin kehittämisessä on hyödynnetty XR-3:n videon läpikulkutekniikkaa, joka mahdollistaa todellisen maailman elementtien vangitsemisen ja niiden yhdistämisen virtuaali-maailmaan. Tämä tekniikka luo erittäin aidon tunteen lentäjille, sillä he voivat havainnol-listaa, kuinka virtuaalimaailman elementit vaikuttavat todelliseen ympäristöön. [7]

Dynaaminen maski on luotu ohjelmointialustalla vastaamaan todellisen maailman esi-neiden, kuten lentokoneen ohjaamon, muotoa [7]. Tämä maski luo portaalin todellisen maailman ja virtuaalimaailman välille, mikä antaa lentäjille mahdollisuuden uppoutua vir-tuaalimaailmaan entistäkin aidommin. Maski mahdollistaa lentäjille todellisen ympäristön tarkkailun ja auttaa heitä havainnollistamaan, kuinka virtuaalimaailman elementit toimivat todellisessa ympäristössä.

3.3 Laajennetun todellisuuden haasteet

Laajennetun todellisuuden teknologia tuovat mukanaan erilaisia vaikeuksia ja haastei-ta. Jotkut XR-teknologioiden keskeiset ongelmat voidaan ryhmitellä kolmeen laajempaan luokkaan: eettiset ja sosiaaliset huolenaiheet, saavutettavuus ja tasapuolisuus sekä yksi-tyisyys ja turvallisuus.

Eettiset ja sosiaaliset huolenaiheet ovat seuraavat. Selkeiden säännösten puute: XR-teknologiat edistyvät nopeammin kuin oikeusjärjestelmät, joten tämä johtaa epäselvään ymmärrykseen siitä, mikä on ja mikä ei ole hyväksyttävää virtuaaliympäristöissä ja niiden lainkäyttöalueella. [6]. Virtuaaliset teot ja rikokset: Sen määrittäminen, voidaanko virtuaa-lista tekoa pitää rikoksena, on monimutkainen kysymys. Esimerkiksi jos henkilö hyökkää toisen ihmisen kimppuun virtuaaliympäristössä, pitäisikö se käsitellä rikoksena, varsinkin jos uhri kokee realistisia tuntemuksia haptisten pukujen takia [6]? Tämä herättää moni-mutkaisia moraalisia ja juridisia kysymyksiä, joihin vastaaminen on haastavaa.

Saavutettavuuden ja tasapuolisuuden haasteet ovat seuraavat. Kustannukset ja sosiaa-liset jaot: XR-laitteiston kustannukset voivat rajata tuloluokkia pois, mikä pahentaa ole-massa olevia sosiaalisia jakoja ja tuloeroja. Jos XR-teknologioiden koulutukselliset ja yh-teiskunnalliset hyödyt eivät ole kaikkien saatavilla, voi sosiaalinen liikkuvuus huonontua. [6]

Henkilötietoja koskevat huolenaiheet. XR-tekniikat voivat kerätä erittäin henkilökohtaisia ja arkaluontoisia tietoja, kuten katseenseurantatietoja. Nämä tiedot voivat paljastaa tie-dostamattomia mieltymyksiä, ajatuksia ja jopa seksuaalista suuntautumista, mikä lisää yksityisyyttä koskevia huolenaiheita [6].

Terveysteen liittyvät liittyvä haasteita ovat seuraavat. XR:n jälkeinen pahoinvointi: Jotkut käyttäjät kokevat pahoinvointia, huimausta ja sekavuutta viettäessään aikaa XR:ssä. Nä-mä oireet voivat kestää jopa viikon joissakin tapauksissa [6]. Näihin haasteisiin vastaami-seksi voi olla tarpeen laatia XR-teknologioiden maailmanlaajuiset käytännösäännöt, jot-

ka ovat samanlaisia kuin nykyiset tekoälyn käytännesäännöt [6]. Organisaatioiden tulee myös olla ennakoivia varmistaessaan vastuullisen ja eettisen XR-kokemuksen.

3.4 Laajennetun todellisuuden tulevaisuus

Laajennetun todellisuuden tulevaisuus on lupaava kasvun ja uusien sovelluskohteiden osalta. Globaalien markkinoiden koko on 31 miljardia dollaria vuonna 2021 ja sen odotetaan, odotetaan kasvavan 300 miljardiin dollariin vuoteen 2024 mennessä [4]. Koronapandemia nopeutti laajennetun todellisuuden esiintuloa verkkokaupassa, vähittäiskaupassa, terveydenhuollossa ja viihteessä, mikä on lisännyt kuluttajien kysyntää laadukkaampaan ja interaktiivisempaan sisältöön. [5].

Laajennetun todellisuuden tekniikat mahdollistavat uusien käyttökokemusten syntymisen. Esimerkiksi viihdeteollisuus on käyttänyt laajennetun todellisuuden tekniikkaa fanikokemusten uudelleenkehittämiseen, kuten live-suoratoistoon Oculus VR lasella tai grafiikan lisääminen lisätyn todellisuuden avulla tärkeimpiin urheilulajeihin. [5].

XR muuttaa myös muiden toimialojen toimintaa. Autoteollisuudessa autoyritykset hyödyntävät XR-tekniikkaa suunnittelun luomisessa ja uusien ajoneuvolinjojen yhteistyössä [4]. Terveydenhuollossa organisaatiot, kuten Mayo Clinic, käyttävät XR:ää interaktiivisten preoperatiivisten suunnitelmien luomiseen, leikkausten avustamiseen ja leikkausryhmien kouluttamiseen [4]. Rakennusalalla yritykset varustavat asennusryhmänsä AR-lasella tehostaakseen kehystys- ja johdotusasennusten nopeutta ja laatua [4].

XR-tekniikat tarjoavat yrityksille monia etuja, kuten tehostetun tiimityön ja viestinnän, jolloin tiimit voivat olla vuorovaikutuksessa jaetuissa virtuaalisissa tiloissa [4]. Näiden tekniikoiden avulla yritykset voivat myös parantaa tuotesuunnittelua ja kehitysprosesseja tarjoamalla realistisempia ja mukaansatempaavampia kokemuksia [4]. Lisäksi XR-tekniikat voivat lisätä asiakkaiden sitoutumista ja tyytyväisyyttä, kun kuluttajat pääsevät vuorovaikutukseen tuotteiden kanssa uusilla ja innovatiivisilla tavoilla [5]. Innovatiiviset virtuaalisovellukset, antavat kuluttajille mahdollisuuden "kokeilla ennen ostamista", vahvistaa ostopäätöksen tekemistä ja brändiuskollisuutta [5].

4. LENTOKOULUTUS

Lentokoulutus varmistaa lentäjien pätevyyden ja valmiuden ilmailualan haasteisiin. Se kehittää paitsi teknisiä taitoja ja tietoja, myös kriittistä ajattelua, päätöksentekoa, stressinhallintaa ja ryhmätyötaitoja. Koulutus perustuu teoreettiseen opetukseen, jossa opiskelijat oppivat ilmailun fysiikan, aerodynamiikan, meteorologian, avioniikkajärjestelmät ja ilmailulainsäädännön perusteet. Tämä teoreettinen pohja auttaa ymmärtämään lentämisen periaatteet ja soveltamaan niitä käytännön lentokoulutuksessa. Käytännön lentokoulutus sisältää lentosimulaattorikoulutusta ja lentotunteja kokeneen lentäjän ohjauksessa. Opiskelijat saavat kokemusta erilaisista lentokoneista ja suorittavat erilaisia lentotehtäviä, kuten nousuja, laskuja, navigointia ja hätätilanteiden hallintaa. Lentosimulaattorit ovat tärkeitä koulutusvälineitä, joita käytetään useisiin eri tarkoituksiin. Ne auttavat kehittämään taitoja valvotussa ympäristössä, vähentävät onnettomuusriskiä ja antavat mahdollisuuden harjoitella erilaisia skenaarioita ilman todellisiin lentoihin liittyviä riskejä. Lentokoulutuksen sisältö ja kesto vaihtelevat koulutustason ja tavoitteiden mukaan.

4.1 Lentosimulaattorit lentäjien koulutuksessa

Lentokoulutussimulaattorit ovat merkittäviä koulutusvälineitä lentäjien kouluttamisessa monestakin syystä. Ensinnäkin, simulaattoriharjoitukset mahdollistavat lentäjien harjoittelun turvallisessa ja valvotussa ympäristössä, mikä vähentää onnettomuusriskiä tai lentokoneiden vaurioitumista. [12].

Monet lentosimulaattorit ovat varustettu hydraulikalla, joka jäljittelee ohjaamon liikkeitä ja antaa opiskelijoille mahdollisuuden harjoitella diagnostiikkaa ja vianetsintää aidon lentokoneen kaltaisissa tilanteissa [12]. Lisäksi simulaattoriharjoitukset altistavat lentäjät erilaisiin sääolosuhteisiin ja lentotilanteisiin, kuten sateeseen, tuuleen tai lumisateeseen, mikä edistää monipuolista koulutusta.

Lentosimulaattorit tarjoavat myös mahdollisuuden harjoitella lentohätätilanteita, joita voidaan luoda uudelleen simulaattorilla [12]. Tämä auttaa lentäjiä tunnistamaan, arvioimaan ja reagoimaan kiireellisiin tilanteisiin ilman todellista vaaraa.

Simulaattoriharjoitukset tarjoavat stressittömän oppimisympäristön, jossa opiskelijat voivat keskittyä koulutukseen ilman huolta siitä, että he ovat vastuussa varsinaisesta lento-

koneesta. Tämä auttaa opiskelijoita oppimaan tehokkaammin virheistään. [12]

4.2 Lentokoulutuksen simulaattorit: FTSD

Lentokoulutussimulaatiolaite (Flight Simulation Training Device, FSTD) käsite kattaa erityyppiset simulaattorit, joista kukin on suunniteltu erilaisiin koulutustarpeisiin. Näitä ovat esimerkiksi täyden lennon lentosimulaattorit (Full Flight Simulator, FFS), lentosimulaattorit (Flight Training Device, FTD), lentonavigointisimulaattori (Flight Navigation Procedures Trainer, FNPT) ja Perusinstrumentti koulutuslaite (Basic Instrument Training Device, BITD). Seuraavissa kappaleissa käsitellään kyseisiä simulaattoreita tarkemmin.

4.2.1 FFS

FFS on täysikokoinen jäljitelmä tietyn lentokoneen tyyppin, mallin ja sarjan ohjaamosta, joka sisältää kaikki tarvittavat laitteet ja tietokoneohjelmistot lentokoneen maassa ja ilmassa tapahtuvien toimintojen kuvaamiseksi. Lisäksi FFS sisältää visuaalisen järjestelmän, joka tarjoaa näkymän ohjaamon ulkopuolelle, sekä voimaa välittävän hydraulikkajärjestelmän [1]. Yleiset tekniset vaatimukset jakautuvat neljään tasoon:

A-taso: Alin teknisen monimutkaisuuden taso, joka sisältää suljetun, täysikokoisen lentokoneen ohjaamon, opettajan aseman, sekä perusliike-, visuaalis- ja äänijärjestelmät. Simulatorin pitää näyttää vähintään 45 asteen vaakasuoran ja 30 asteen pystysuoran näkökentän molemmille lentäjälle. [1]

B-taso: Sisältää kaiken A-tasolta ja todentamislentokokeiden tulokset lentosuorituskyvyn ja järjestelmien ominaisuuksien perustana sekä maakäsittelyn ja aerodynamiikan ohjelmoinnin, joka perustuu todentamislentokokeiden tuloksiin. [1]

C-taso: Toiseksi korkein teknisen tarkkuuden taso, joka sisältää kaiken B-tasolta sekä päivänvalo-, hämärä- ja yövisualisointijärjestelmät, kuuden vapausasteen liikejärjestelmän, äänisimulaation, joka sisältää sateen äänet ja muut merkittävät lentokoneen äänet, sekä tuulen simulaation. [1]

D-taso: Korkein teknisen tarkkuuden taso, joka sisältää kaiken C-tasolta sekä laajennetun joukon ääni- ja liikepuskuritestauksia. [1]

Näiden tasojen avulla lentosimulaattoreiden käyttäjät voivat valita sopivan teknisen monimutkaisuuden tason koulutustarpeisiinsa ja varmistaa, että simulaattori tarjoaa realistisen lentokokemuksen, joka täyttää vaaditut testit ja standardit.

4.2.2 FTD

FTD on täysikokoinen jäljitelmä tietyn lentokoneen mittareista, laitteista, paneeleista ja ohjaimista joko avoimessa ohjaamossa tai suljetussa lentokoneen ohjaamossa. Se sisältää tarvittavat laitteet ja tietokoneohjelmistot, jotka kuvaavat lentokoneen toimintaa maassa ja ilmassa laitteeseen asennettujen järjestelmien mukaisesti [1]. FTD ei vaadi voimaa välittävää liikettä tai visuaalista järjestelmää. FTD:t voidaan jakaa kahteen eri tasoon, joihin kuuluvat:

Ensimmäinen taso: Tiettyyn lentokonetyyppiin erikoistunut simulaattori, jossa ainakin yksi järjestelmä on täysin toteutettuna. Ohjaamo voi olla suljettu tai avoin, ja koulutusorganisaatio päättää, mitkä järjestelmät simuloidaan. Simuloidun järjestelmän tulee noudattaa kyseisen järjestelmän kannalta merkityksellisiä subjektiivisia ja objektiivisia testejä. [1]

Toinen taso: Tiettyyn lentokonetyyppiin erikoistunut laite, jossa kaikki soveltuvat järjestelmät ovat täysin toteutettuna. Sisältää suljetun ohjaamon ja opettajan aseman. Lentodynamiikka pitää vastata yleisesti oikeaan lentodynamiikkaa. Peruslentosäätimet ohjaavat lentoreittiä ja peilaavat lentokoneen ohjausominaisuuksia. Tässä tasossa simulaattoriin kuuluu myös ilmasto-olosuhteiden säätely ja navigointitietokanta, joka on riittävä simuloidun lentokoneen järjestelmien tukemiseen. [1]

4.2.3 FNPT

FNPT on koulutusväline, joka kuvaa lentokoneen ohjaamon ympäristöä ja sisältää tarvittavat laitteet ja tietokoneohjelmat lentokoneen tai lentokoneiden luokan lentotoimintojen kuvaamiseksi siten, että järjestelmät vaikuttavat toimivan kuin oikeassa lentokoneessa [1]. FNPT on jaettu kahteen tasoon, joilla on eri ominaisuudet ja monimutkaisuus.

FNPT tyyppi I: Perustason laite, joka tarjoaa suljetun ohjaamon ja opettajan aseman sekä simulaation lentokoneen aerodynaamisista muutoksista. Sisältää vähintään viiden eri Euroopan lentokentän navigointitiedot ja sakkauksen tunnistuslaitteen. Tämä taso sopii peruslentokoulutukseen ja navigointimenetelmien harjoitteluun. [1]

FNPT tyyppi II: Laajennettu taso, joka sisältää kaiken tyyppi I -laitteesta sekä lisäominaisuuksia, kuten suljetun ohjaamon, säädettävät miehistön istuimet, toimivat sulakkeet ja aerodynaamisen mallinnuksen, joka heijastaa ilmastomuutosten vaikutuksia ja kääntymisestä aiheutuvaa momenttia. Tämä taso sopii monipuolisempaan lentokoulutukseen ja edistyneempiin navigointimenettelyihin. [1]

4.2.4 BITD

BITD on koulutuslaite, joka keskittyy lentämisen perusteisiin. Se käyttää näyttöön perustuvia mittaripaneelleja ja jousikuormitteisia lentohallintalaitteita, tarjoten koulutuslun vähintään instrumenttilennon menettelyjen opiskeluun. [1]

Pitää sisältää vähintään seuraavat asiat. Opettajalle näkymä paneeleihin, lentokoneen suorituskyky ja ohjaus edustettuina. IFR-lentojen navigointi- ja kommunikaatiolaitteet, kolmen lentokentän tiedot ja säännölliset päivitykset, moottoriääni, opettajan säätömahdollisuudet ja sakkauksen tunnistin. [1] BITD tarjoaa perustason koulutuslun instrumenttilentotaitojen kehittämiseen ja on hyvä vaihtoehto organisaatioille, jotka tarvitsevat yksinkertaisemman laitteen instrumenttikoulutukseen.

4.3 Kuluttajien simulaattorit

Kuluttajille on suunnattu tietokonepohjaisia lentosimulaattoreita, jotka ovat edullisempia ja helpommin lähestyttäviä vaihtoehtoja harrastajille ja lentäjiksi pyrkiville. Simulaattorit voivat vaihdella perusmalleista aina liikettä ja hallintalaitteita jäljitteleviin sovelluksiin. Esimerkkejä suosituista PC-pohjaisista lentosimulaattoreista ovat Microsoft Flight Simulator (2022) ja X-Plane 12. [11]

4.4 Lentokoulutuksen tulevaisuus

Euroopan unionin lentoturvallisuusvirasto EASA on hyväksynyt ensimmäisen virtuaalitodellisuus pohjaisen FSTD-laitteen vuonna 2021 [2]. Tämä toimii ennakkotapauksena kaikille muille laajennettuun todellisuuteen perustuviin simulaattoreille. Euroopan unionin lentoturvallisuusvirasto suoritti ennen tätä koulutusarviointiohjelman. Ohjelmassa VR-konseptin soveltuvuus koulutustarkoituksiin vahvistettiin pilottiarviointiohjelman avulla, johon osallistuivat teollisuuden ammattilaiset ja ilmailuviranomaiset [2]. Tämä arviointi vahvisti VR-konseptin tehokkuuden koulutustilanteissa, kuten autorotaatiossa, leijumisessa ja rinteeseen laskeutumisessa. Näiden laitteen avulla lentäjät voivat harjoitella riskialttiita toimintoja turvallisesti virtuaaliympäristössä ja käsitellä merkittäviä riskialueita roottorialusten toiminnassa.

Viime vuosina tekniikan kehitys on vaikuttanut merkittävästi lentokoulutukseen. Esimerkiksi lentosimulaattorit ovat muuttuneet realistisemmiksi ja monipuolisemmiksi antaen lentäjille mahdollisuuden harjoitella monenlaisia tilanteita ja olosuhteita turvallisessa ympäristössä. Lisätyn todellisuuden tekniikat, ovat myös alkaneet mullistaa lentokoulutusta tarjoamalla mukaansatempaavia ja interaktiivisia oppimiskokemuksia. Näillä teknologioilla tulevaisuuden lentokoulutus voi tarjota entistä tehokkaampia ja joustavampia oppimiskokemuksia, jotka vastaavat sekä opiskelijoiden että ilmailualan muuttuviin tarpeisiin. Perin-

teisiä ja uusia opetusmenetelmiä yhdistämällä lentokoulutus voi kehittyä edelleen ja varmistaa, että tulevat lentäjät ovat valmiita kohtaamaan ilmailualan haasteet turvallisesti ja tehokkaasti. [3]

Yhteenvedona voidaan todeta, että lentokoulutussimulaattoreiden tulevaisuus laajennuksessa todellisuudessa edellyttää virtuaalitodellisuuden ja sekoitetun todellisuuden integroimista, innovatiivisten koulutuslaitteiden hyväksymistä ja käyttöönottoa. Näillä edistysaskelilla pyritään tarjoamaan lentäjille tehokkaita, immersiiivisiä ja kustannustehokkaita koulutusratkaisuja, jotta voidaan vastata ilmailun turvallisten ja tehokkaiden koulutusmenetelmien kasvavaan kysyntään.

5. KESKUSTELU

Lentokoulutus on ala, joka on hyödyntänyt erilaisia simulaattoreita jo pitkän aikaa. Kirjallisuuskatsauksen mukaan lentokoulutukseen on alettu yhä enemmän sisällyttää laajennetun todellisuuden sovelluksia, kuten virtuaalista todellisuutta, sekä lisättyä ja sekoitettua todellisuutta. Tutkimukset osoittavat, että laajennetun todellisuuden käyttö lisää oppimisen immersiota ja parantaa koulutustuloksia. Tämän vuoksi lentoyhtiöt ovat siirtymässä kohti laajennetun todellisuuden hyödyntämistä nykyisessä ja tulevassa lentokoulutuksessa.

Lentokoulutuksen tärkeänä tavoitteena on opettaa tuleville lentäjille oikeat toimintatavat sekä normaaleissa että poikkeuksellisissa lentotilanteissa, kuten kriittisen osan rikkoutumisen tai huonon säätilan aikana. Tilanteita voidaan harjoitella turvallisesti vain simulaattoreissa, sillä todellisilla lentokoneilla harjoittelu voisi vaarantaa ihmishenkiä. Simulaattorikoulutuksen merkitys on niin suuri, että osa simulaattorilla suoritetuista tunneista voidaan laskea lentotunteihin, jotka kuvaavat lentäjän kokemusta.

Vaikka lentokoulutussimulaattorit ovat usein kalliita, virtuaalitodellisuuslasit ovat edullisempi vaihtoehto verrattuna kokonaisen lentokoneen ohjaamon rakentamiseen. Virtuaali maailmassa ohjaamon mallinnus ja ohjelmointi on tehtävä vain kerran. Lisäksi virtuaalitodellisuudessa on mahdollista vaihtaa ohjaamosta toiseen, toisin kuin perinteisessä lentokoulutussimulaattorissa, joka on yleensä suunniteltu vain yhtä lentokonemallia varten eikä sitä voi helposti muuttaa toiseen malliin. Laajennetun todellisuuden sovellukset, kuten virtuaalitodellisuuslasit, tarjoavat siis monia etuja perinteisiin lentokoulutussimulaattoreihin verrattuna. Ne ovat edullisempia, joustavampia ja mahdollistavat entistä immersioivemmän oppimiskokemuksen lentokoulutuksessa.

Laajennetun todellisuuden teknologiat ovat tulevaisuuden suunta, joka voi mullistaa koulutuksen ja simulaattorien käytön. Näiden teknologioiden avulla voidaan vähentää koulutuksen kustannuksia ja resurssien tarvetta, tehden paremmasta opiskelusta saatavilla useammille ihmisille. Lisäksi laajennetun todellisuuden sovellusten yleistyessä ja kehityessä niiden hinta todennäköisesti laskee entisestään. Tämä edistää niiden yleistymistä ja tekee laajennetun todellisuuden työvälineistä entistä houkuttelevampia eri alojen koulutuksessa.

Tulevaisuudessa lentokoulutuksessa on odotettavissa, että laajennetun todellisuuden so-

velluksia hyödynnetään yhä enemmän erilaisissa koulutusmuodoissa. Tämä voi ulottua perinteisistä ammatillisista koulutuksista aina korkeakouluopintoihin ja erikoistumiskoulutuksiin saakka. Laajennetun todellisuuden teknologiat voivat tarjota entistä immersiiivempää ja tehokkaampia oppimiskokemuksia, jotka edistävät opiskelijoiden motivaatiota, ymmärrystä ja osaamista. Esimerkiksi haptiset laitteet, jotka simuloivat fyysisiä tuntemuksia, kuten painetta ja vastusta, voisivat parantaa oppimiskokemusta ja tarjota lentäjille vielä realistisemmän tuntuman lentokoneen hallintaan. Samalla virtuaalitodellisuuden ja tekoälyn kehitys voi avata uusia mahdollisuuksia lentokoulutukselle, kuten entistä interaktiivisemmat ja henkilökohtaisemmat oppimistavat.

HMD-tuotteet, kuten virtuaali-, sekoitetun- ja lisätyn todellisuuden lasit, ovat kehittyneet huomasti viime vuosien aikana. Tämä kehitys on ollut erityisen nopeaa näyttöjen tarkkuuden ja virkistystaajuuksien osalta, mikä on parantanut käyttökokemusta huomattavasti ja mahdollistanut entistä immersiiivisemmät kokemukset. Nykyiset huippuluokan HMD-laitteet tarjoavat yli 3K resoluution per silmä, mikä tarkoittaa, että kuvanlaatu on yhä lähempänä ihmisen silmän luontaisia resoluutiokykyjä. Samanaikaisesti virkistystaajuudet ovat kasvaneet jopa 120 hertsiin, mikä vähentää viiveitä ja parantaa kuvan sulavuutta, tehostaen näin käyttäjien kokemaa immersiota. Teknologian jatkuva kehittyminen tarkoittaa, että tulevaisuudessa voimme odottaa entistä korkeampia resoluutioita ja virkistystaajuuksia, jotka takaavat vieläkin aidomman ja mukaansatempaavamman virtuaalisen kokemuksen. Tämä on erityisen tärkeää koulutussovelluksille, joissa eläväiset ja uskottavat simulaatiot voivat auttaa oppijoita ymmärtämään paremmin eri aiheita ja kehittämään taitojaan.

6. YHTEENVETO

Laajennettu todellisuus tarkoittaa teknologioita, jotka yhdistävät digitaalisen ja fyysisen maailman innovatiivisella tavalla. Laajennettu todellisuus sisältää virtuaalitodellisuuden, lisätyn todellisuuden ja sekoitetun todellisuuden teknologiat. Näiden teknologioiden avulla käyttäjät voivat kokea ja vuoro vaikuttaa virtuaalisten objektien ja ympäristöjen kanssa, jotka ovat sulautettuja tai rinnakkaisia todellisen maailman kanssa.

Laajennettu todellisuus, joka yhdistää digitaaliset elementit ja ympäristön todellisuuteen, on mullistanut lentokoulutusalan tarjoamalla piloteille realistisen ja turvallisen ympäristön monimutkaisten lentotaitojen harjoitteluun. Tämä innovatiivinen teknologia on avannut uusia mahdollisuuksia koulutuksen parantamiseksi ja lentoturvallisuuden lisäämiseksi.

Laajennetun todellisuuden avulla pilotit voivat simuloida erilaisia sää- ja laitteistotilanteita, sekä hätätilanteita ilman todellisia riskejä. Tämä tarkoittaa, että lentäjät voivat harjoitella monimutkaisia manöövereitä ja kriittisiä tilanteita, kuten moottorivikoja, ristiriitaisia tuulisolosuhteita tai muita haasteita, joita he saattavat kohdata todellisissa lennoissa. Tämä antaa heille mahdollisuuden kokeilla erilaisia strategioita ja ratkaisuja turvallisessa ympäristössä ennen kuin he kohtaavat vastaavat tilanteet oikealla lentokoneella.

Laajennetun todellisuuden käyttö lentokoulutuksessa parantaa paitsi turvallisuutta myös tehokkuutta ja kustannustehokkuutta. Sen avulla lentokoulutuksen järjestäjät voivat luoda monipuolisia, räätälöityjä koulutusohjelmia, jotka keskittyvät erityisiin taitoihin tai haasteisiin ja auttavat oppilaita saavuttamaan tavoitteensa nopeammin. Lisäksi, koska laajennetun todellisuuden simulaatiot voidaan toteuttaa ilman, että tarvitaan todellisia lentokoneita tai kalliita lentosimulaattoreita, koulutuksen kustannukset laskevat ja resurssien käyttö tehostuu.

Tämän teknologian avulla lentokoulutus voi hyödyntää uusimpia pedagogisia menetelmiä ja tarjota oppimisympäristöjä, jotka tukevat aktiivista oppimista, ongelmanratkaisua ja kriittistä ajattelua. Pilottioppilaat voivat oppia omasta kokemuksestaan ja saada välitöntä palautetta toimistaan, mikä auttaa heitä kehittämään taitojaan ja vahvistamaan luottamustaan lentäjinä.

Kaiken kaikkiaan laajennettu todellisuus on merkittävä edistysaskel lentokoulutuksessa, sillä se tarjoaa piloteille realistisen ja turvallisen ympäristön monimutkaisten lentotaitojen harjoitteluun, samalla parantaen koulutuksen turvallisuutta, tehokkuutta ja kustannuste-

hokkuutta. Teknologian kehittyessä ja laajennetun todellisuuden sovellusten lisääntyessä voimme odottaa entistäkin parempia ja innovatiivisempia tapoja kouluttaa tulevia lentäjiä.

LÄHTEET

- [1] "Certification Specifications for Aeroplane Flight Simulation Training Devices". *European Union Aviation Safety Agency* (2018). Saatavissa (viitattu 23.4.2023): <https://www.easa.europa.eu/library/certification-specifications/cs-fstda-issue-2>.
- [2] "EASA approves the first Virtual Reality (VR) based Flight Simulation Training Device". *European Union Aviation Safety Agency* (2021). Saatavissa (viitattu 19.4.2023): <https://www.easa.europa.eu/en/newsroom-and-events/press-releases/easa-approves-first-virtual-reality-vr-based-flight-simulation/>.
- [3] L Haoming, H Wanting ja F Zhanping. "Overview of the development of video see through technology in mixed reality technology and simulation application". Teoksessa: *2021 IEEE 3rd International Conference on Civil Aviation Safety and Information Technology (ICCASIT)*. Piscataway: IEEE, 2021, s. 609–613.
- [4] Jeff Link. "What Is XR, and How Is It Radically Transforming Industries?" *Redshift* (2022). Saatavissa (viitattu 24.3.2023): <https://redshift.autodesk.com/articles/what-is-xr/>.
- [5] Iván Markman. "The Future Of XR In A Post-Pandemic World". *Forbes* (2021). Saatavissa (viitattu 27.3.2023): <https://www.forbes.com/sites/verizon-media/2021/06/15/the-future-of-xr-in-a-post-pandemic-world/?sh=31c5e46023f4/>.
- [6] Bernard Marr. "5 Problems And Solutions Of Adopting Extended Reality Technologies Like VR And AR". *Forbes* (2021). Saatavissa (viitattu 2.4.2023): <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2021/06/18/5-problems-and-solutions-of-adopting-extended-reality-technologies-like-vr-and-ar/?sh=657a847e3f23/>.
- [7] "MIXED REALITY FLIGHT TRAINING". *Bohemia Interactive Simulations* (2020). Saatavissa (viitattu 6.4.2023): <https://bisimulations.com/customer-showcase/mixed-reality-flight-training>.
- [8] CG Oh, K Lee ja M Oh. "Integrating the First Person View and the Third Person View Using a Connected VR-MR System for Pilot Training". *Journal of aviation/aerospace education and research* 30.1 (2021), s. 21–.
- [9] H Schaffernak et al. "Novel Mixed Reality Use Cases for Pilot Training". *Education sciences* 12.5 (2022), s. 345–.
- [10] "Varjo and VRM Switzerland Make History with the First VR Flight Simulator Officially Qualified by European Union Aviation Safety Agency EASA". *Varjo* (2021). Saatavissa (viitattu 6.4.2023): <https://varjo.com/company-news/varjo-and-vrm-switzerland-make-history-with-the-first-virtual-reality-simulator-officially-qualified-by-european-union-aviation-safety-agency-easa/>.

- [11] "What Are the Best Flight Simulators?" *Flying Magazine* (2022). Saatavissa (viitattu 14.4.2023): <https://www.flyingmag.com/guides/best-flight-simulators/>.
- [12] "Why Flight Simulators Are Important Tools for Training Pilots". *Alpha Aviation Group* (2022). Saatavissa (viitattu 23.4.2023): <https://aag.aero/why-flight-simulators-are-important-tools-for-training-pilots/>.
- [13] *XR-3*. Saatavissa (viitattu 27.4.2023): <https://varjo.com/media/>. 2023.