

Työturvallisuusoppiminen immersiiivisessä virtuaalitodellisuudessa



Kristian Lukander
Eero Lantto
Anu Lehikko
Mikko Nykänen
Heli Ruokamo
Elias Salonen
Frans Simpura
Maria Tiikkaja
Jose Uusitalo

Työturvallisuusoppiminen immersiivisessä virtuaalitodellisuudessa

SLIVeR — Safety Learning in Immersive Virtual Reality -hanke 2021–2023

Kristian Lukander¹

Eero Lantto¹

Anu Lehikko²

Mikko Nykänen¹

Heli Ruokamo²

Elias Salonen¹

Frans Simpura¹

Maria Tiikkaja¹

Jose Uusitalo¹

¹ Työterveyslaitos

² Lapin yliopisto

Työterveyslaitos

PL 40

00251 Helsinki

www.ttl.fi

Julkaisu saatavilla osoitteesta <https://www.julkari.fi/>



Työsuojelurahasto
Arbetskyddsfonden
The Finnish Work Environment Fund

Työterveyslaitos



LAPIN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF LAPLAND

© 2023 Työterveyslaitos ja kirjoittajat

Hanke on toteutettu Työsuojelurahaston tuella.

Tämän teoksen osittainenkin kopiointi on tekijänoikeuslain (404/61, siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen) mukaisesti kielletty ilman asianmukaista lupaa.

ISBN 978-952-391-138-3 (pdf)

Tiivistelmä

Immersiivinen eli upottava virtuaalitodellisuus (IVR) mahdollistaa työturvallisuuskoulutusten kehittämisen innostavammiksi ja vuorovaikutteisemmiksi oppimiskokemuksiksi, joissa oppija pääsee tutustumaan työturvallisuutta edistäviin tekijöihin. Aiemmat tutkimukset ovat keskittyneet oppimisympäristöjen ja -menetelmien vertailuun. Tässä tutkimuksessa esiteltiin oppimisteoreettisesti perusteltu pedagoginen malli IVR:n hyödyntämiseen turvallisuusoppimisessa. Mallia testattiin käytännössä työpaikoilla järjestetyissä työturvallisuuskoulutuksissa. Malli sisältää simulaatiokoulutuksista tutut alku- ja loppukeskustelut, jolloin IVR-harjoituksissa voidaan yhdistää kokemuksellinen oppiminen paikallisiin työturvallisuuskäytäntöihin ja -kulttuuriin.

Työterveyslaitoksen ja Lapin yliopiston tutkimuksessa oli mukana 76 työntekijää ja viisi kouluttajaa Tullista ja Fortum Power and Heatistä. Tulosten perusteella kehitetyn mallin mukaiset koulutukset kehittivät tehokkaasti työturvallisuusosaamista. Tutkimuksessa tarkasteltiin myös IVR-toteutuksen vuorovaikutteisuuden tason vaikutusta työturvallisuusoppimiseen. Korostetun vuorovaikutuksen IVR-harjoitukset tukivat keskittymistä oppimistilanteeseen, paransivat osallistujien hallinnan tunnetta työturvallisuuteen liittyen sekä edistivät proaktiivista turvallisuuskäyttäytymistä verrattuna rajatun vuorovaikutuksen versioihin koulutuksista. Vaikutukset olivat havaittavissa välittömästi koulutuksen jälkeen ja säilyivät 2,5 kuukauden seurantajaksolla. Malli mahdollistaa organisaatioille ja kouluttajille IVR:n tehokkaan hyödyntämisen turvallisuuskoulutuksessa tulevaisuudessa.

Abstract

Immersive Virtual Reality (IVR) enables the development of more engaging and interactive workplace safety training experiences, allowing learners to explore safety-promoting factors effectively. Previous research has focused on comparing learning environments and methods. In this study, we introduced a learning theory grounded pedagogical model for IVR safety training and tested the model in two workplaces during safety training interventions. The model incorporates introduction and debriefing discussions, typical for simulation training, into safety training sessions, complementing experiential IVR learning with a sociocultural learning approach and supporting the connection to local workplace safety practices and culture. Additionally, the study looked at the level of interactivity within the IVR experience modulating the learners' cognitive load, and work safety learning outcomes.

The study conducted by Finnish Institute of Occupational Health and University of Lapland involved 76 employees and five trainers from the Finnish Customs and Fortum Power & Heat. The results showed that training following the developed model effectively enhanced safety competence. The increased level of interactivity within the IVR was shown to improve the learners' focus, sense of control over safety factors, and proactive safety behaviour. These benefits were perceived immediately after training, and the positive effects persisted through the 2.5 months retaining period in the study. The model empowers organizations and educators to effectively use IVR for safety education in the future.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Abstract	4
Sisällysluettelo	5
1 Johdanto.....	7
2 Tutkimuskysymykset	10
3 Työturvallisuuskäyttäytyminen.....	11
3.1 Työturvallisuuskäyttäytymiseen vaikuttavia tekijöitä	11
3.1.1 Hallinnan tunne.....	11
3.1.2 Pystyvyyden tunne.....	11
3.1.3 Työturvallisuustiedot	12
3.1.4 Turvallisuusmotivaatio	12
3.1.5 Hyötyodotukset	12
4 Virtuaalitodellisuus työturvallisuusoppimisen välineenä.....	13
4.1 Virtuario™ - virtuaalitodellisuuden työturvallisuusoppimisympäristö	13
4.2 Vuorovaikutteisuuden merkitys IVR-ympäristössä	14
4.3 IVR-ympäristön tarjoumat	15
4.3.1 Toimijuuden tunne	15
4.3.2 Läsnäolon tunne	16
5 Pedagoginen malli immersivistä virtuaalitodellisuutta hyödyntävään työturvallisuuskoulutukseen.....	17
5.1 Kouluttajan ohje	20
6 Tutkimushypoteesit.....	21
7 Tutkimuksen toteutus.....	24
7.1 Satunnaistettu kenttäkoe.....	24
7.2 Määrälliset tutkimusmenetelmät	26
7.3 Määrälliset tutkimusmittarit.....	26
7.4 Laadulliset tutkimusmenetelmät.....	29

Teema	31
Koodausviite	31
Vaihe	33
Teema	33
Koodausviite	33
7.5 Koulutusten toteuttaminen	34
7.6 VR-harjoitusten sisältö	35
7.7 Korkean ja rajoitetun vuorovaikutteisuuden toteuttaminen VR-harjoituksissa 36	
8 Tulokset	39
8.1 Taustatietoa koehenkilöistä	39
8.2 IVR-ympäristön tarjoamat toimijuuden ja spatiaalisen läsnäolon tunteet, kognitiivinen kuormitus ja oppimistulokset	39
8.3 Vaikutukset työturvallisuusvalmiuksiin	44
8.4 Vaikutukset työturvallisuuskäyttäytymiseen	45
9 Pohdinta ja johtopäätökset	48
9.1 Tutkimuksen vahvuudet ja puutteet	50
9.2 Jatkotutkimuskohteet	51
Lähteet	53

1 Johdanto

Virtuaalitodellisuuden (VR) käytön lisääntyessä työelämän eri konteksteissa myös sen sovellettavuus työturvallisuuskoulutuksessa tarjoaa keskeisen välineen työturvallisuuden edistämiseen. Opettamisen ja oppimisen menetelmien tutkimus ja kehittäminen on yhteiskunnallisesti merkittävä aihe ja myös turvallisuuskoulutuksen keinoja on jatkuvasti kehitettävä, lisättävä ja modernisoitava. Virtuaalisten oppimisympäristöjen käyttö tarjoaa parhaimmillaan aiempaa huomattavasti vaikuttavampia ja kustannustehokkaampia keinoja turvallisuuskouluttamiseen, kun koulutukseen saadaan tuotua mukaan kokemuksellisuus ja koulutus voidaan toteuttaa joustavasti ajan ja paikan suhteen. Koulutuksen avulla on mahdollista lisätä työntekijöiden tietoja työturvallisuudesta, vahvistaa motivaatiota työturvallisuuden edistämiseen sekä lisätä valmiutta oma-aloitteisuuteen työturvallisuuden edistämisessä.

Työterveyslaitos toteutti vuosina 2018–2020 Työsuojelurahaston rahoittamana tutkimushankkeen Modernia turvallisuusoppimista rakennusalalle (MoSaC) (Nykänen ym., 2020a; Nykänen ym., 2020b; Tiikkaja ym., 2020), joka osoitti, että immersivisessä, eli upottavassa virtuaalitodellisuudessa tapahtuvalla koulutuksella pystytään vahvistamaan valmiuksia työturvallisuuden ennakointiin ja riski- ja turvallisuustekijöiden tunnistamiseen, sekä vahvistamaan työturvallisuusmotivaatiota ja -tietoutta. Koulutukseen osallistuminen lisäsi aloitteellisuutta ja aktiivisuutta työturvallisuusasioissa ja vahvisti hyötyuskomuksia.

Tarvitaan kuitenkin lisää tietoa varsinaisen VR-toteutuksen osa-alueista, jotka tukevat myönteisten vaikutusten syntymistä. Tässä Työterveyslaitoksen ja Lapin yliopiston SLI-VeR-yhteishankkeessa (Safety Learning in Immersive Virtual Reality) tutkittiin, miten VR-oppimisympäristöt tulisi suunnitella pedagogisesti ja VR-interaktion kannalta turvallisuusoppimisen optimoimiseksi sekä sitä, miten yksilökeskeinen VR-oppiminen sidotaan osaksi pienryhmäkoulutuksena toteutettavaa koulutuskokonaisuutta. Aiemmat tutkimukset ovat keskittyneet vertailemaan VR-koulutuksia muihin toteutustapoihin (Makransky ym., 2019b; Meyer ym., 2019) hyvin vaihtelevilla VR-toteutuksilla (Concannon ym., 2019).

VR-järjestelmistä puhuttaessa immersivillä viitataan laitteen tekniseen kyvykkyyteen tuottaa illuusio virtuaalisesta tilasta, ja läsnäolon tunteella (presence) laitteiston tuottamaan psykologiseen kokemukseen (Slater, 2018). Oppimiseen liittyvien korkeampien kognitiivisten funktioiden kannalta keskeisten aivojen otsalohkojen toiminnan on osoitettu korreloivan hands-on-oppimisen ja virtuaalitodellisuudessa tapahtuvan oppimisen aikana, toisin kuin esim. videoita katsottaessa (Lamb, ym., 2018). Sosiokognitiivisen teorian (Bandura, 1997) mukaan omakohtaisilla suoriutumiskokemuksilla on voimakas

vaikutus pystyvyyden tunteen kehittymiseen. VR-toteutuksissa tämän toteutumiseen voidaan vaikuttaa usealla tekijällä, joista yksi olennainen liittyy VR-ympäristön tarjoamaan vuorovaikutteisuuteen. Aiemmat koulutusalan tutkimukset (Petersen ym., 2022) viittaavat siihen, että oppijan ja VR-oppimisympäristön välisellä vuorovaikutuksella on keskeinen rooli oppimistuloksissa, mutta ilmiötä ei ole vielä tutkittu työturvallisuuskoulutuksen yhteydessä.

VR-ympäristön vuorovaikutteisuus viittaa siihen, minkä verran ja miten käyttäjällä on vapauksia ja mahdollisuuksia olla vuorovaikutuksessa tietokoneella mallinnetun ympäristön kanssa ja hallita sen objekteja (Steuer, 1992; Makransky & Petersen, 2021). Immersiivisissä VR-toteutuksissa käyttäjä on vuorovaikutuksessa virtuaalisen maailman kanssa sekä VR-päähineen, että kädessä pidettävien ohjainten välityksellä. VR-ympäristöt ovat täysin generoituja ja siellä jokainen toiminnallisuus toteutetaan ohjelmiston ominaisuutena, joten toteutuksesta riippuen VR-ympäristöt eivät kuitenkaan pyri simuloimaan todellisia ympäristöjä, eikä kaikkeen siellä esitettyyn esimerkiksi voi välttämättä vaikuttaa tai koskea.

Tässä tutkimuksessa vertailimme kahta erilaista vuorovaikutteisuuden tasoa muuten keskenään identtisisessä VR-toteutuksessa: Kaikki koulutettavat kävivät turvallisuusharjoituksissa käsikirjoituksen mukaan läpi opeteltavat asiat.

- 1) Korkean vuorovaikutteisuuden toteutuksessa koulutettavat tekivät oppimiskokemukseen suunnitellut turvallisuushavainnot ja -toimenpiteet, sekä valinnat näihin liittyvien vaihtoehtojen välillä aktiivisina toimijoina
- 2) Rajoitetun vuorovaikutteisuuden toteutuksessa koulutettavat seurasivat passiivisempina tarkkailijoina järjestelmän näyttäessä ja selittäessä heille samat havainnot ja toimenpiteet.

Muilta osin koulutusvariantit olivat samanlaiset. Osana tutkimusta kehitettiin pedagoginen malli immersivistä virtuaalitodellisuutta hyödyntävään työturvallisuuskoulutukseen.

Vuorovaikutteisuusvertailun rinnalla hankkeessa kehitettiin VR-työturvallisuuskoulutukselle simulaatiokoulutukselle tyypilliseen vaihteistukseen perustuva, sosiokulttuuriseen oppimiskäsitykseen pohjautuva pedagoginen malli. Mallin kehittämisessä kiinnitettiin erityistä huomiota oppijan aikaisempaan tietoon opittavasta aiheesta, itsearviointiin, reflektioon sekä kokemukseen omasta itsestä ja oppimistilanteesta (Bandura, 1977). Mallin perustana ovat VR- ja simulaatio-oppimisen mallit (mm. Dieckmann, 2009; Makransky & Petersen, 2021). Mallin kehittäminen tapahtuu osallistujien, kouluttajien ja tutkijoiden yhteistyönä design-tutkimukselle tyypillisissä sykleissä (Design-Based Research Collective, 2003). Tutkimus poikkeaa siten immersivisten oppimisympäristöjen

tutkimuksen valtavirrasta, jossa oppimisteoriat ovat usein jääneet sivuosaan (Radianti ym., 2020).

SLIVeR -tutkimushanke toteutettiin vuosina 2021–2023 Työterveyslaitoksen ja Lapin yliopiston yhteishankkeena. Hankkeen päärahoittaja oli Työsuojelurahasto, lisäksi hanketta rahoittivat Fortum Power & Heat ja Stereoscape Oy. Hankkeessa kohdeorganisaatioina olivat Fortum ja Tulli.

Tutkimuksen työturvallisuuskoulutukset toteutettiin yksilöllisesti ja itseohjautuvasti TTL:n Virtuario-VR-ympäristössä (www.ttl.fi/virtuario). Design-tutkimuksessa Virtuario toimii aihiona yleisemmin immersivisille, itseohjautuvuutta edellyttävälle VR-ympäristöille tarkoitetun pedagogisen mallin kehittämisessä ja testaamisessa. VR-oppimisympäristön sisällöt kehitettiin hankkeessa siten, että ne kohdistuvat turvallisuuskäyttäytymistä ennustaviin tekijöihin. Niihin kuuluvat pystyvyyden tunne työhön liittyvien vaarojen torjumiseen ja tapaturmien ennaltaehkäisyyn, koettu alttius työhön liittyville vaaroille, työhön liittyvien vaarojen koettu vakavuus, turvallisen työtoiminnan koetut hyödyt sekä turvallisuusmotivaatio (Bandura, 1997; Rosenstock ym., 1998; Lamb, ym., 2018).

Kiitokset

Hankkeen työryhmä kiittää Anna Raappanaa panoksesta VR-harjoitteiden suunnittelemisessa ja tiedon keräämisestä koetilanteissa. Kiitämme lisäksi erityisesti kohdeorganisaatioiden kouluttajia: Immo Kilpistä ja Jari Kortelaista Tullista, sekä Niklas Hurmerintaa, Joel Lehtosta ja Peter Malmbergiä Fortumilta heidän panoksestaan rekrytoinnissa sekä hankkeen koulutusten vetämisessä. Kiitämme myös kaikkia hankkeeseen koehenkilöinä osallistuneita.

Kiitämme Työsuojelurahastoa, Fortum Power & Heatia ja Stereoscapea hankkeen rahoittamisesta ja näiden lisäksi Tullin, Työturvallisuuskeskuksen, Tapaturmavakuutuskeskuksen ja Opetushallituksen edustajia ohjausryhmätoiminnasta.

2 Tutkimuskysymykset

Työterveyslaitoksen ja Lapin yliopiston yhteishankkeessa kehitettiin immersivistä virtuaalididaktisyyttä hyödyntävien työturvallisuuskoulutusten pedagogiikkaa. Hankkeessa kehitettiin immersivisessä virtuaaliympäristössä toteutettaville työturvallisuusharjoituksille tarkoituksenmukaista pedagogista mallia, vertailtiin VR:ssä osallistavaa ja tarkkailevaa opiskelumenetelmää ja tutkittiin opitun siirtymistä työelämän käytäntöihin. Hanke kehitti valmiuksia toteuttaa vaikuttavia työturvallisuuskoulutuksia täysipainoisesti virtuaalididaktisyyden ominaisuuksia hyödyntäen.

Tutkimuskysymykset olivat:

- 1) Millainen pedagoginen malli ja menetelmä tukevat immersivisessä VR-työturvallisuuskoulutuksessa harjoitettujen taitojen omaksumista ja erilaisten sisältöjen oppimista?
- 2) Miten immersivisen VR-ympäristön opetustapahtuma tulisi suunnitella ja toteuttaa, jotta oppiminen olisi mahdollisimman tehokasta, mieleenpainuvaa ja vaikuttavaa?
- 3) Miten immersivisessä virtuaaliympäristössä opittu turvallisuussisältö siirtyy työelämän käytäntöihin?

3 Työturvallisuuskäyttäytyminen

Työturvallisuuskoulutuksella voidaan vaikuttaa työntekijöiden työturvallisuusvalmiuksiin ja työturvallisuuskäyttäytymiseen. Tapaturmia ehkäisevä työturvallisuuskäyttäytyminen jaetaan turvallisuusalan tutkimuksissa usein työturvallisuuskäytäntöjen noudattamiseen sekä työturvallisuuden edistämiseen osallistumiseen (Christian ym. 2009). Osallistuminen työturvallisuuden edistämiseen viittaa työntekijöiden proaktiivisuuteen työturvallisuuden edistämiseksi. Hoffman ym. (2003) mukaan proaktiiviseen turvallisuuskäyttäytymiseen kuuluvat mm. kehittämis ehdotusten esittäminen ja epäkohtien esille nostaminen.

3.1 Työturvallisuuskäyttäytymiseen vaikuttavia tekijöitä

Työturvallisuuskäytäntöjen noudattamiseen ja proaktiiviseen työturvallisuuskäyttäytymiseen ovat yhteydessä työpaikan kulttuuriset tekijät, turvallisuusjohtaminen sekä työntekijän omat valmiudet ja työturvallisuutta koskevat käsitykset. Tässä tutkimuksessa arvioitiin kyselyaineiston avulla koulutusprosessin vaikutuksia työntekijätason valmiuksiin ja käsityksiin. Turvallisuuskäyttäytymiseen vaikuttavat tekijät määriteltiin odotusarvoteorian (Vroom, 1964) ja terveystekomusmallin pohjalta (Rosenstock ym. 1988). Koulutuksen vaikutuksia arvioitiin työntekijöiden hallinnan tunteeseen, pystyvyyden tunteeseen, työturvallisuustietoihin, turvallisuusmotivaatioon ja hyötyodotuksiin.

3.1.1 Hallinnan tunne

Hallinnan tunne työturvallisuuteen kuvailee ihmisen käsitystä, että hänen oma toimintansa on merkittävässä roolissa työturvallisuuden kannalta. Aiemmissa turvallisuusalan tutkimuksissa (Curcuruto ym., 2019) on esitetty, että yksilön usko oman toiminnan merkittävään vaikutukseen lisää oma-aloitteisuutta työturvallisuuden edistämiseen.

3.1.2 Pystyvyyden tunne

Pystyvyyden tunne työturvallisuuden edistämiseen tarkoittaa henkilön arviota omasta kyvystään toteuttaa menestyksekkäästi olennaisia turvallisuuteen liittyviä toimintoja, kuten turvallisuushuolien ilmaiseminen tai ohjeiden hankkiminen työpaikalla työskenneläkseen turvallisesti. Banduran mukaan pystyvyyden tunne vaikuttaa siihen, miten ihmiset toimivat ja motivoituvat toimimaan (Bandura, 1997). Aiemmat turvallisuusalan tutkimukset ovat korostaneet työturvallisuuden edistämiseen kohdistuvia pystyvyyden

tunteita tärkeinä tekijöinä turvallisen työtoiminnan toteutumisen kannalta (Okun ym., 2016).

3.1.3 Työturvallisuustiedot

Työntekijän tiedot turvallisuuden edistämisestä ja turvallisista työmenetelmistä lisäävät tapaturmia ehkäisevää työturvallisuuskäyttäytymistä (Christian ym. 2009). Työturvallisuustietoihin sisältyvät mm. työntekijän ymmärrys turvallisista työmenetelmistä sekä työturvallisuutta tukevista työpaikan käytännöistä.

3.1.4 Turvallisuusmotivaatio

Neal ja Griffin (2006) määrittelivät turvallisuusmotivaation yksilön halukkuudeksi ylläpitää ja edistää työturvallisuutta. Aiemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että turvallisuusmotivaatio on yhteydessä turvallisten työmenetelmien toteuttamiseen ja työturvallisuuden edistämiseen sekä tapaturmiin (Neal ja Griffin, 2006; Christian ym. 2009).

3.1.5 Hyötyodotukset

Terveys- ja turvallisuuskäyttäytymiseen vaikuttavat myös ihmisen odotukset käyttäytymisen hyödyistä. Työntekijöiden aktiivisuus työturvallisuutta tukevien tekojen toteuttamisen on suurempi, jos he uskovat toiminnan johtavan toivottuun lopputulokseen kuten työturvallisuuden vahvistumiseen tai tapaturmien ehkäisyyn (Morgan ym. 2021).

4 Virtuaalitodellisuus työturvallisuusoppimisen väli- neenä

Virtuaalitodellisuudella on todettu olevan useita hyötyjä etenkin käytännön tehtäväympäristöön, kuten työturvallisuuteen liittyvässä oppimisessa. Hyvin toteutettu VR-koulutus auttaa käyttäjää keskittymään koulutuksen sisältöön VR:n sulkiessa suurelta osin ympäröivän maailman ärsykkeet ulkopuolelle. Virtuaalitodellisuuden avulla voidaan harjoitella turvallisessa tilassa myös vaarallisissa työympäristöissä toimimista.

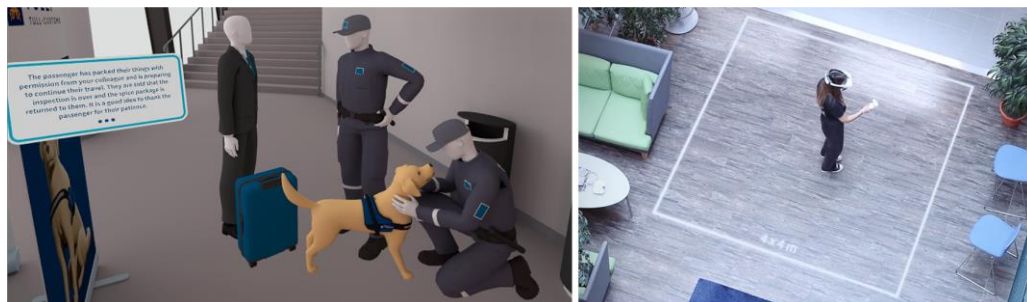
Yksilöharjoituksena VR-koulutus tarjoaa jokaiselle oppijalle tasalaatuisen ja toistettavan henkilökohtaisen oppimiskokemuksen, jota tässä hankkeessa tuetaan pienryhmäoppimisen menetelmillä. VR-harjoituksessa oppija harjoittelee toimimista parhaimmillaan aktiivisena toimijana ja koulutus tarjoaa esimerkiksi luento-oppimista osallistavamman ja usein innostavamman tavan oppimiseen.

4.1 Virtuorio™ - virtuaalitodellisuuden työturvallisuusoppimisympäristö

Työterveyslaitoksella kehitetty Virtuorio™ on oppimisympäristö, jossa harjoitellaan työturvallisuustaitoja virtuaalitodellisuudessa. Se sisältää innostavia ja osallistavia harjoituksia useille eri aloille, jotka kehittävät turvallisuusajattelua ja työturvallisuuskulttuuria. Harjoitusten suorittaminen ei vaadi erikseen kouluttajaa, vaan oppimisympäristö ohjaa käyttäjää etenemään itselle sopivassa tahdissa. Oppimisympäristöä käytetään virtuaalitodellisuuslaitteistolla, joka sisältää VR-lasit ja kaksi liikeohjainta. Mobiili laitteisto mahdollistaa todellisessa tilassa liikkumisen vapaasti ilman kaapeleita, käyttäjän liike siirtyy tarkasti hänen näkemäänsä kolmiulotteiseen virtuaaliseen ympäristöön (jonka ei tarvitse vastata todellista tilaa) ja liikeohjaimilla käyttäjä pystyy vaikuttamaan ympäristöön ja siellä oleviin kohteisiin.

Virtuorio™ korostaa läsnäoloa ja luonnollista liikkumista virtuaalisessa tilassa yhtenä immersiota tehostavana keinona. Virtuorio™-koulutukset on suunniteltu niin että oppija liikkuu tavallisesti kävelemällä virtuaalitiloissa ja tyypillisesti muissa ratkaisuisa käytetty virtuaalinen liike, kuten teleportit, on poistettu kokonaan niiden vähentäessä immersiota ja aiheuttaessa potentiaalisesti virtuaalipahoinvointia. Virtuorio™ edellyttää siten 4 x 4 m pelialuetta, jossa oppija voi vapaasti liikkua. Käyttöliittymä on yksinkertainen osoita-ja-klikkaa-ratkaisu, eikä Virtuorio™ edellytä varsinaista ”pelaamaan opettelemista”, vaan oppija voi keskittyä varsinaiseen oppimisen kohteen omaksumiseen. Virtuorio™-koulutusten maailmat ovat visuaalisesti yksinkertaistettuja ympäristöjä, joissa

oppijan huomiota voidaan ohjata korostamalla värein ja yksityiskohdin oppimisen kannalta keskeisiä kohteita.



Kuva 1 Kuvakaappaus Virtuario-oppimisympäristöstä VR-laseilla ja Virtuario-pelialueen rajaaminen

4.2 Vuorovaikutteisuuden merkitys IVR-ympäristössä

Vuorovaikutteisuudella (en. interactivity) tarkoitetaan sitä, missä määrin oppija voi hallita IVR-ympäristöä ja sen objekteja. Se kuvaa myös heidän virtuaaliympäristössä aikaan saamiensa muutosten välittömyyttä (Steuer, 1992). Tässä tutkimuksessa vuorovaikutteisuus ymmärretään vastavuoroiseksi toiminnaksi, joka vaatii oppijalta fyysistä, älyllistä, sosiaalista tai emotionaalista aktiivisuutta (Roussou, 2004). IVR-ympäristön vuorovaikutteisuuden aste ja tapa, jolla vuorovaikutteisuutta toteutetaan, vaikuttavat siihen, mahdollistaako oppimisympäristö kokemuksellisen vai ikään kuin tapahtumia sivusta havainnoimalla oppimisen (Slater, 2017).

Kehollisessa vuorovaikutuksessa ulkopuolelta havaittavat kehon toiminnot (kuten katse, kehon ja raajojen asento, liike ja puhe) muodostavat kognitiivisen toiminnan ja IVR-ympäristön välisen rajapinnan. Oppijoiden fyysinen aktivointi oppimistilanteessa voi tuottaa merkittäviä hyötyjä, sillä se tukee oppimisen kehollista ulottuvuutta (Johnson-Glenberg, 2019; 2017). Vuorovaikutteisuuden suuri määrä ei sellaisenaan edistä oppimista: heikkolaatuinen tai epäintuitiivinen suunnittelu, kuten oppimisen kannalta tarpeettomien toimintojen lisääminen voi luoda oppimisen kannalta epätoivottua, kuormittavaa vuorovaikutusta oppijan ja ympäristön välille (Heeter, 2000; Norman, 2013; Sweller, 2020).

4.3 IVR-ympäristön tarjoumat

Vuorovaikutteisuus auttaa IVR-ympäristön käyttäjää havaitsemaan ympäristön hyödyn­ tämisen kannalta tärkeitä tarjoumia: ympäristölle ominaisia ja sen tarjoamia toiminta- mahdollisuuksia, joita voidaan kuvata myös ympäristön ja käyttäjän välisinä suhteina ja dynaamisena vuorovaikutuksena (Dalgarno & Lee, 2010; Gibson, 2014; Petersen ym., 2022; Shin, 2017). Tässä tutkimuksessa kartoitettiin oppijoiden IVR-ympäristössä havaitsemaa ja kokemaa toimijuutta ja spatiaalisen läsnäolon tunnetta (Makransky & Petersen, 2021).

Tarjoumien suhteellisuus merkitsee, että kaikki oppijat eivät välttämättä havaitse ja koe niitä tietyssä IVR-ympäristössä samalla tavoin (Gibson, 2014; Heeter, 2000; Norman, 2013). Fyysiseen todellisuuteen verrattuna virtuaalisessa ympäristössä voi tarjoumien havaitsemiseksi joutua liikkumaan ja keräämään enemmän aistitietoa teknisten rajoitusten, kuten rajallisen näkökentän ja haptisen tiedon puutteen vuoksi (Bhargava ym., 2020; Gibson, 2014; Harris ym., 2019; Heeter, 2000). Tarjoumien havaitsemista voidaan tukea IVR-ympäristöjen toteutuksessa käyttämällä visuaalisia tai auditiivisia merkitsijöitä, jotka ohjaavat käyttäjää (Norman, 2013). Esimerkiksi virtuaaliseen lattiaan piirrettyä jalanjälkiparia voidaan käyttää osoittamaan käyttäjälle oikea seisomapaikka fyysisen IVR-harjoitusalueen asettamista varten. Lisävihje, kuten puhuttu ohje, voi selventää jalanjälkien merkitystä entisestään. Merkitsijät viestivät kokemattomalle, mahdollisesti VR-lasit päässä liikkumista arastelevalle käyttäjälle lattiaa pitkin kävelemisen olevan tarjottua ja toivottuakin toimintaa kyseisessä ympäristössä.

4.3.1 Toimijuuden tunne

Toimijuuden tunne viittaa IVR-ympäristössä käyttäjän kokemukseen toiminnan ja sen vaikutusten aikaansaamisesta ja ohjaamisesta (Braun ym., 2018; Farrer ym., 2013). Toimijuuden havaitsemisella on implisiittinen, esireflektiivinen taso ja eksplisiittinen taso, jolla tietoinen arvio omasta tahdonvapaudesta muodostetaan (Moore ym., 2012). Sosiokulttuuriset tekijät, kuten arvot ja normit, voivat myös vaikuttaa tarjouman havaitsemiseen (Parchoma, 2014). Toiminnan kielteisiä tunteita herättävät vaikutukset voivat johtaa heikompaan toimijuuden tunteeseen verrattuna sen positiivisiin tai neutraaleihin vaikutuksiin (Yoshie & Haggard, 2013).

Toimijuutta kokevat oppijat ottavat todennäköisemmin vastuun oppimisestaan: oppijan kokema autonomia ja hallinta tukevat hänen motivaatiotaan ja minäpystyvyyttään (Dieckmann, 2009; Ryan & Deci, 2000). Toimijuus tukee kehollista oppimista, joka parantaa opitun muistamista (Johnson-Glenberg, 2019; Kiltene ym., 2012). Mieleen painamista auttaa myös virheiden tekeminen ja korjaavan palautteen vastaanottaminen

niiden yhteydessä (Metcalf, 2017). Koulutuksen aikaisen myönteiset omakohtaiset kokemukset taidon tai tehtävän hallinnasta luovat perustan minäpystyvyyden kehittymiselle (Bandura, 1997; Stajkovic & Sommer, 2000).

4.3.2 Läsnaolon tunne

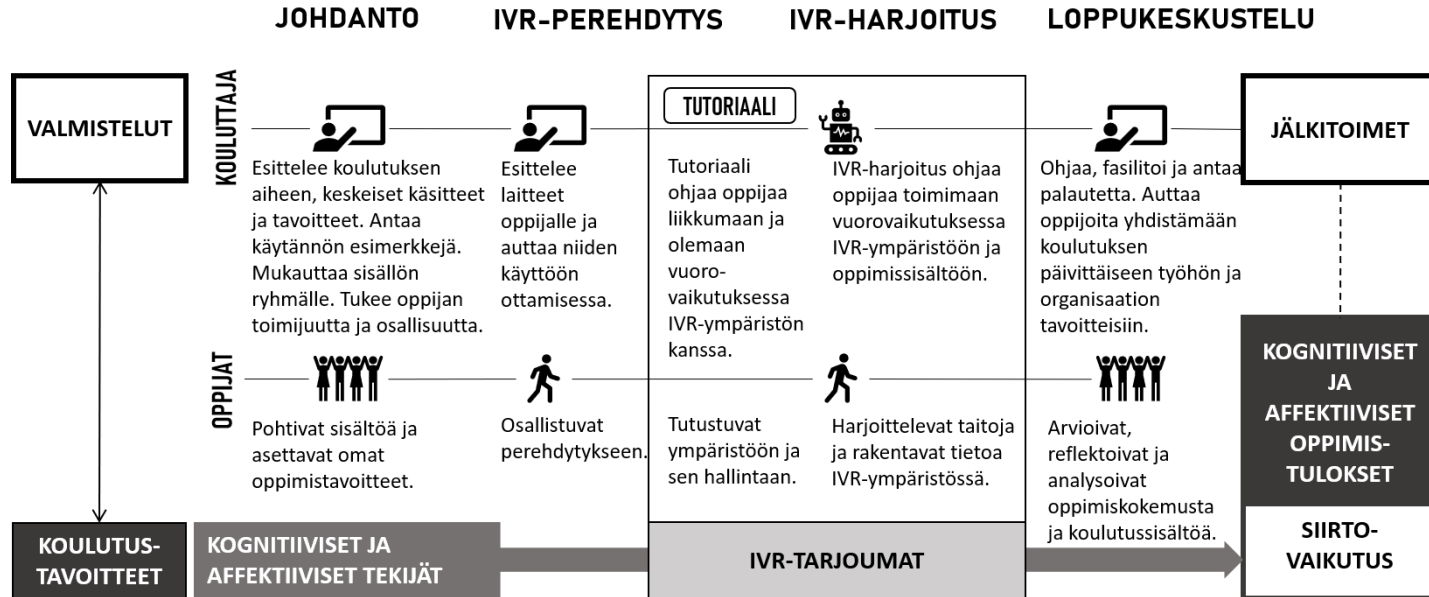
Läsnaolon tunnetta IVR-ympäristössä kuvataan tilana, jossa virtuaaliseen kokemukseen uppoutuva käyttäjä unohtaa sen keinotekoisuuden (Lee, 2004). Spatiaalisen läsnaolon tunne edustaa käsitteen ydintä: kokemusta olemisesta fyysisesti läsnä IVR-ympäristössä sen tilaan ja aikaan liittyvien rajoitusten puitteissa (Heeter, 2000; Schubert ym., 2001). Immersiivistä teknologiaa hyödyntävien VR-ympäristöjen katsotaan lähtökohtaisesti kykenevän tarjoamaan käyttäjilleen läsnaolon tunnetta (Slater, 2003), mutta vuorovaikutteisuus voi madaltaa sen kokemisen kynnystä kehollisten aistihavaintojen kautta (Gibson, 2014; Heeter, 2000; Makransky & Petersen, 2021). Läsnaolon kokemusta voi toisaalta heikentää käyttäjän tietoisuus erilaisista häiriötekijöistä hänen fyysisessä ympäristössään (Parong ym., 2020).

Vahvempi läsnaolon tunne on yhdistetty parempiin spatiaalisiin oppimistuloksiin: se voi viitata syvempään uppoutumiseen ja IVR-laitteiden ja käyttöliittymän aiheuttamaan pienempään kognitiiviseen kuormitukseen (Parong ym., 2020). Läsnaolon myönteistä vaikutusta oppimistuloksiin yleisemmin ei ole vahvistettu. Kiinnostusta ja koukuttavuutta lisäävät ominaisuudet, jotka edistävät vahvempaa läsnaolon tunnetta IVR-oppimisympäristössä, voivat toisaalta haitata oppimista aiheuttamalla ylimääräistä kognitiivista kuormitusta, joka heikentää oppimissisällön muistiin painamista (Baceviciute ym., 2020; Makransky, Terkildsen ym., 2019; Parong & Mayer, 2021).

5 Pedagoginen malli immersivistä virtuaalitodellisuutta hyödyntävään työturvallisuuskoulutukseen

Hankkeessa kehitetty pedagoginen malli yhdistää sosiokulttuurisen (Billett, 2021, 2013, 1996; Sutherland ym., 2009; Säljö, 2004; Vygotsky, 1978) ja kognitiivisen lähestymistavan IVR-oppimiseen (Johnson-Glenberg, 2019; Kiltani ym., 2012; Makransky, Borregude ym., 2019; Makransky, Terkildsen ym., 2019; Makransky & Petersen, 2021; Meyer ym., 2019; Ogawa ym., 2020). Malli hyödyntää VR-harjoituksia edeltäviä ja sen jälkeisiä ryhmäkeskusteluja, jotka ovat tyypillisiä simulaatiokoulutuksessa (Dieckmann, 2009; Feng ym., 2021; Rudolph ym., 2014). Mallia on kehitetty erityisesti työturvallisuuskoulutuksen järjestäjien tueksi (esim. Burke, Sarpy, Smith-Crowe ym., 2006; Casey ym., 2021, Nykänen ym., 2020) ja se huomioi oppimistavoitteet ja -tulokset (Anderson & Krathwohl, 2001; Kraiger ym., 1993).

Esittämämme pedagoginen malli tukee työturvallisuuskoulutuksen suunnittelua ja implementointia määrittämällä kouluttajien ja oppijoiden roolit ja tehtävät jokaisessa koulutusvaiheessa (malli kuvassa 1).



Kuva 2: Pedagoginen malli immersivistä virtuaalitodellisuutta hyödyntävään työturvallisuuskoulutukseen (mukailien Lehikko ym., 2023)

Mallin mukaisesti kouluttaja varmistaa, että koulutuksen tavoitteet ovat yhteneväiset organisaation turvallisuuskulttuurin ja turvallisuuskäytäntöjen kanssa. Hän valitsee tavoitteisiin sopivat pedagogiset menetelmät, mukauttaa koulutussisällöt oppijoiden työympäristöön, kerää palautetta ja arvioi tuloksia. Malli kuvaa oppijakeskeistä vuorovaikutusta kouluttajan ja oppijoiden välillä (Bandura, 1997; Casey ym., 2021; Dieckmann, 2009; Rudolph ym., 2014). Fasilitaattorin roolissaan kouluttaja tukee oppijoiden toimijuutta ja ohjaa heitä edistämään positiivista turvallisuuskulttuuria työympäristössään ja yhteisöissään. Kouluttaja hyödyntää oppijoiden aikaisempia kokemuksia merkityksellisen oppimiskokemuksen rakentamisessa ja varmistaa koulutuksen relevanssin heidän nykyisissä työtehtävissään (Billett, 2021; Lehikko ym., 2023; Sutherland ym., 2009; Vygotsky, 1978).

Mallissa määritellään koulutuksen neljä vaihetta: johdantokeskustelu, IVR-perehdytys, IVR-harjoitus ja loppukeskustelu. Alkukeskustelun ja IVR-perehdytyksen tarkoitus on orientoida osallistujat oppimistilanteeseen, lisätä sen kiinnostavuutta ja vähentää oppimisen kannalta haitallista kognitiivista kuormitusta. Aluksi koulutuksen aihe, keskeiset käsitteet ja tavoitteet esitellään ja niistä keskustellaan ryhmässä. Kouluttajan tehtävänä on tukea oppijoiden motivaatiota ja osallisuutta keskustelussa (Billett, 2021; Ryan & Deci, 2000; Schraw ym., 2001). Johdantokeskustelussa myös pohditaan aikaisempia virtuaalituodellisuuden ja työturvallisuuteen liittyviä kokemuksia. Oppijoiden tehtävänä on osallistua aktiivisesti ja asettaa omat tavoitteensa koulutukselle. IVR-perehdytyksessä kouluttaja esittelee IVR-laitteet oppijoille, auttaa heitä pukemaan ne, säätämään sopiviksi harjoitusta varten ja aloittamaan tutoriaalini. Tutoriaali ohjaa oppijaa olemaan vuorovaikutuksessa IVR-ympäristön kanssa ja liikkumaan siinä (Meyer ym., 2019; Miguel-Alonso ym., 2023; Sweller, 2020). Tutoriaalia seuraa IVR-harjoitus, jossa oppija osallistuu koulutussisällön mukaiseen tarinalliseen opetusskenaarioon virtuaalituodellisuudessa. Harjoituksen jälkeen oppijat palaavat ryhmään loppukeskustelua varten.

Loppukeskustelussa kouluttaja ohjaa oppijoita refleктоimaan ja arvioimaan oppimistaan heidän päivittäisen työnsä ja organisaation turvallisuustavoitteiden näkökulmista sekä tukee heidän toimijuuttaan oikea-aikaisella ohjauksella (Dieckmann, 2009; Lehikko ym., 2023; Vygotsky, 1978). Loppukeskustelun aikana luodaan edellytykset opitun siirtovaiikutukselle koulutuskontekstista omiin työtehtäviin.

5.1 Kouluttajan ohje

Pedagogisen mallin mukaisten työturvallisuuskoulutusten toteutuksen tueksi laadittiin keskustelujen fasilitointiin kouluttajan ohje, joka muotoiltiin kummankin yhteistyökumppaniorganisaation kanssa vastaamaan kunkin organisaation koulutusinterventiossa käytettyjen IVR-harjoitusten sisältöä ja oppimistavoitteita. Keskusteluohjeen tavoitteena oli myös lisätä koulutusten tasalaatuisuutta. Kouluttajia valmistelevia tapaamisia järjestettiin etäkokouksina konferenssisovelluksella vähintään kolme kummassakin organisaatiossa ennen koulutusintervention alkamista. Tapaamisissa käytiin läpi pedagogisen mallin sisältö, koulutusten järjestelyjä sekä IVR-harjoitusten oppimistavoitteita, ja niissä hiottiin organisaatiokohtaista kouluttajan ohjetta.

Kummassakin organisaatiossa kouluttajan ohje sisälsi samat keskusteluteemat, mutta oppijakeskeistä fasilitointia ja reflektointia tukevien apukysymysten sisältö oli hieman erilainen heijastaen kunkin organisaation oman IVR-harjoituksen aihetta. Johdantokeskustelu sisälsi seuraavat yhteiset teemat:

- 1) koulutustilanteen yleiskuva ja aikataulus,
- 2) koulutuksen aiheet, tavoitteet ja keskeiset käsitteet,
- 3) keskustelu oppijoiden odotuksista ja tavoitteista koulutukselle,
- 4) oppijoiden aikaisempien VR-kokemusten sekä viimeaikaisten työturvallisuusaiheisten kokemusten käsittely ja
- 5) IVR-harjoituksen aiheen merkitys oppijoiden työtehtävissä.

Loppukeskustelu sisälsi seuraavat teemat:

- 1) oppijoiden IVR-kokemusten läpikäynti,
- 2) oppijoiden odotusten ja tavoitteiden läpikäynti koulutukselle,
- 3) oppijoiden työhön liittyvän aiheen uudelleentarkastelu ja
- 4) palautteen antaminen ja pyytäminen.

Ohjeessa kehoitettiin myös luomaan keskusteluille turvalliset puitteet ja tukemaan oppijoiden toimijuutta ja aktiivisuutta.

6 Tutkimushypoteesit

Tässä esitellään tutkimuksen hypoteesit sekä niiden taustalla oleva tietämys ja oletukset.

VR-ympäristön korkeampi vuorovaikutteisuus voi lisätä oppijan mahdollisuuksia hallita oppimisprosessin kulkua ja VR-ympäristöön mallinnettuja työturvallisuuteen kytkeytyviä tapahtumia. Tämä voi johtaa siihen, että oppija kokee enemmän hallinnan tunnetta toteuttaa toimia työturvallisuuteen vaikuttamiseksi oppimistilanteen aikana. Aiemmat tutkimukset ovat korostaneet, että (Lachman ym., 2011; Bandura, 1997) hallintakäsitysten kehittymiseen vaikuttaa henkilön aiempi kokemus omista vaikutusmahdollisuuksista. Siten VR-ympäristö, jossa on korkeampi vuorovaikutteisuus, voi stimuloida voimakkaammin työturvallisuuteen kohdistuvien hallintakäsitysten kehittymistä ja ohjata oppijaa tunnustamaan henkilökohtaisia vaikutusmahdollisuuksia työturvallisuuden edistämiseksi.

Hypoteesi 1: Työntekijät, jotka harjoittelevat turvallisuustoimintaa korkeamman vuorovaikutteisuuden IVR-ympäristössä, raportoivat suuremmat muutokset työturvallisuuteen kohdistuvaan hallinnan tunteeseen.

Aiemmat työturvallisuusalan tutkimukset (Hedlund ym., 2016) ovat osoittaneet, että työntekijöiden aktiiviseen osallistumiseen perustuvalla työturvallisuuskoulutuksella on voimakkaampi vaikutus turvallisuusmotivaatioon. Korkeampi vuorovaikutteisuus VR-ympäristössä tarjoaa lähtökohtaisesti enemmän osallistumismahdollisuuksia oppimistilanteen aikana.

Hypoteesi 2: Työntekijät, jotka harjoittelevat turvallisuustoimintaa korkeamman vuorovaikutteisuuden IVR-ympäristössä, raportoivat suuremmat muutokset työturvallisuusmotivaatioon.

Aiemmat tutkimukset (Sheun ym, 2018) ovat osoittaneet, että oman toiminnan myönteisten vaikutusten tunnistaminen on yhteydessä hyötyuskomusten kehittymiseen. Korkeampaan vuorovaikutteisuuteen kytkeytyvä osallistuminen luo potentiaalisesti enemmän edellytyksiä tunnistaa henkilökohtaisen toiminnan seuraukset VR-ympäristössä.

Hypoteesi 3: Työntekijät, jotka harjoittelevat turvallisuustoimintaa korkeamman vuorovaikutteisuuden IVR-ympäristössä, raportoivat suuremmat muutokset turvallisuustoiminnan hyötyodotuksiin

Aiemmat tutkimukset ovat havainnollistaneet, että aktiivisen oppimisen menetelmät antavat oppijoille mahdollisuuden rakentaa uutta tietoa tehokkaammin, joka voi

osaltaan johtaa parempiin oppimistuloksiin. Aktiiviseen oppimiseen kuuluu tiedon rakentuminen tekemällä ja henkilökohtaisella osallistumisella (Carr ym., 2015). Aiemmat koulutustutkimukset (Wang ym., 2021; Wood, 2004) ovat korostaneet, että aktiivinen oppiminen myös helpottaa tiedon hankkimista ja etenkin toiminnallisen tiedon käsitteilyä.

Hypoteesi 4: Työntekijät, jotka harjoittelevat turvallisuustoimintaa korkeamman vuorovaikutteisuuden IVR-ympäristössä, raportoivat suuremmat muutokset toiminnallista työturvallisuutta koskeviin tietoihin.

Aiemmissa tutkimuksissa on esitetty, että aktiiviset oppimistekniikat voivat edistää oppimisen siirtovaikutusta käytäntöön (Burke & Hutchins, 2007). Hypoteeseissa 1-3 kuvattut mekanismit hallinnan tunteeseen, hyötyodotuksiin ja sisäiseen motivaatioon myötävaikuttavat Vroomin odotusarvoteorian näkökulmasta käyttäytymisen tason muutoksiin (Diefendorff & Seaton, 2015). Siksi odotimme, että

Hypoteesi 5: Työntekijät, jotka harjoittelevat turvallisuustoimintaa korkeamman vuorovaikutteisuuden IVR-ympäristössä, raportoivat enemmän muutoksia omaan työturvallisuuskäyttäytymiseen.

Korkeampi vuorovaikutteisuus auttaa oppijaa hahmottamaan selkeämmin omien toimien ja niiden seuraamusten väliset syy-seuraus-suhteet IVR-ympäristössä, mikä tukee toimijuuden kokemusta (Braun ym., 2018; Farrer ym., 2013; Johnson-Glenberg, 2019).

Hypoteesi 6: Työntekijät, jotka harjoittelevat turvallisuustoimintaa korkeamman vuorovaikutteisuuden IVR-ympäristössä, raportoivat kokevansa enemmän toimijuuden tunnetta.

Korkea vuorovaikutteisuus mahdollistaa oppijoille monipuolisempaa kehollista vuorovaikutusta IVR-ympäristön kanssa, mikä tukee spatiaalisen läsnäolon tunnetta (Johnson-Glenberg, 2019; Kiltene ym., 2012).

Hypoteesi 7: Työntekijät, jotka harjoittelevat turvallisuustoimintaa korkeamman vuorovaikutteisuuden IVR-ympäristössä, raportoivat kokevansa enemmän spatiaalisen läsnäolon tunnetta.

Korkeampi vuorovaikutteisuus voi verottaa oppijan kognitiivisia resursseja edellyttämällä oppijalta enemmän valppautta, valintojen tekemistä ja osallistumista monimutkaisempiin oppimistapahtumiin (Frederiksen ym., 2020; Gibson, 2014; Norman, 2013; Sweller, 2020).

Hypoteesi 8: Työntekijät, jotka harjoittelevat turvallisuustoimintaa korkeamman vuorovaikutteisuuden IVR-ympäristössä, raportoivat kokevansa korkeampaa ulkoisista tekijöistä johtuvaa kognitiivista kuormitusta.

Korkeampi vuorovaikutteisuus tarjoaa oppijalle enemmän mahdollisuuksia hyödyntää kehollista kognitiota oppimissisällön prosessoinnissa (Johnson-Glenberg, 2017) ja IVR-ympäristöön lisätyt vihjeet voivat tukea oppimisen kannalta oleellista kognitiivista prosessointia (Albus ym., 2021).

Hypoteesi 9: Työntekijät, jotka harjoittelevat turvallisuustoimintaa korkeamman vuorovaikutteisuuden IVR-ympäristössä, raportoivat kokevansa korkeampaa oppimissisällön prosessoinnin kannalta oleellista kognitiivista kuormitusta.

Spatiaalisen läsnäolon ja toimijuuden kokemukset lisäävät oppimistapahtuman osallistavuutta, jolloin oppijat voivat ottaa enemmän vastuuta oppimisprosessistaan (Johnson-Glenberg, 2019, 2017). VR-ympäristöön toteutetut monivalintatehtävät ja virheistä oppiminen tukevat opitun mieleen painamista ja -palauttamista (Metcalf, 2017). Näin ollen, kun oppijat ovat aktiivisemmassa vuorovaikutuksessa VR-ympäristön kanssa voi syntyä paremmat edellytykset myös työturvallisuutta koskevan tiedon omaksumiseen.

Hypoteesi 10: Työntekijät, jotka harjoittelevat turvallisuustoimintaa korkeamman vuorovaikutteisuuden IVR-ympäristössä, raportoivat koulutuksen jälkeen suuremmat muutokset työturvallisuustietoutta koskeviin tietoihin.

Korkeampi vuorovaikutteisuus tukee oppijoiden hallinnan tunnetta ja tarjoaa myönteistä vastetta oppijoiden toiminnalle ja vuorovaikutukselle, mikä tukee heidän minäpystyvyyttään (Bandura 1977, 1997). Harjoituksen käsikirjoitukseen voidaan sisällyttää oppijan oikea-aikaista ohjausta lähikehityksen vyöhykkeellä (Johnson-Glenberg, 2019; Vygotsky, 1978).

Hypoteesi 11: Työntekijät, jotka harjoittelevat turvallisuustoimintaa korkeamman vuorovaikutteisuuden IVR-ympäristössä, raportoivat koulutuksen jälkeen kasvanutta proaktiiviseen turvallisuuskäyttäytymiseen liittyvää minäpystyvyyttä.

7 Tutkimuksen toteutus

7.1 Satunnaistettu kenttäkoe

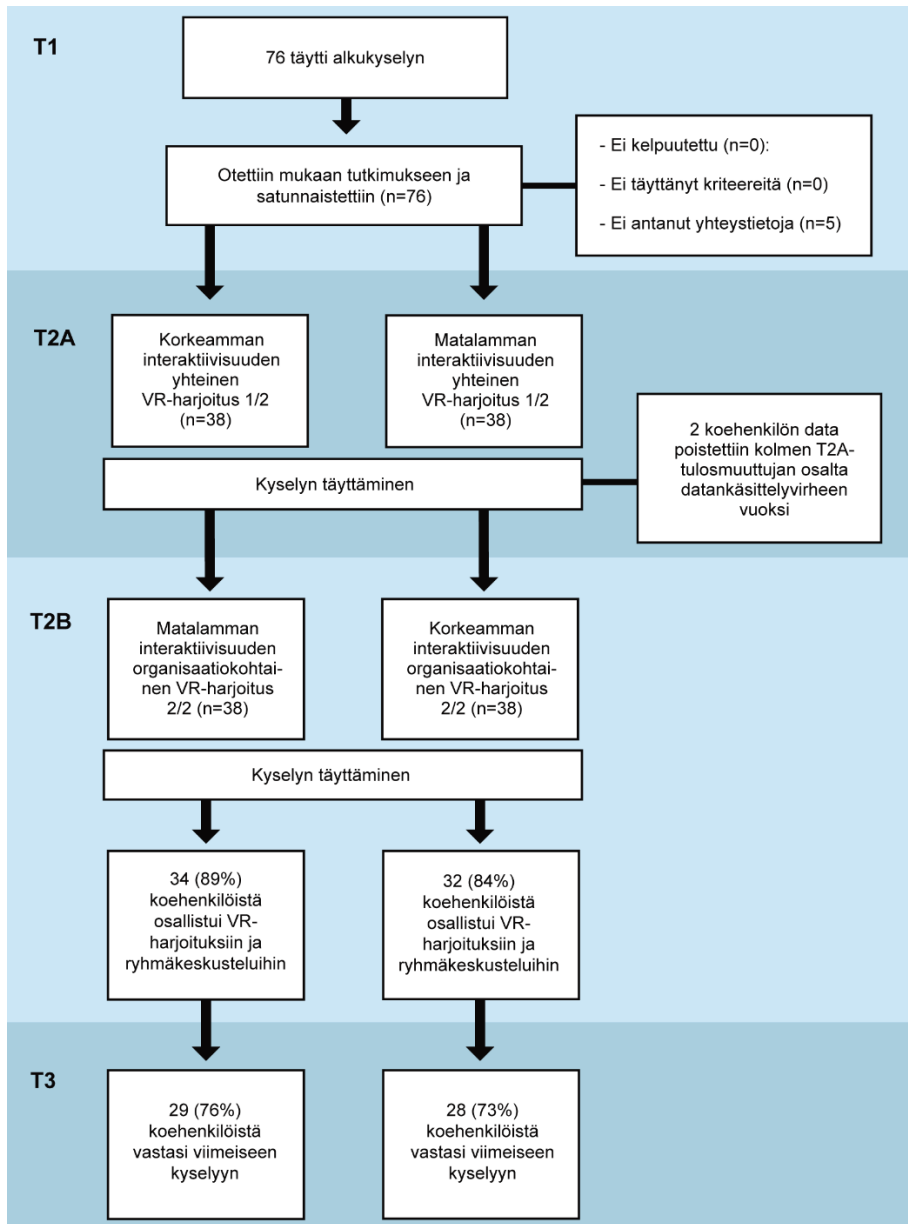
Tutkimuksen aineisto kerättiin satunnaistetuissa kenttäkokeissa, joihin osallistui kohdeorganisaatio 1:n (O1) ja kohdeorganisaatio 2:n (O2) työntekijöitä. Aineisto kerättiin ensin O1:n toimipisteissä keväällä 2022 ja O2:n toimipisteessä syksyllä 2022. Tällä järjestyksellä ei ollut tutkimuksen kannalta merkitystä. Aineisto kerättiin aina näiden organisaatioiden omissa tiloissa. Työturvallisuuskoulutukset toteutettiin 22 erässä, joista jokaiseen osallistui 2–4 koulutettavaa.

Ennen kenttäkokeiden toteutusta koehenkilöt vastasivat alkukyselyyn (T1, ks. Kuva 3) ja heidät satunnaistettiin kahteen ryhmään, jonka mukaisesti he saivat koulutustilanteesta ensin suoritettavaksi joko korkean tai rajatun vuorovaikutteisuustason version VR-koulutuksesta. Satunnaistaminen toteutettiin tietokoneen satunnaislukugeneraattorilla.

Kenttäkokeiden aineistonkeruu toteutettiin pedagogisessa mallissa esitetyn vaiheistuksen mukaisesti. Aluksi koehenkilöt kävivät fasilitoidun ryhmäkeskustelun. Seuraavaksi koehenkilöt perehdyttiin VR-laitteiston käyttöön. Tämän jälkeen tehtiin ensimmäinen harjoitus VR-laitteistolla, jonka jälkeen vastattiin ensimmäiseen seurantakyselyyn (T2A). Seuraavaksi suoritettiin toinen harjoitus VR-laitteistolla, jonka jälkeen vastattiin toiseen seurantakyselyyn (T2B). Yksi koulutusryhmä teki VR-harjoitukset aina rinnakkain. Lopuksi koehenkilöt ja kouluttaja kävivät toisen fasilitoidun ryhmäkeskustelun, joka päätti koulutustilaisuuden. Koulutusten toteutus on kuvattu tarkemmin luvussa 7.5.

Laadullinen aineisto muodostui kahdeksan koulutusryhmän ryhmäkeskusteluiden, perehdytysten ja VR-harjoitusten havainnoinnista ja videoinnista sekä osallistujien virikehaastatteluista. Kaikista 22 koulutustoteutuksesta tehtiin kenttämuistiinpanot. Laadullinen aineistonkeruu on kuvattu tarkemmin luvussa 7.4.

Noin kolmen kuukauden jälkeen toteutettiin vielä kolmas seurantakysely (T3), jonka avulla arvioitiin turvallisuusoppimisen pysyvämpi vaikutuksia ja koulutuksen vaikutuksia työturvallisuuskäyttämisen tasolla.



Kuva 3: Tutkimusasetelman toteutus. Virtuaaliharjoituksissa kukin osallistuja osallistui sekä yhteiseen (T2A; liikenteen seassa työskentely) että omaa organisaatiota koskevaan harjoitukseen (T2B; läpivalaisu TAI nostotyö). Koeryhmät oli arvottu siten, että puolet osallistui korkeamman vuorovaikutteisuuden toteutukseen yhteisessä harjoituksessa ja matalamman vuorovaikutteisuuden harjoitukseen organisaatiokohtaisessa harjoituksessa, toinen puoli matalamman vuorovaikutteisuuden toteutukseen yhteisessä ja korkeamman vuorovaikutteisuuden harjoitukseen organisaatiokohtaisessa harjoituksessa.

7.2 Määrälliset tutkimusmenetelmät

Satunnaistetussa kenttäkokeessa mitattiin, kuinka VR-harjoitusten varianttien vuorovai-
kutteisuuksien taso vaikutti oppimistuloksiin vertailuryhmien turvallisuuskäyttäytymi-
sessä.

Aluksi vertailuryhmiä verrattiin taustamuuttujien ja alkukyselyn tulosmuuttujien osalta.
Kyselyaineiston vinouma ja normaalijakauma tarkastettiin Shapiro-Wilk-testillä. Kysely-
aineiston data ei ole normaalijakautunutta, joten sen analysointiin käytettiin ei-pa-
metrisia testejä.

VR-harjoitusten vaikutuksia mitanneiden tulosmuuttujien eroja vertailuryhmien välillä
mitattiin Spearman-Brown-luotettavuusestimaatilla sekä Wilcoxon rank sum tai signed
rank-testeillä. Tulosmuuttujien mittauspisteet olivat heti VR-harjoitusten jälkeen sekä
kaksi kuukautta harjoitusten jälkeen.

7.3 Määrälliset tutkimusmittarit

Tutkimusmittarit olivat niin sanottuja tulosmuuttujia, jotka koostuivat kahdesta tai kol-
mesta saman aiheisesta kyselyn kysymyksestä (item). Tulosmuuttujia kutsutaan myös
nimellä summamuuttuja, joka hyvin kuvaa mitä ne ovat laskennallisesti, eli yksittäisten
kysymysvastausten lukuarvojen (tässä tapauksessa arvot väliltä 1–7) yhteenlasketusta
summasta. Muutokset tulosmuuttujissa aikapisteiden (T1, T2A, T2B, T3) välillä kertoivat
VR-koulutusten vaikutuksista koehenkilöihin.

Osallistujien *tyytyväisyyttä koulutukseen* mitattiin ajankohtana T2B kolmella väittämällä
(1 = täysin eri mieltä, 7 = täysin samaa mieltä):

- 1) "Koulutus oli mielestäni hyödyllinen työturvallisuuden parantamiseksi"
- 2) "Koulutuksen tarkoitus oli mielestäni selkeä"
- 3) "Opin koulutuksen aikana uusia asioita."

Koulutuksen *koettua hyödyllisyyttä* mitattiin ajankohtana T2B kolmella eri kysymyksellä
(1 = ei ollenkaan 7 = erittäin paljon): "Koetko virtuaalitodellisuuden harjoittelun lisän-
neen tietojasi tai taitojasi?", ja yksittäisinä arvioinnin kohteina olivat seuraavat osiot:

- 1) "Tunnistaa vaaraa aiheuttavia asioita työpaikalla"
- 2) "Tehdä työturvallisuutta koskevia havaintoja"
- 3) "Työskennellä turvallisesti".

Tutkittavien *turvallisuusmotivaatiota* mitattiin ajankohtina T1, T2B ja T3 käyttämällä kolmea kysymystä (1= Ei lainkaan tärkeää 7= Erittäin tärkeää) Hedlund ym. (2010) kehittämän mittarin pohjalta. Kysymykset sisälsivät seuraavaan ohjeen "Kuinka tärkeää pidät seuraavia asioita?"

- 1) " ... Työympäristön turvallisuuden edistäminen"
- 2) " ... Henkilökohtainen osallistuminen työympäristön turvallisuuden edistämiseen"
- 3) " ... Tehdä itse aloitteita työympäristön turvallisuuden edistämiseen".

Tutkittavien *hallinnan tunnetta työturvallisuuteen* arvioitiin ajankohtina T1, T2B ja T3 Curcuruton, Mearnsin ja Marianin (2016) kehittämän mittarin avulla. Mittari sisälsi kolme väittämää (1=täysin eri mieltä 7=täysin samaa mieltä):

- 1) "Minulla on paljon henkilökohtaisia mahdollisuuksia vaikuttaa työturvallisuuteen",
- 2) "Omilla teoillani on suuri merkitys työturvallisuuden kannalta",
- 3) "Koen voivani vaikuttaa merkittävästi työturvallisuuteen".

Hyötyodotuksia arvioitiin ajankohtina T1, T2B ja T3 soveltaen Morgan ym. (2021) kehittämää mittaria. Mittari sisälsi kaksi väittämää (1 = täysin eri mieltä 7 = täysin samaa mieltä):

- 1) "Työturvallisuus todennäköisesti vaarantuu, jos työntekijät eivät tee aktiivisesti turvallisuushavaintoja työympäristössään
- 2) " Työympäristön turvallisuushavaintojen tekemättä jättämisen seuraukset voivat olla vakavia".

Toiminnallisia työturvallisuustietoja mitattiin ajankohtina T1, T2B ja T3 Morgan ym. (2021) kehittämään tutkimusmittariin pohjautuen. Osallistujat vastasivat kahteen väittämään (1 = täysin eri mieltä, 7 = täysin samaa mieltä):

- 1) "Olen tietoinen siitä, milloin ja miten minun tulisi tehdä turvallisuushavaintoja työympäristöstäni
- 2) " Ymmärrän turvallisuushavaintojen tekemisen käytännöt työssäni.

Työturvallisuustietämystä mitattiin ajankohtina T1 ja T2B kolmella kysymyksellä (1=täysin eri mieltä, 7=täysin samaa mieltä):

Miten paljon samaa tai eri mieltä olet seuraavien väittämien kanssa:

- 1) Tiedän kuinka parantaa työturvallisuutta työssäni
- 2) Tiedän kuinka vähentää tapaturmien riskiä työssäni
- 3) Tiedän työni suorittamiseen tarvittavat varotoimet

Osallistujien minäpystyvyyttä *proaktiiviseen turvallisuuskäyttäytymiseen* mitattiin ajan-kohtina T1, T2B ja T3 neljällä kysymyksellä. Tutkittavilta kysyttiin hyvin he uskovat pys-tyvänsä toteuttamaan erilaisia toimia työturvallisuuden edistämiseksi (1 = erittäin huo-nosti 7 = erittäin hyvin)

- 1) ... Havainnoimaan epäkohtia tai puutteita työympäristössään
- 2) ... Tunnistamaan tapaturmavaaroja (esim. kompastumis- tai liukastumisvaarat) työympäristössään
- 3) ...Miettimään keinoja työturvallisuuden parantamiseen
- 4) ... Ilmoittamaan turvallisuushavainnoista työpaikallaan.

Tutkittavien *itsearviota turvallisuussuoriutumisesta ja osallistumisesta työturvallisuuden edistämiseen* arvioitiin ajankohtina T1 ja T3 perustuen Neal ym. (2000) kehittämään mit-tariin. Kaksi väittämää (1 = täysin eri mieltä, 7 = täysin samaa mieltä) mittasi osallistu-jien itsearviota turvallisuuskäytäntöjen noudattamisesta (esim. "Noudatan oikeita tur-vallisuusmenettelyjä työssäni" ja kaksi oma-aloitteisuutta työturvallisuuden edistämi-seen (esim. " Tarjoudun vapaaehtoisesti tekemään tehtäviä, jotka auttavat parantamaan työpaikkani turvallisuutta").

Lisäksi ajankohtina T1 ja T3 arvioitiin tutkimukseen osallistuneiden *proaktiivisuutta työ-turvallisuuden edistämiseen* hyödyntäen Hofmann ym. (2003) kehittämää mittaria, joka mittasi työntekijöiden proaktiivisten toimien määrää. Mittari sisälsi kysymyksiä, joiden näkökulmasta tutkittavat arvioivat kuinka usein he olivat toimineet työturvallisuutta edistäväällä tavalla viimeisten 2 kuukauden aikana (1 = ei ollenkaan 7 = usein). Esimer-kiksi:

- 1) Tehneet ehdotuksia työturvallisuuden parantamiseksi;
- 2) Ilmoittaneet muille epäkohdasta tai puutteesta työympäristössä ja
- 3) poistaneet tapaturmavaaraa aiheuttavan asian työympäristöstä.

Kognitiivista kuormitusta mitattiin välittömästi ensimmäisen VR-harjoituksen jälkeen ajankohtana T2A. Mittari pohjautui Klepsch, Schmitz & Seufert (2017) tutkimukseen si-sältäen kolme eri osa-aluetta: *sisäinen* (engl. intrinsic), *ulkoinen* (engl. extraneous) ja *hyödyllinen* (engl. germane) kognitiivinen kuormitus. Jokaiseen osa-alueeseen sisältyi kaksi eri väittämää (1=Täysin eri mieltä 7= Täysin samaa mieltä), sisäinen kognitiivinen kuormitus (esim. "Koulutuksen aikana täytyi pitää monta asiaa mielessä samanaikai-sesti), ulkoinen kognitiivinen kuormitus (esim. " Koulutuksen toteutustapa oli erittäin hankala oppimisen kannalta") ja hyödyllinen kognitiivinen kuormitus (esim. minun täy-tyi keskittyä erittäin paljon koulutuksen aikana).

VR-ympäristön tarjoamaa *toimijuuden tunnetta* mitattiin ajankohtana T2A Polito, Bannier & Woody (2013) kehittämän mittarin avulla. Mittariin sisältyi kolme väittämää (1=Täysin eri mieltä 7=Täysin samaa mieltä, esim. "Kokemukset ja toiminta virtuaaliympäristössä tuntuivat minun itseni tuottamilta").

Spatiaalisen läsnäolon tunnetta mitattiin ajankohtana T2A mittarilla, joka koostettiin Schubert ym. (2001) ja Witmer & Singer (1994) kehittämien mittarien pohjalta. Mittari sisälsi 4 väittämää (1=Täysin eri mieltä 7=Täysin samaa mieltä, esim. "Tunsin olevani läsnä virtuaalimaailmassa").

7.4 Laadulliset tutkimusmenetelmät

Osatutkimuksessa 1 haastateltiin yhteensä 18 työturvallisuuskouluttajaa ja -perehdyttäjää tutkimushankkeen alussa. Haastateltavat rekrytoitiin molemmissa organisaatioissa nimetty yhteyshenkilö. Haastateltavista 11 henkilöä työskenteli O1:ssa ja 8 O2:ssa. Puolistrukturoitujen teemahaastattelujen avulla kartoitettiin kouluttajien käsityksiä työturvallisuuskoulutuksen tavoitteista sekä parhaiten toimivista pedagogisista käytännöistä. Haastattelut pidettiin videokonferenssisovelluksen välityksellä ja haastateltava sai valita, pidettiinkö kamerat päällä. Haastattelut tallennettiin äänitiedostoiksi digitaalisella audiotallentimella ja varatallentimena käytettiin matkapuhelinta. Haastattelut kestivät 25–40 min, keskimäärin 33 min 51 s. Aineistoa kertyi kaikkiaan 10 h 9 min 19 s. Äänitallenteet litteroitiin ulkoinen palveluntarjoaja. Litteroitua aineistoa oli 55 920 sanaa, eli 143 sivua (A4, haastattelijan ja haastateltavan repliikit rivivälillä 1). Litteroinnit tarkastettiin ja korjattiin tarpeellisilta osin äänitiedostojen mukaisiksi ennen niiden vientiä NVivo-sovellukseen (QSR International, MA, USA) sisällönanalyysiä varten. Tutkimuskysymyksiin vastaaminen edellytti sekä teoria- että sisältöohjaavaa analyysiä. Osatutkimuksen 1 tulokset sisällytettiin luvussa 5 esiteltyyn pedagogiseen malliin, johon koulutusinterventoiden toteutus pohjautui.

Osatutkimuksissa 2 ja 3 käytettiin koulutusintervention aikana kerättyjä laadullisia aineistoja. Kaikista 22 koulutuksesta tehtiin kenttämuistiinpanot, joihin merkittiin tiedot esimerkiksi käytetyistä tiloista, taustamelusta, ryhmäkoosta ja kouluttajien lukumäärästä. Kenttämuistiinpanot sisälsivät havainnointia osallistujista VR-harjoitusten aikana (mm. häiriöt ja keskeytykset sekä tukeutuminen tutkimusryhmän apuun harjoituksessa). Koulutusvaiheiden kestot kirjattiin kellonaikaleimoina minuutin tarkkuudella. Kenttämuistiinpanoihin kirjattiin myös koulutusten jälkeen kouluttajien kanssa käytyä vapaa- muotoiset palautekeskustelut, joista tehtiin samanaikaisesti muistiinpanoja käsin (max. yksi A5-sivu). Nämä keskustelut pidettiin heti koulutustoteutusten jälkeen ja ne kestivät noin 15 min.

Kolme koulutusryhmää O1:sta ja viisi O2:sta videoitiin. Keskusteluosuudet tallennettiin 360-kameralla. VR-perehdytys- ja VR-harjoitusosuudet tallennettiin web- ja 360-kameroilla. VR-harjoitukset tallennettiin myös VR-laseilla käyttäjän näkökulmasta. Lisäksi näissä koulutuksissa havainnointiin osallistujia reaaliaikaisesti joko videokuvan välityksellä tai koulutustilassa. O2:ssa videon välityksellä havainnointi ei teknisistä syistä onnistunut kolmessa koulutuksessa.

Videoituihin koulutuksiin osallistuneiden kanssa sovittiin virikehaastattelut, jotka tehtiin ensisijaisesti videokonferenssisovelluksella 14–31 päivää koulutuksen jälkeen ja tallennettiin digitaalisella äänitallentimella matkapuhelinta varatallentimena käyttäen. Haastateltavia oli 23: 12 koeryhmästä A ja 11 koeryhmästä B. Haastateltava sai valita, pidettiinkö haastattelutilanteessa kamerat päällä. Virikehaastattelun aikana koulutustilanteen kulku käytiin läpi vaihe vaiheelta käyttäen tukena poimintoja haastateltavaa koskevista videotallenteista. Poiminnot oli tutkimusryhmässä valittu etukäteen oppimisen kannalta merkittävistä tilanteista kuten onnistumisista ja epäonnistumisista. Yksi haastattelu tehtiin teknisten ongelmien vuoksi puhelimitse, jolloin videopoimintoja ei voitu näyttää. Haastattelujen kestot vaihtelivat 36–70 min välillä. Haastattelun keskimääräinen kesto oli 48 min 40 s. Haastattelutallenteiden pituus yhteensä oli 18 h 39 min 20 s. Tallenteet litteroi ulkoinen palveluntarjoaja. Litteroitua aineistoa kertyi 112 413 sanaa ja 285 sivua (A4, haastattelijan ja haastateltavan repliikit rivivälillä 1).

Osatutkimuksessa 2 empiirisestä määrällisestä aineistosta tehdyt löydökset ohjasivat koulutusinterventiossa koulutukseen osallistuneiden 23 henkilön virikehaastatteluaineiston sisällönanalyysia. Teoriaohjaavan sisällönanalyysin keskiöön nostettiin käsitteitä tutkimuskysymyksiin vastaamisen kannalta olennaisista mittareista: läsnäolon tunne, toimijuuden tunne ja kognitiivinen kuormitus (Taulukko 1).

Taulukko 1 Analyysikehikko, 2. osatutkimus.

TEEMA	KOODAUSVIITE
TOIMIJUUDEN TUNNE	Oppija puhuu toiminnan aloittamisesta ja suorittamisesta IVR-ympäristössä (Braun ym., 2018)
SPATIAALISEN LÄSNÄOLON TUNNE	Oppija puhuu IVR-ympäristön "sisällä" olemisen tunteesta (Lee, 2004)
OPPIMISEN KANNALTA OLEELLINEN KOGNITIIVINEN KUORMITUS	Oppija puhuu IVR-oppimissisältöön keskittymisestä ja sen prosessoinnista (Klepsch ym., 2017)

Kaikki litteroitu virikehaastatteluaineisto tarkistettiin ja korjattiin äänitallenteiden mukaiseksi tarpeellisin osin. Litteroinnit tuotiin NVivo-järjestelmään ja luettiin läpi useaan kertaan, ennen kuin niihin lisättiin koulutusvaiheiden mukaiset väliotsikot, joiden perusteella aineisto voitiin automaattisesti koodata vaiheisiin. Aineiston tarkastelu haastattelurakenteen mukaisina ryppäinä auttoi tunnistamaan toistuvia teemoja aineistossa sisällönanalyysin edetessä. Analyysiyksikkönä käytettiin yhtä tai useampaa virkettä, jotka ilmaisivat koherenttia ideaa tai ajatusta.

Tutkimuskysymyksiin vastaaminen edellytti sekä aineisto- että teorialähtöistä sisällönanalyysiä. Analyysikehikkoa hyödyntäen aineistosta koodattiin teemoittain avainkäsitteiden määritelmän mukaisia kohtia, josta sen jälkeen muodostettiin kategorioita aineistolähtöiselle analyysin avulla tutkimuskysymykseen 1 vastaamiseksi. Aineistolähtöisessä analyysiprosessissa tunnistettiin tutkimuskysymykseen 2 liittyviä vuorovaikutteisuuteen ja oppimiseen liittyviä kategorioita, jotka koottiin erillisen teeman alle. Nämä tekstiotteet koodattiin myös sen mukaan, ilmaisiko haastateltava positiivista vai negatiivista kokemusta. Koodatut otteet jaettiin edelleen positiivisiksi ja negatiivisiksi kategorioiksi teemojen alla. Kategorioita hiottiin ja muokattiin sekä yhdisteltiin päällekkäisyyksien välttämiseksi. Lopuksi koodattu materiaali alistettiin matriisianalyysille, joiden avulla tarkasteltiin eri koeryhmiin kuuluneiden haastateltavien kommentteja frekvensseittäin haastattelun eri vaiheissa ja sen mukaan, koskivatko ne korkeaa vai rajoitettua vuorovaikutteisuutta soveltavaa harjoitusversiota. Löydökset on esitetty luvussa 8.2.

Osatutkimuksessa 3 koulutusintervention sisältämien keskusteluosuuksien toteutusta arvioitiin analysoimalla teoriaohjaavasti 16 keskustelutallennetta (8 johdanto- ja 8 loppukeskustelua). Analyysi tehtiin NVivossa 14 keskustelun osalta ilman tallenteiden erillistä litterointia suoraan videotallenteesta, ja 2 tallenteen osalta teknisistä syistä audiotallenteesta. Videomateriaalia oli 4 h 53 min 17 s ja audiomateriaalia 37 min 29 s.

Sisällönanalysissä etsittiin tallenteista analyysikehikossa esitettyjen määritelmien mukaisesti keskusteluohjeeseen kirjattuja teemoja, jotka koostuivat keskusteluaiheista ja ohjauskäytännöistä (Taulukko 2).

Taulukko 2 Analyysikehikko, 3. osatutkimus

VAIHE	TEEMA	KOODAUSVIITE
ALKUKESKUSTELU	Anna oppijoille yleiskuva koulutustilanteesta. Esittele aiheet, tavoitteet ja keskeiset käsitteet.	Annetaan yleiskatsaus koulutuksesta (vaiheistus, kesto, muut käytännön asiat). Annetaan yleiskatsaus koulutusaiheesta ja IVR-harjoituksen sisällöstä. Keskeiset käsitteet esitellään ja taustoitetaan.
	Keskusteluta oppijoiden omista tavoitteista koulutukselle.	Oppijoita kannustetaan kertomaan odotuksistaan ja tavoitteistaan koulutukselle.
	Keskusteluta aiemmista kokemuksista.	Oppijoita kannustetaan keskustelemaan aikaisemmasta VR-kokemuksestaan. Oppijoita ohjataan pohtimaan viimeaikaisia työturvallisuusaiheisia kokemuksiaan.
	Keskusteluta skenaarion aiheen merkityksellisyydestä oppijoiden työn kannalta.	Oppijoita ohjataan pohtimaan skenaarion aiheen merkitystä heidän nykyisissä työtehtävissään ja rooleissaan.
LOPPUKESKUSTELU	Käy läpi IVR-kokemukset.	Oppijoita ohjataan pohtimaan IVR-kokemusta ja oppimissisältöä.
	Palaa oppijoiden odotuksiin ja tavoitteisiin	Oppijoita pyydetään pohtimaan IVR-kokemusta heidän tavoitteidensa ja odotustensa toteutumisen kannalta.
	Keskusteluta harjoituksesta suhteessa oppijoiden työhön. Anna ja pyydä palautetta.	Oppijoita kannustetaan keskustelemaan harjoitusten sisällöstä heidän oman työnsä näkökulmasta. Oppijoille annetaan palautetta. Oppijoita kannustetaan antamaan palautetta.
SEKÄ ALKU- ETTÄ LOPPUKESKUSTELU	Luo positiivinen ja emotionaalisesti turvallinen ilmapiiri.	Rakennetaan myönteistä tunneilmapiiriä ja vuorovaikutusta.
	Tue oppijan aktiivisuutta ja toimijuutta.	Käytetään oppijakeskeisiä fasilitointitekniikoita, kuten avoimia kysymyksiä ja tiedonrakentelun tukemista.

Ohjataan oppijoita toimimaan yhteisten turvallisuuskäytäntöjen ja turvallisuuskulttuurin mukaisesti oikea-aikaisen ohjauksen avulla.

Teemojen esiintyminen ja pois jääminen taulukoitiin, jolloin koulutustoteutukset voitiin pisteyttää sen mukaan, miten laajasti fasilitoinnissa oli hyödynnetty keskusteluohjetta. Löydökset on esitetty luvussa 8.4.

7.5 Koulutusten toteuttaminen

O1:ssa koulutuksia fasilitoi työvuoroista riippuen 1–2 kouluttajaa. O2:ssa koulutuksia fasilitoi ensimmäisissä koulutustoteutuksissa yhden kouluttajan lisäksi digitaalisten koulutusratkaisujen asiantuntija. Kaikkiaan keskusteluohjeen käyttöön perehdytettiin organisaatioista viisi henkilöä kouluttajien varahenkilöt mukaan lukien.

Koulutukset toteutettiin pedagogisen mallin vaiheita ja ohjauksellisia periaatteita noudattaen. Johdantokeskustelussa kerrottiin osallistujille koulutustilanteen etenemisestä, keskusteltiin koulutuksen aiheesta ja tavoitteista sekä osallistujien omista odotuksista, ja avattiin keskeiset käsitteet. Aikaisempia kokemuksia käsiteltiin sekä suhteessa virtuaalitodellisuuteen että työturvallisuuteen. Työturvallisuudesta keskusteltiin osallistujien omien kokemusten kautta ja heidän työtehtäviensä kontekstissa. Johdantokeskustelut kestivät noin 15 minuuttia.

Ennen VR-harjoituksiin siirtymistä tutkimusryhmän jäsen perehdytti osallistajat VR-laitteiden käyttöön ja niiden säätämiseen itselle sopiviksi. Heidät ohjattiin sen jälkeen siirtymään omalle harjoitusalueelleen ja pukemaan VR-lasit. Osallistujia kehoitettiin pyytämään apua, mikäli he kokivat epämukavuutta tai kohtasivat ongelmia harjoituksen aikana. Tutkimusryhmän jäsen varmisti jokaiselta osallistujalta, että laitteet istuivat mukavasti, ja ohjasi tämän aloittamaan VR-harjoitusta edeltävän opastuksen. Alle minuutin kestäneessä opastuksessa osallistuja harjoitteli VR-ympäristössä liikkumista sekä ohjaimella osoittamista ja klikkaamista. Opastuksen loppuksi osallistuja siirtyi automaattisesti harjoitukseen. Opastus suoritettiin ennen kumpaakin VR-harjoitusta. Harjoituksissa etenemistahti riippui osallistujasta itsestään eikä suoritukseen käytettävissä olevaa maksimiaikaa ollut rajattu harjoituksen eri versioissa.

VR-harjoitusten ja niihin liittyvien kyselyiden täyttämisen jälkeen osallistajat ohjattiin palaamaan ryhmäkeskustelutilaan. Loppukeskustelussa käytiin ensin läpi osallistujien VR-kokemukset. Alussa asetetuista tavoitteista ja odotuksista keskusteltiin uudelleen. Harjoitusten sisällöstä keskusteltiin suhteessa osallistujien omaan työhön. Osallistujia

rohkaistiin antamaan palautetta. Kouluttajien tehtävänä oli luoda myönteinen oppimis-ilmapiiiri ja tukea osallistujien aktiivisuutta ja pystyvyyden tunnetta. Loppukeskustelut kestivät noin 30 minuuttia.

7.6 VR-harjoitusten sisältö

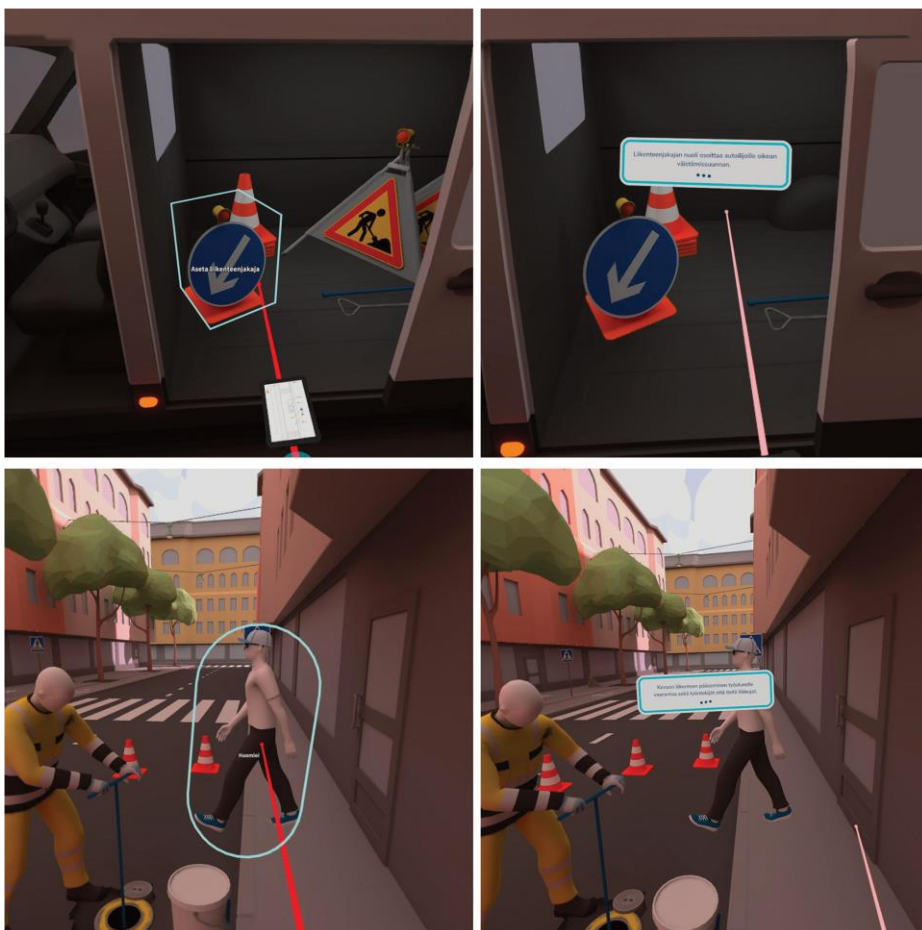
Molemmille organisaatioille yhteisen harjoituksen sisältö ei liittynyt suoraan kummankaan organisaation osallistujien tavanomaisiin työtehtäviin: harjoituksessa suoritettiin lyhyt kaupunki-infrastruktuuriin liittyvä työtehtävä liikennöidyllä kadulla, johon sisältyi väliaikaisen työmaan pystytys ja purkaminen. Harjoituksen ensimmäisessä vaiheessa tutkittiin alkutietoja työkohteesta, suunniteltiin työmaa-alue ja tarvittava liikenteenohjaus, sekä tarkistettiin että työmaalle tulee mukaan kaikki tarvittavat välineet. Toisessa vaiheessa väliaikainen työmaa ja liikenteenohjaus pystytettiin työkohteessa kadulla, sekä havainnoitiin mahdollisia turvallisuusriskejä samalla kuin työkaveri suoritti työtehtävän. Kolmannessa vaiheessa käytiin läpi tarvittava tiedotus ja yhteydenpito tehdystä työstä, työmaa purettiin ja työmaalta poistuttiin turvallisesti liikenteen sekaan.

O1:n työntekijöiden suorittamassa organisaatiokohtaisessa harjoituksessa aiheena oli matkustajaliikenteessä tyypillinen asiakkaan tavaroiden läpivalaisu, jossa keskityttiin erityisesti töiden valmisteluun ja niiden turvalliseen suorittamiseen kolmessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa siistittiin työalue, tarkistettiin että kaikki mahdollisesti tarvittavat turvavälineet löytyivät omilta paikoiltaan ja varmistettiin että läpivalaisulaite toimi oikein. Toisessa vaiheessa käytiin läpi tavanomaisia tilanteita asiakkaan kanssa työskentelystä, ergonomisia työasentoja, miten toimitaan turvallisesti odottamattomassa vikatilanteessa, sekä käytiin läpi oikeat työvaiheet lisätarkastuksen suorittamiseen. Kolmannessa vaiheessa suoritettiin lisätarkastus asiakkaan tavaralle vaarantamatta omaa terveyttä, sekä tavarain palautus asiakkaalle, jossa painotettiin ystävällistä asiakasyhteistyötä.

O2:n työntekijöille suunnitellussa organisaatiokohtaisessa harjoituksessa suoritettiin raskaan laitteen nosto teollisuushallissa kahden eri kerroksen välillä kolmessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa suunniteltiin nostotyö: jaettiin työn eri roolit siihen osallistuville työntekijöille, valittiin soveltuvat nostovälineet, suunniteltiin reitti ja varmistettiin että nostoalue on turvallinen, sekä tarkistettiin nostettava laite ja sen kiinnitys. Toisessa vaiheessa ohjattiin itse nostotyötä valitsemalla oikeat komennot nostolaitteen käyttäjälle, sekä reagoitiin turvallisesti yllättävään tilanteeseen. Viimeisessä vaiheessa nostotyö käytiin läpi osallistuneiden työntekijöiden kesken ja keskusteltiin siitä, miten se onnistui.

7.7 Korkean ja rajoitetun vuorovaikutteisuuden toteuttaminen VR-harjoituksissa

Korkean vuorovaikutteisuuden harjoituksissa osallistujaa puhuteltiin aktiivimuodossa ja kehoitettiin suoraan tutkimaan virtuaalista ympäristöä ja etsimään sieltä havaintoja osoittamalla ja klikkaamalla niitä. Lisäksi he pystyivät vaikuttamaan ympäristöön poistamalla vaaroja ja korjaamalla ongelmia, sekä tekemään valintoja annetuissa tehtävissä. Sisällöissä oli myös mahdollista tehdä vääriä valintoja, mutta ne oli aina korjattava, jotta sisältö eteni. Tietyissä vaiheissa osallistujia myös opastettiin kävelemään merkityille alueille ja tekemään eleitä liikeohjainten kanssa.



Kuva 4 Esimerkkejä Liikenteen keskellä työskentely -skenaariosta. Vasemmalla korkeamman ja oikealla matalamman vuorovaikutteisuuden versio vastaavissa kohdissa harjoitusta. Kohteen aktiivinen valinta korkeamman vuorovaikutteisuuden versiossa on korvattu passiivimuotoisella selostavalla tekstisisällöllä matalan vuorovaikutteisuuden versiossa.

Rajoitetun vuorovaikuteisuuden harjoitukset oli kirjoitettu uudestaan käyttämään vain passiivimuotoa, osallistujan ei ikinä viitattu, eikä häntä pyydetty tekemään työturvallisuuteen liittyviä havaintoja tai toimia. Virtuaalinen ympäristö silti muuttui sisällön edessä, mutta sen sijaan että osallistuja olisi itse etsinyt havaintoja, niiden tietosisältö esitettiin hänelle automaattisesti ilman tarvetta löytää mitään. Osallistujalle ei annettu tehtäviä, hänen ei ollut mahdollista tehdä mitään valintoja, eikä eleitä tarvinnut tehdä liikeohjaimilla. Näissä sisällöissä osallistujan ei ollut mahdollista nähdä tietosisältöä vääristä valinnoista, muuten harjoitusmuotojen välinen tietosisältö oli identtinen ja harjoitukset etenivät samassa järjestyksessä samojen vaiheiden läpi.



Kuva 5 Esimerkkejä Matkustajaliikenteen läpivalaisu -skenaariosta. Vasemmalla korkeamman ja oikealla matalamman vuorovaikuteisuuden skenaario vastaavissa kohdissa harjoitusta. Kohteen tai toiminnon aktiivinen valinta korkeamman vuorovaikuteisuuden versiossa on korvattu passiivimuotoisella selostavalla tekstisisällöllä matalan vuorovaikuteisuuden versiossa.



Kuva 6 Esimerkkejä Nostotyö -skenaariosta. Vasemmalla korkeamman ja oikealla matalamman vuorovaikutteisuuden skenaario vastaavissa kohdissa harjoitusta. Kohteen aktiivinen valinta korkeamman vuorovaikutteisuuden versiossa on korvattu passiivimuotoisella selostavalla tekstisisällöllä matalan vuorovaikutteisuuden versiossa.

8 Tulokset

8.1 Taustatietoa koehenkilöistä

Koehenkilöistä naisia oli 39.5% ja miehiä 60.5%. Koehenkilöiden iän keskiarvo oli 41.5 vuotta ja työkokemuksen keskiarvo 9.7 vuotta. Lähes puolet heistä ei ollut koskaan kokeillut VR-laitteita ja yhtä moni sanoi kokeilleensa joskus. Koehenkilöistä 15.5% sanoi olleensa aikaisemminkin VR-koulutuksessa. Koehenkilöistä 24.7% kertoi kokeneensa hoitoa vaatineen työtapaturman viimeisen kolmen vuoden aikana. Koehenkilöt olivat operatiivisen tason työntekijöitä.

8.2 IVR-ympäristön tarjoamat toimijuuden ja spatiaalisen läsnäolon tunteet, kognitiivinen kuormitus ja oppimistulokset

Tutkimuksessa mitattujen IVR-tarjoumien, toimijuuden ja spatiaalisen läsnäolon, kokemisessa havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero koeryhmien välillä O1 osalta. Eroa ei havaittu O2:ssa. O1:ssa korkea vuorovaikutteisuus oli yhteydessä vertailuryhmää merkitsevästi vahvempaan toimijuuden kokemukseen sekä matalampaan läsnäolon tunteeseen (taulukot 3-4).

Taulukko 3 Toimijuuden tunne, spatiaalisen läsnäolon tunne, oppimisen kannalta oleellinen (GCL) ja epäoleellinen (ECL) kognitiivinen kuormitus O1:ssa korkean ja rajoitetun vuorovaikutuksen (VV) tilanteissa

ORGANISAATIO 1 (N=46)	KORKEA VV	RAJOITETTU VV	MANN-WHITNEY U (P.)
TOIMIJUUS	5.34 (1.10) [5.66]	4.46 (1.18) [4.66]	153.500 (.01)
SPAT LÄSNÄOLO	5.75 (0.65) [5.75]	6.17 (0.64) [6.25]	358.500 (.03)
GCL KOGN KUORMITUS	3.97 (1.86) [4.00]	2.54 (1.15) [2.00]	143.500 (<.01)
ECL KOGN KUORMITUS	1.78 (0.64) [2.00]	1.52 (0.58) [1.50]	199.000 (.14)

*Keskiarvo (keskihajonta) [mediaani]

Taulukko 4 Toimijuuden tunne, spatiaalinen läsnäolon tunne, oppimisen kannalta oleellinen (GCL) ja epäoleellinen (ECL) kognitiivinen kuormitus O2:ssa korkean ja rajoitetun vuorovaikutuksen (VV) tilanteissa

ORGANISAATIO 2 (N=22)	KORKEA VV	RAJOITETTU VV	MANN-WHITNEY U (P)
TOIMIJUUS	4.75 (0.84) [5.00]	5.00 (1.36) [5.00]	58.500 (.92)
SPAT LÄSNÄOLO	5.81 (1.00) [5.75]	5.57 (1.44) [6.00]	67.000 (.67)
GCL KOGN KUORMITUS	2.58 (0.76) [2.50]	1.75 (0.67) [1.75]	24.000 (<.05)
ECL KOGN KUORMITUS	1.95 (1.01) [1.50]	1.50 (0.47) [1.50]	47.000 (.41)

*Keskiarvo (keskihajonta) [mediaani]

STRI-haastatteluaineiston (n=23) teorialähtöisessä analyysissä tehtyjen löydösten mukaan toimijuuden kokemista tukivat osallisuus ja osallistuminen IVR-harjoituksen tapahtumiin sekä IVR-ympäristön hyvä vaste omalle toiminnalle, ja sitä heikensivät toimijuutta koskevien ennako-odotusten täyttymättä jääminen sekä käsikirjoituksen asettamat rajoitukset esimerkiksi työympäristön siistimiseen ja laiteturvallisuustarkastukseen liittyvien tehtävien suorittamisessa (Taulukko 5).

Taulukko 5 Haastatteluaineistosta tunnistettuja toimijuuden havaitsemista tukevia ja heikentäviä tekijöitä

TOIMIJUUS	KATEGORIA	HAASTATTELUAINAUS
TUKEE	Osallisuus	<i>Se oli tosi mielenkiintonen ja siinä sai itse tehdä, kun piti tarkastella niitä työvälineitä, mitä sulla oli, ja sitä autoa ja liikennettä . . .Se teki siitä tosi mielenkiintosen, koska se osallistutti minua tosi paljon. (Oppija 19)</i>
	IVR vaste	<i>Se oli musta johdonmukanen ja reagoi siihen, mitä mä tein, niin se just autto sitä, et se tuntui siltä, et mä hallitsin sitä. (Oppija 5)</i>
HEIKENTÄÄ	Toteutumattomat odotukset	<i>Sitä koko ajan odotti, että . . . vähän käsitellään tiettyjä asioita, ja sit me ruvetaan toimeen, et me toimitaan ja valitaan joitakin asioita. (Oppija 23)</i>
	Käsikirjoituksen asettamat rajoitukset	<i>Lähin asentamaan näitä liikenteenohjaukaskartioita ja muuta vastaavaa, näit tieliikennemerkkejä, mut se [VR-ympäristö] ei suostunu mitää antaa käyttöön. Sit vast myöhemmin tuli sielt et tee näin ja näin. (Oppija 16)</i>

Spatiaalisen läsnäolon kokemusta tukivat syvä uppoutuminen, fyysinen liikkuminen, aitoa ympäristöä jäljittelevän IVR-ympäristön 'tuttuus' ja oppijan oma asennoituminen

harjoituksen aitouteen (buy-in). Läsnaolon kokemusta heikensivät ulkoiset häiriötekijät harjoituksen aikana, asennoituminen kokemukseen epäaitona ja ristiriita aistihavainnoissa IVR-näkymän vs. fyysisen välillä (Taulukko 6).

Taulukko 6 Haastatteluaineistosta tunnistettuja, toimijuuden tunteen havaitsemista tukevia ja heikentäviä tekijöitä

LÄSNÄOLO	KATEGORIA	HAASTATTELULAINAUS
TUKEE	Syvä uppoutuminen	<i>Siin välillä jopa vähän unohti, et on VR-maailmassa, ku siihen maailmaan uppoutuu aika syvästi yhtäkkiä heti. (Oppija 1)</i>
	Fyysinen liikkuminen	<i>Tässä pitää selkeesti ottaa niitä askeleita . . . tai olla tietyssä paikassa ja liikkua kävellen siihen, niin se ehkä tietyllä tavalla lisää sitä todellisuuden tuntua. (Oppija 14)</i>
	Tuttu ympäristö	<i>Tunnistin kyllä paikan ihan hyvin, missä niinku oltii, et . . . aika todentuntusta oli, että ties missä oli ja mitä piti tehdä. (Oppija 10)</i>
HEIKENTÄÄ	Asennoituminen kokemukseen aitona ('buy-in')	<i>Mä näin niin kun oikeit asioitaki välillä siinä, että vaikka se oli virtuaalista; oli ne suojatiet ja systeemit ja ihminen tuli, niin kyl mä näin sen . . . ihan oikeena välillä. (Oppija 11)</i>
	Ulkoiset häiriötekijät	<i>Kun kuunteli, et nyt kaveri on suorittanu, ja mul on viel vaikka mitä tekemättä, niin sit yritti jotenki mennä nopeesti. (Oppija 12)</i>
	Asennoituminen kokemukseen epäaitona	<i>Mä satuin oleen siinä ja sitten se [nostettava kappale] lähti nouseen . . . Oikeessa elämässä voi olla, että ottais sivuaskelen. (Oppija 17)</i>
	Ristiriita aistihavainnoissa (IVR-näkymä vs fyysinen)	<i>Loppukohtaukses piti astua sinne jalkakäytävän puolelle, niin jopa oisin astunut kynnyksen yli . . . Tajusin sen jälkeen, et enhän mä missään oikeesti noussu korkeemmalle, et se on vaan tää maailma. (Oppija 6)</i>

Kummassakin organisaatiossa oppimista häiritsevä kognitiivinen kuormitus oli kyselytulosten mukaan matalaa koeryhmästä riippumatta. Oppimista tukeva kognitiivinen kuormitus oli sen sijaan tilastollisesti merkitsevästi suurempaa korkean vuorovaikutteisyyden yhteydessä. Laadullisten tulosten mukaan oppimissisällön prosessointia tukivat opittavaan sisältöön keskittyminen ja työturvallisuusprosessien reflektointi harjoitusten aikana, ja sitä häirtasi oppijan pyrkimys harjoituksen nopeaan suorittamiseen (Taulukko 7).

Taulukko 7 Haastattelulaineistosta tunnistettuja oppimisen kannalta oleellista kognitiivista prosessointia (GCL) tukevia ja heikentäviä tekijöitä

GCL	KATEGORIA	HAASTATTELULAINAUS
TUKEE	Opittavaan sisältöön keskittyminen	<i>Siinä kun täysin melkein oikeestaan unohti sen koko muun ympäristön ihan kokonaan ja keskitty vaan siihen tehtävään. (Oppija 9)</i>
	Työturvallisuus-prosessien reflektointi	<i>Kyl mä ajattelin koko ajan siinä, kun tätä tehtävää suoritettiin. Tossa mä lähin just peruuttamaan . . . enemmän tonne kaiteen viereen ja vähän kauemaks tosta moottorista, et jos se ois vaikka tippunut, niin olisin ollut tarpeeks kaukana siitä, mut kuitenkin vielä niin, et nosturikuski näkee mut, koska mä olin se merkinnäyttjä siinä. (Oppija 19)</i>
HEIKENTÄÄ	Suoritus-nopeuteen keskittyminen	<i>Mä en varmaan kertaakaan kattonu sitä listaa, mä vähän sit kans hutiloin tossa tilanteessa . . . Mä jotenkin vaan halusin päästä tosta eteenpäin, mä en kyllä hirveen hyvin keskittynyt itsekkään tohon. (Oppija 20)</i>

Minäpystyvyyttä ja työturvallisuustietoa koskeissa oppimistuloksissa havaittiin merkitsevät erot koeryhmien välillä O1:ssa. Työpaikkakohtaisessa VR-harjoituksessa korkeaa vuorovaikutteisuutta kokeneiden ryhmässä sekä minäpystyvyys proaktiiviseen turvallisuuskäyttäytymiseen että työturvallisuustieto vahvistuivat, mutta rajoitetun vuorovaikutteisuuden ryhmässä vain työturvallisuustieto vahvistui. O2:n osalta tulokset eivät olleet merkitseviä kummassakaan ryhmässä (Taulukot 8–9).

Taulukko 8 Koettu pystyvyys proaktiiviseen turvallisuuskäyttäytymiseen (PTK) ja työturvallisuustieto alkukyselyssä (T1) ja toistomittauksessa (T2) O1:ssa

ORGANISAATIO 1 (N=44)	T1	T2	WILCOXON TEST, Z (P)
MINÄPYSTYVYYS PTK	5.25 (0.89) [5.37]	5.60 (0.65) [5.70]	2.92 (<.01)
TURVALLISUUSTIETO	5.08 (0.87) [5.00]	5.62 (0.74) [5.66]	3.48 (<.01)

*Keskiarvo (keskihajonta) [mediaani]

Taulukko 9 Koettu pystyvyys proaktiiviseen turvallisuuskäyttäytymiseen (PTK) ja työturvallisuustieto alkukyselyssä (T1) ja toistomittauksessa (T2) O2:ssa

ORGANISAATIO 2 (N=44)	T1	T2	WILCOXON TEST, Z (P)
MINÄPYSTYVYYS PTK	5.74 (0.94) [6.00]	5.85 (0.81) [6.00]	0.63 (.52)
TURVALLISUUSTIETO	5.93 (0.84) [6.00]	5.59 (1.01) [5.66]	-1.13 (.25)

**Keskiarvo (keskihajonta) [mediaani]*

Laadullisen aineiston induktiivinen analyysi toi esiin oppijoiden näkemyksiä IVR-ympäristön korkean vuorovaikutteisuuden eduista oppimiselle. Haastateltavat vertailivat kahta erilaista toteutusta kertoen myös, mikä rajoitetun vuorovaikutuksen toteutuksessa oli tuntunut heistä puutteelliselta (Taulukko 10).

Taulukko 10: Oppijoiden näkemyksiä korkean vuorovaikutuksen IVR-ympäristön eduista oppimiselle

KATEGORIA	HAASTATTELULAINAUS
KIINNOSTAVUUS JA HAASTEELLISUUS	<i>Ja sit täs toises tehtäväs taas ikään kuin oli sitä semmost haasteellisuutta, et siinä piti oikeesti osotella asioita ja osallistua siihen ympäristön muuttumiseen. (Oppija 2)</i>
TEKEMÄLLÄ OPPIMINEN	<i>Just se, että saa tavallaan fyysisesti tehdä noita asioita, tai se tuntuu todelliselta ja fyysiseltä. Se jää paremmin mieleen kuin [jos] kuuntelis vaan esitelmää ja kattois PowerPointii. (Oppija 3)</i>
MIELEEN PAINAMINEN	<i>Siit mä tykkäsin kyl ihan hirveesti, siit ensimmäisestä harjotuksesta. Se oli jotenkin mun juttu; et siin pääsi ite osallistumaan siihen koulutukseen, niin se oli aika keskeistä . . . Siinä ekassa tuntu, et oppi siit jotain. (Oppija 18)</i>
VIRHEISTÄ OPPIMINEN	<i>Siin vois olla mahdollisuus et annetaan tän koulutettavan myös tehdä näit virheitä, et siin oppis sen, koska nyt se oli vaa se et se klikkaa tot ruutuu nii se kertoo mitkä on oikeet ja väärät [nosto]liinat ja niin päin pois. (Oppija 16)</i>
TODELLISTEN TYÖTEHTÄVIEN HARJOITTELU	<i>Ehkä se ensimmäinen oli sellain . . . 'paremmin suunniteltu'. Että siinä . . . ei menny [aika] . . . infojuttujen ettimiseen ja klikkailuun . . . Siinä enemmän keskityttiin siihen ihan ns. oikeeseen työhön. (Oppija 7)</i>

Korkeaa vuorovaikutteisuutta pidettiin toteutustavoista kiinnostavampana ja haastavampana. Monet oppijat kokivat oppivansa paremmin itse tekemällä. Oppimissällön mieleen painaminen koettiin helpommaksi ja mahdollisuutta virheiden tekemiseen ja niistä oppimiseen pidettiin hyödyllisenä. Myös todellisten työtehtävien harjoittelu

koettiin etuna vuorovaikutteisemmassa IVR-kokemuksessa. Oppijoiden kokemukset vuorovaikutteisuuden eduista heijastivat tutkimuskirjallisuudessa aiemmin tunnistettuja kokemuksellisen ja kehollisen oppimisen hyötyjä.

8.3 Vaikutukset työturvallisuusvalmiuksiin

Taulukossa 11 esitetyt tulokset havainnollistavat, että VR-ympäristön vuorovaikutteisuuden tasosta riippumatta koulutukseen osallistuneiden työturvallisuusvalmiudet vahvistuivat lyhytaikaisseurannassa. Myönteisiä vaikutuksia havaittiin työturvallisuustietojen, hyötyodotusten ja motivaation vahvistumiseen. Vuorovaikutteisuuden taso VR-ympäristössä johti myös osin erilaisiin tuloksiin tutkittavien turvallisuusvalmiuksissa. Korkeamman vuorovaikutteisuuden työpaikkakohtaisen VR-harjoituksen läpikäyneiden hallinnan tunne työturvallisuuden edistämiseen oli vahvistunut tilastollisesti merkitsevästi lyhytaikaisseurannassa. Vastaavaa muutosta ei havaittu niiden kohdalla, joilla työpaikkakohtainen VR-harjoitus tarjosi suhteessa vähemmän edellytyksiä vuorovaikutteisuu-delle.

Pitkäaikaisseurannan tuloksissa ilmeni myös eroja työpaikkakohtaisen VR-ympäristön toteutustavan mukaan. Korkeamman vuorovaikutteisuuden työpaikkakohtaisen VR-harjoituksen läpikäyneiden kohdalla myönteiset vaikutukset säilyivät hallinnan tunteeseen ja työturvallisuustietoihin. Vertailuryhmän kohdalla myönteiset vaikutukset säilyivät vaarojen havainnointiin kohdistuviin hyötyodotuksiin.

Taulukko 11: Työturvallisuuskoulutuksen vaikutukset lyhytaikais seurannassa

Turvallisuusvalmius	Alkukysely	Lyhytaikais seuranta	p.
Korkeampi vuorovaikutteisuus työpaikkakohtaisessa VR-harjoituksessa			
Hallinnan tunne työturvallisuuteen	5.07 (1.32) [5.00]	5.62 (1.05) [5.83]	<.01
Hyötyodotukset	5.88 (1.28) [6.00]	6.36 (0.76) [6.50]	<.05
Motivaatio työturvallisuuden edistämiseen	5.81 (1.01) [6.00]	6.35 (0.77) [6.66]	<.01
Työturvallisuustiedot	5.22 (1.30) [5.50]	5.77 (0.87) [6.00]	<.05
Rajoitettu vuorovaikutteisuus työpaikkakohtaisessa VR-harjoituksessa			
Hallinnan tunne työturvallisuuteen	5.22 (1.22) [5.33]	5.53 (1.04) [5.66]	.07
Hyötyodotukset	5.79 (1.18) [6.00]	6.45 (0.86) [6.50]	<.05
Motivaatio työturvallisuuden edistämiseen	6.12 (0.84) [6.00]	6.43 (0.77) [7.00]	<.05
Työturvallisuustiedot	5.55 (1.03) [5.75]	5.91 (0.87) [6.00]	<.05

*Keskiarvo (keskihajonta) [mediaani]

8.4 Vaikutukset työturvallisuuskäyttäytymiseen

Taulukossa 12 havainnollistetaan työturvallisuuskoulutuksen vaikutuksia tutkittavien arvioihin omasta turvallisuuskäyttäytymisestä. Tulosten mukaan koulutus lisäsi proaktiivisten toimien toteuttamista työturvallisuuden edistämiseen niiden kohdalla, jotka osallistuivat korkeamman vuorovaikutteisuuden työpaikkakohtaiseen VR-harjoitukseen. Vastaavaa vaikutusta ei havaittu vertailuryhmän kohdalla.

Hypoteesien vastaisesti osa vähäisemmän vuorovaikutuksen työpaikkakohtaiseen VR-harjoitukseen osallistuneita arvioi yllättäen oman turvallisuussuoriutumisensa heikommaksi 3 kk seurannassa kuin ennen koulutuksiin osallistumista.

Taulukko 12: Koulutuksen vaikutukset itsearvioituun työturvallisuuskäyttäytymiseen

Turvallisuuskäyttäytymisen itsearvioinnin osa-alue Alkukysely 3 kuukauden seuranta p.

Korkeampi vuorovaikutteisuus työpaikkakohtaisessa VR-harjoituksessa

Työturvallisuuskäytäntöjen noudattaminen	6.00 (0.93) [6.00]	5.79 (0.72) [6.00]	.17
Osallistuminen työturvallisuuden edistämiseen	4.96 (1.47) [5.00]	5.08 (1.25) [5.00]	.70
Proaktiivisten toimien toteuttaminen työturvallisuuden kehittämiseen	3.17 (1.66) [2.83]	3.76 (1.72) [3.66]	<.05

Rajoitettu vuorovaikutteisuus työpaikkakohtaisessa VR-harjoituksessa

Työturvallisuuskäytäntöjen noudattaminen	6.33 (0.54) [6.00]	6.10 (0.61) [6.00]	<.05
Osallistuminen työturvallisuuden edistämiseen	5.55 (1.14) [5.75]	5.26 (1.08) [5.50]	.15
Proaktiivisten toimien toteuttaminen työturvallisuuden kehittämiseen	3.42 (1.48) [3.33]	3.42 (1.37) [3.33]	1.0

*Keskiarvo (keskihajonta) [mediaani]

Osatutkimuksessa 3 arvioitiin kahdeksan videoidun koulutuksen toteutuksen onnistumista käyttämällä arvioinnin pohjana keskusteluosuuksien fasilitoinnin avuksi laadittua ohjetta. Koulutukset pisteytettiin sen mukaan, esiintyivätkö keskusteluohjeeseen pedagogisesta mallista poimitut ohjaustoimet johdanto- ja loppukeskusteluissa. Viidessä näistä kahdeksasta koulutuksesta ohjetta hyödynnettiin yli 80-prosenttisesti. Koulutuksissa ohjetta noudatettiin tarkemmin loppukeskusteluiden aikana. Vaikka seitsemässä

toteutuksessa kahdeksasta joitakin ohjaustoimia jäi pois, kaikki kahdeksan johdanto-keskustelua sisälsivät keskeisten käsitteiden avaamista, keskustelua harjoitusten aiheiden merkityksestä oppijoiden päivittäiselle työlle sekä oikea-aikaista ohjausta. Kaikissa kahdeksassa loppukeskustelussa käytiin läpi oppijoiden kokemuksia tehdyistä IVR-työturvallisuusharjoituksista ja pohdittiin harjoitusten sisältöjä työtehtävien näkökulmasta.

Keskusteluosuuksien toteutuksen arvioinnissa ilmeni, että kouluttajat priorisoivat oppimissisällön, oppijoiden aikaisemmat kokemukset ja päivittäiset työtehtävät yhteen kytkviä ohjaustoimia. Yllättävistä aikaisemmista tilanteista kuten vaaratilanteista keskusteleminen tarjosi kouluttajille tilaisuuksia ohjata työntekijöitä ennakoivan turvallisuuskäyttäytymisen pariin. Keskittymällä oppijoiden kokemuksiin kouluttajat tukivat oppijoiden osallisuutta työyhteisön turvallisuuskäytännöissä ja varmistivat heidän olevan tietoisia yhteisön turvallisuuskäytännöistä, vastuunjaosta sekä työturvallisuuden kannalta keskeisistä toimintatavoista ja artefakteista, kuten havaintoilmoitusjärjestelmästä ja ilmoitusprosessista. Oppimissisältöjen yhteinen käsittely tarjosi myös kouluttajille mahdollisuuden syventää ja tarkentaa IVR-harjoituksissa esitettyjä turvallisuussisältöjä ja -käytäntöjä.

9 Pohdinta ja johtopäätökset

Hankkeen lähtökohtana olivat tutkimuskysymykset:

Millainen pedagoginen malli ja menetelmä tukevat immersivisessä VR-työturvallisuuskoulutuksessa harjoitettujen taitojen omaksumista ja erilaisten sisältöjen oppimista?

Hankkeessa kehitetty pedagoginen malli yhdistää simulaatio-oppimiselle tyypillisen vaiheistuksen ja pienryhmäkeskustelut kokemuksellisiin ja kehollisiin VR-harjoituksiin. Malli auttaa sitomaan VR-harjoitteiden työturvallisuussisällöt työntekijöiden omiin työympäristöihin, työturvallisuuskokemuksiin, -käytäntöihin ja -vaatimuksiin, sekä tarjoaa työorganisaatioiden kouluttajille toimivan työkalun VR-harjoitusten hyödyntämiseen osana työturvallisuuskoulutuksia. Malli tukee kognitiivisten, affektiivisten ja käyttäytymiseen liittyvien oppimistavoitteiden saavuttamista, ja sitä voidaan soveltaa myös muissa työssä oppimisen konteksteissa.

Miten immersivisessä virtuaaliympäristössä opittu turvallisuussisältö siirtyy työelämän käytäntöihin?

Hankkeessa mitattiin koulutuksen vaikutuksia konkreettiseen työturvallisuuskäyttäytymiseen kyselyllä, joka toteutettiin viivästetysti hankeaikataulun salliman 2,5 kk kuluttua varsinaiseen koulutukseen osallistumisesta.

Koulutuksen jälkeen tutkittavien turvallisuusvalmiudet olivat keskimäärin korkeammalla tasolla kuin ennen koulutusta. Lisäksi vuorovaikutteisempaan organisaatiokohtaiseen VR-harjoitukseen osallistuneet raportoivat 3 kk koulutuksen jälkeen keskimäärin enemmän proaktiivisia toimia työturvallisuuden edistämiseksi kuin ennen koulutusta. Vastavaa tilastollisesti merkitsevää muutosta ei havaittu niiden kohdalla, joilla työpaikkakohtaisessa VR-harjoituksessa oli vähäisempi vuorovaikutteisuus. Tulos viittaa siihen, että nimenomaan oppijaa aktivoiva vuorovaikutteinen VR-harjoitusten toteutustapa kehittää osallistujien turvallisuustoimijuutta ja omaa turvallisuuden hallinnan tunnetta pitkäkestoisesti.

Laadullisten tutkimusaineistojen analyysin tuloksissa korostui kouluttajien ratkaiseva rooli pedagogisen mallin mukaan järjestetyissä työturvallisuuskoulutuksissa. Ryhmäkeskusteluja fasilitoidessaan he mahdollistavat osallistujien aikaisempien kokemusten, VR-harjoitusten sisällön ja osallistujien päivittäisten työtehtävien linkittymisen yhteen. Kouluttajat sopeuttavat keskusteluisältöjä osallistujien kokemuksiin ja taustaan, ja käyvät läpi yhteisen turvallisuuden kannalta keskeisiä aiheita tukien osallistujia VR-harjoitusten oppimissisällön tulkinnassa työpaikan turvallisuuskulttuurin normien ja käytäntöjen mukaisesti.

Miten immerstiivisen VR-ympäristön opetustapahtuma tulisi suunnitella ja toteuttaa, jotta oppiminen olisi mahdollisimman tehokasta, mieleenpainuvaa ja vaikuttavaa?

Hankkeessa valittiin kohteeksi VR-oppimistoteutuksen vuorovaikutteisuus ja tutkittiin kahden eri lailla oppijaa osallistavan ja hallinnan tunnetta tukevan toteutuksen vaikutuksia turvallisuusoppimiseen.

Alussa muodostetuista hypoteeseista suuri osa sai tukea koeasetelman datasta. Osa vahvistui kummallakin vuorovaikutteisuuden tasolla kertoen pedagogisen mallin mukaan järjestetyn työturvallisuusoppimisen vaikuttavuudesta, osalla merkittävästi parempi tulos saavutettiin korkeamman vuorovaikutteisuuden ryhmässä. Kohdeorganisaatioiden välillä oli eroa sekä aiemman VR-kokemuksen ja sitä kautta ehkä odotusten, sekä rekrytoinnin onnistumisen ja sen takia koeasetelmaan osallistuneiden välillä koskien opeteltavan asian oleellisuutta omien työtehtävien kannalta. O2:ssa osa koulutukseen osallistuneista ei tehnyt koeasetelmassa harjoiteltua työtehtävää vastaavia tehtäviä.

Pedagogisen mallin mukaisesti järjestetty, ryhmäkeskusteluja ja VR-harjoituksia hyödyntävä työturvallisuuskoulutus kehitti VR-harjoitusten vuorovaikutteisuuden tasosta riippumatta osallistujien työturvallisuusmotivaatiota, turvallisuustoiminnan hyötyodotuksia sekä työturvallisuustietoja (vain O1:ssä). Myönteiset vaikutukset työturvallisuustietojen paranemiseen säilyivät seuranta-ajan yli.

Näiden lisäksi vuorovaikutteisempi organisaatiokohtaisten työturvallisuussisältöjen VR-harjoittelu kehitti hallinnan tunnetta vaikutuksen säilyessä seurantajakson yli, lisäsi proaktiivisten turvallisuustoimien oma-aloitteista toteuttamista, vahvisti turvallisuusasioihin liittyvää toimijuuden tunnetta, kasvatti oppimissisältöön liittyvää oleellista kognitiivista kuormitusta, sekä tuki minäpystyvyyttä (viimeisen ollessa merkittävä vain O1:ssä).

Korkeampi vuorovaikutteisuus tuotti yllättäen O1:ssä matalamman arvion spatiaalisen läsnäolon tuntemuksesta, mikä viittaa siihen, että monipuolisemmat VR-oppimistehtävät saattoivat tarjota osallistujille myös enemmän tilaisuuksia kokea ristiriitoja tai epä-jatkuvuutta virtuaalisen ja fyysisen ympäristön tuottamissa aistihavainnoissa. Petersen ym. (2022) kokeessa korkeampi ulkoinen kognitiivinen kuormitus heikensi läsnäolon tuntemusta, toisaalta tässä koeasetelmassa haitallisen ulkoisen kognitiivisen kuormituksen taso pysyi samalla alhaisella tasolla vuorovaikutteisuuden tasosta ja organisaatiosta riippumatta.

Toinen yllättävä havainto oli se, että osa rajoitetun vuorovaikutteisuuden asetelmaan osallistuneista arvioivat koulutukseen osallistumisen jälkeen omien työturvallisuustietojen noudattamisen tason huonommaksi kuin ennen koulutusta. Tarkempi tarkastelu

osoitti, että näin kävi nimenomaan niillä osallistujilla, jotka arvioivat turvallisuusseurauksien merkityksen alhaisemmaksi lähtötilanteessa. Tämä saattaa selittyä ns. Dunning-Kruger-efektillä (Dunning ym., 2014), jonka mukaan tiedon puute estää arvioimasta omaa suoritustasoa tarkasti, oman turvallisuuskäyttäytymisen tason ollessa usein muutenkin hankala arvioitava (Tappura & Jääskeläinen, 2020).

Oppimista tukeva oleellinen kognitiivinen kuormitus oli merkittävästi korkeammalla tasolla korkean vuorovaikutteisuuden ryhmässä sekä O1:ssa että O2:ssa. Oppijat siis pysyivät suuntaamaan kognitiivisia resurssejaan selkeästi enemmän oppisisällön omaksumiseen heitä aktivoivissa ja osallistavissa skenaarioissa (Seufert, 2020; Klepsh & Seufert, 2021).

Hankkeen tulokset osoittavat, että pedagogiseen malliin pohjautuva työturvallisuus-koulutus tarjoaa toimivan ratkaisun työpaikoilla toteutettavan IVR-työturvallisuuskoulutuksen tehokkaaseen hyödyntämiseen työturvallisuusosaamisen, -asenteiden ja työntekijän turvallisuuspystyvyyden ja oman turvallisuusympäristön hallinnan tunteen kehittämisessä. Tutkimuksessa nimenomaan vuorovaikutteisempaan, enemmän oppijaa osallistavaan VR-koulutukseen osallistuminen johti työntekijälähtöiseen proaktiiviseen työturvallisuuden edistämiseen työpaikoilla.

Koulutusinterventioissa onnistuttiin lisäämään koulutettavien henkilöiden motivaatiota työturvallisuuden edistämiseen sekä kehittämään heidän vaarojen havainnointiin kohdistuvia hyötyuskomuksiaan ja työturvallisuustietojaan VR-harjoituksen vuorovaikutteisuuden tasosta riippumatta. Koulutuksissa myös vahvistettiin osallistujien hallinnan tunnetta työturvallisuuden edistämiseen korkean vuorovaikutteisuuden vertailuryhmässä.

Laadulliset tulokset tuottivat näkökulmia tarjoumien havaitsemiseen ja kognitiiviseen kuormitukseen. Haastateltavat pitivät korkean vuorovaikutteisuuden etuina haastavuutta ja kiinnostavuutta, virheiden tekemisen mahdollisuutta, tekemällä oppimista, helpompaa mieleen painamista sekä mahdollisuutta harjoitella aitoja työtehtäviä.

Hanke tuotti uutta tietoa sekä VR-oppimisen toteutuksen vaikutuksesta, että pedagogisen mallin toimivuudesta VR-oppimisen kytkemisessä työpaikkakohtaisten koulutustavoitteiden saavuttamiseksi.

9.1 Tutkimuksen vahvuudet ja puutteet

Tutkimus onnistui kehittämään uuden koulutusta ohjaavan mallin ja toteuttamaan uuden mallin mukaisen koulutusprosessin yhteistyössä kahden eri työorganisaation

koulutusorganisaatioiden kanssa. Hankkeessa toteutettiin myös työpaikkakohtaiset VR-harjoitukset organisaatioiden koulutustarpeista ja tavoitteista lähtien.

Hankkeen aikana ilmenneistä aikataulu- ja rekrytointiprosessin vaikeuksista johtuen koehenkilöjoukko jäi jonkin verran tavoitellusta, mutta koska tähän oli varauduttu hanketta suunniteltaessa, tutkimusaineistoa kertyi riittävästi mahdollistamaan määrällisten muuttujien tilastollisen tarkastelun. Kahdesta työorganisaatiosta rekrytoitu osallistujajoukko erosi keskenään esimerkiksi aikaisemman VR-kokemuksen ja VR-koulutuskokemuksen osalta. Osallistujiksi rekrytoitiin toisessa organisaatiossa myös hallinnollista henkilöstöä, joille organisaatiokohtaisesti suunniteltujen VR-harjoitusten sisältämien työtehtävien ja turvallisuuskäytäntöjen relevanssi oli käytännössä vähäisempi.

Tutkimushaastattelut suoritti yksi henkilö etukäteen laaditun haastattelurungon mukaisesti. Tutkimuksessa laadullisten aineistojen alustavat sisällönanalyysit toteutti ensisijaisesti yksi tutkimusryhmän jäsen. Analyysiprosessin kuluessa koodaukset ja luokittelut tarkistettiin tutkimusryhmän sisäisesti.

9.2 Jatkotutkimuskohteet

Virtuaalitodellisuuden tutkimus koulutusvälineenä on tähän asti laajalti keskittynyt VR-oppimisen ja muiden oppimismedioiden vertailemiseen. Tutkimuksen tulisi jatkossa suunnata fokus tiukemmin virtuaalitodellisuudelle ominaisten oppimiselle edullisten piirteiden hyödyntämiseen VR:n tarjotessa uuden median aikaisempien rinnalle. VR-tutkimus on jatkossa syytä ulottaa myös laajennetun todellisuuden (XR) ympäristöihin, joissa integroidaan digitaalinen sisältö oikean maailman ympäristöihin.

Kuten tämäkin hanke, VR-tutkimus on usein keskittynyt tarkastelemaan VR-oppimista lähinnä yksilöoppimisen näkökulmasta. Jatkossa tutkimusta olisi syytä suunnata vahvemmin sosiaaliseen, yhdessä tapahtuvaan oppimiseen immersivisissä virtuaaliympäristöissä.

Tässä tutkimuksessa havaittu kognitiivisen kuormituksen eri dimensioiden (haitallinen ja oleellinen kognitiivinen kuormittuminen) tutkimus tarjoaa myös hedelmällisen tarkastelukannan: virtuaalitodellisuuden rooli oppimisen mediana on edelleen kehittymässä ja sen kuormitustekijät, ja toisaalta oppimista edistävät tekijät, vielä systemaattisesti tutkimatta. Autenttisen työssä oppimisen kontekstissa toteutettu VR-tutkimus on vielä vähäistä. Työturvallisuuden näkökulmasta ymmärrystä VR:n toimivista ratkaisuista voi edistää parhaiten aitoja työpaikkoja, työympäristöjä ja työntekijöitä osallistava, ekologisesti todenmukainen design-tutkimus.

Tässä tutkimuksessa esitettiin pragmaattisessa design-tutkimuksessa kehitetty, simulaatio-oppimiseen ja sosiokulttuuriseen oppimiskäsitykseen perustuva pedagoginen malli. Haluamme tutkimuksellamme edistää oppimisteoreettisesti perustellun empiirisen tutkimuksen yleistymistä virtuaalisten oppimisympäristöjen kehittämisen ja toteuttamisen lähtökohtana. Toivomme myös, että mallista on konkreettista hyötyä eri aloilla toimiville työorganisaatioille mielekkään ja tuloksellisen työturvallisuuskoulutuksen järjestämiseksi.

Lähteet

- Albus, P., Vogt, A., & Seufert, T. (2021). Signaling in virtual reality influences learning outcome and cognitive load. *Computers & Education*, 166, Article 104154. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104154>
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. Longman.
- Baceviciute, S., Mottelson, A., Terkildsen, T., & Makransky, G. (2020). Investigating Representation of Text and Audio in Educational VR using Learning Outcomes and EEG. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, April. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376872>
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological review*, 84(2), 191.
- Bandura, A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control. W. H. Freeman
- Bhargava, A., Lucaites, K. M., Hartman, L. S., Solini, H., Bertrand, J. W., Robb, A. C., Paganano, C. C., & Babu, S. V. (2020). Revisiting affordance perception in contemporary virtual reality. *Virtual Reality*, 24(4), 713–724. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00432-y>
- Billett, S. (1996). Situated learning: Bridging sociocultural and cognitive theorizing. *Learning and Instruction*, 6(3), 263–280.
- Billett, S. (2013). Recasting transfer as a socio-personal process of adaptable learning. *Educational Research Review*, 8, 5–13. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2012.05.004>
- Billett, S. (2021). Mediating worklife learning and the digitalisation of work. *British Journal of Educational Technology*, 52(4), 1580–1593. <https://doi.org/10.1111/bjet.13115>
- Braun, N., Debener, S., Spychala, N., Bongartz, E., Sörös, P., Müller, H. H. O., & Philipsen, A. (2018). The senses of agency and ownership: A review. In *Frontiers in Psychology* (Vol. 9, Issue APR). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00535>
- Burke, L. A., & Hutchins, H. M. (2007). Training transfer: An integrative literature review. *Human Resource Development Review*, 6(3), 263–296.
- Burke, M. J., Sarpy, S. A., Smith-Crowe, K., Chan-Serafin, S., Salvador, R. O., & Islam, G. (2006). Relative effectiveness of worker safety and health training methods. *American journal of public health*, 96(2), 315–324.

- Carr, R., Palmer, S. & Hagel, P. (2015). Active Learning: The Importance of Developing a Comprehensive Measure. *Active Learning in Higher Education*, 16, 173-186.
- Casey, T., Turner, N., Hu, X., & Bancroft, K. (2021). Making safety training stickier: A richer model of safety training engagement and transfer. *Journal of Safety Research*, 78, 303–313. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2021.06.004>
- Christian, M. S., Bradley, J. C., Wallace, J. C., & Burke, M. J. (2009). Workplace safety: a meta-analysis of the roles of person and situation factors. *The Journal of applied psychology*, 94(5), 1103–1127. <https://doi.org/10.1037/a0016172>
- Concannon, B. J., Esmail, S., & Roduta Roberts, M. (2019). Head-mounted display virtual reality in post-secondary education and skill training. *Frontiers in Education*, 4, 1–23. <https://doi:10.3389/feduc.2019.00080>
- Curcuruto, M., Parker, S. K., & Griffin, M. A. (2019). Proactivity towards workplace safety improvement: An investigation of its motivational drivers and organizational outcomes. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 28(2), 221–238. <https://doi.org/10.1080/1359432X.2019.1572115>
- Curcuruto, M., Mearns, K. J., & Mariani, M. G. (2016). Proactive role-orientation toward workplace safety: Psychological dimensions, nomological network and external validity. *Safety Science*, 87, 144–155.
- Dalgarno, B., & Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10–32. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x>
- DeJoy, D. (1996). Theoretical models of health behavior and workplace self-protective behavior. *Journal of Safety Research*, 27, 61–72.
- Design-Based Research Collective. (2003). Design-based Research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Research*, 32, 5–8.
- Dieckmann, P. (2009). Simulation settings for learning in acute medical care. In P. Dieckmann (Ed.), *Using simulations for education, training and research* (pp. 40–138). Pabst Science Publishers.
- Diefendorff, J. M., & Seaton, G. A. (2015). Work Motivation. In J. D. Wright (Ed). *International Encyclopedia of Social and Behavioral Sciences*, 2nd Edition, Vol 25. Oxford: Elsevier Press. pp. 680-686.

- Dunning, D., Heath, C., & Suls, J. M. (2004). Flawed Self-Assessment: Implications for Health, Education, and the Workplace. *Psychological Science in the Public Interest*, 5(3), 69–106
- Farrer, C., Valentin, G., & Hupé, J. M. (2013). The time windows of the sense of agency. *Consciousness and Cognition*, 22(4), 1431–1441. <https://doi.org/10.1016/j.con-cog.2013.09.010>
- Feng, Q., Luo, H., Li, W., Chen, Y., & Zhang, J. (2021). The moderating effect of debriefing on learning outcomes of ivr-based instruction: An experimental research. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(21). <https://doi.org/10.3390/app112110426>
- Frederiksen, J.G., Sørensen, S.M.D., & Konge, L. (2020). Cognitive load and performance in immersive virtual reality versus conventional virtual reality simulation training of laparoscopic surgery: a randomized trial. *Surgical Endoscopy*, 34, 1244–1252. <https://doi.org/10.1007/s00464-019-06887-8>
- Gibson, J. J. (2014). *The Ecological Approach to Visual Perception: Classic Edition*. Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9781315740218>
- Guerin, R. J., & Sleet, D. A. (2020). Using Behavioral Theory to Enhance Occupational Safety and Health: Applications to Health Care Workers. *American Journal of Lifestyle Medicine*.
- Haghighi, M., Taghdisi, M., Nadrian, H., Moghaddam, H., Masmoodi, H., & Alimohammadi, I. (2017). Safety Culture Promotion Intervention Program (SCPIP) in an oil refinery factory: An integrated application of Geller and Health Belief Models. *Safety Science*, 93, 76–85.
- Harris, D. J., Buckingham, G., Wilson, M. R., & Vine, S. J. (2019). Virtually the same? How impaired sensory information in virtual reality may disrupt vision for action. *Experimental Brain Research*, 237(11), 2761–2766. <https://doi.org/10.1007/S00221-019-05642-8/METRICS>
- Hedlund, A., Åteg, M., Andersson, M., & Rosén, G. (2010). Assessing motivation for work environment improvements: Internal consistency, reliability and factorial structure. *Journal of safety research*, 41(2), 145-151.
- Hedlund, A., Gummesson, K., Rydell, A., & Andersson, I. (2016). Safety motivation at work: evaluation of changes from six interventions. *Safety Science*, 82, 155-163.
- Heeter, C. (2000). Interactivity in the Context of Designed Experiences. *Journal of Interactive Advertising*, 1(1), 3–14. <https://doi.org/10.1080/15252019.2000.10722040>

- Hofmann, D.A., Morgeson, F.P., Gerras, S.J., 2003. Climate as a moderator of the relationship between leader-member exchange and content specific citizenship: Safety climate as an exemplar. *Journal of Applied Psychology*, 88, 170-178.
- Johnson-Glenberg, M. C. (2017). Embodied Education in Mixed and Mediated Realities. In D. Liu, C. Dede, R. Huang, & J. Richards (Eds.) *Virtual, augmented, and mixed realities in education* (pp. 193-217). Springer.
- Johnson-Glenberg, M. C. (2019). The necessary nine: Design principles for embodied VR and active stem education. In P. Díaz, A. Ioannou, K. Kumar Bhakat, & M. J. Spector (Eds.) *Learning in a digital world. Smart computing and intelligence* (pp. 83-112). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8265-9_5
- Kilteni, K., Groten, R., & Slater, M. (2012). The sense of embodiment in virtual reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 21(4), 373-387. https://doi.org/10.1162/pres_a_00124
- Klepsch, M., Schmitz, F., and Seufert, T. (2017). Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Frontiers of Psychology*, 8:1997. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01997>
- Klepsch, M., & Seufert, T. (2021, April). Making an effort versus experiencing load. In *Frontiers in Education* (Vol. 6, p. 645284). Frontiers Media SA.
- Kraiger, K., Ford, J. K., & Salas, E. (1993). Application of cognitive, skill-based, and affective theories of learning outcomes to new methods of training evaluation. *Journal of Applied Psychology*, 78(2), 311-328. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.78.2.311>
- Lachman, M. E., Neupert, S. D., & Agrigoroaei, S. (2011). The relevance of control beliefs for health and aging. In K. W. Schaie & S. L. Willis (Eds.), *Handbook of the psychology of aging*, 7th ed. (pp. 175-190). San Diego, CA: Academic Press
- Lamb, R., Antonenko, P., Etopio, E., & Seccia, A. (2018). Comparison of virtual reality and hands on activities in science education via functional near infrared spectroscopy. *Computers & Education*, 124, 14-26.
- Lee, K. M. (2004). Presence, explicated. *Communication Theory*, 14(1), 27-50.
- Lehikko, A., Nykänen, M., & Ruokamo, H. (2023). Developing a pedagogical model for immersive virtual reality safety training: A discussion script to support learning transfer. In T. Cherner & A. Fegely (Eds.) *Bridging the XR Technology-to-Practice Gap* (Vol. 1, pp. 215-228). Association for the Advancement of Computing in Education.

- Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). The cognitive affective model of immersive learning (CAMIL): A theoretical research-based model of learning in immersive virtual reality. *Educational Psychology Review*, 33, 937–958.
<https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>
- Makransky, G., Borre-Gude, S., & Mayer, R. E. (2019). Motivational and cognitive benefits of training in immersive virtual reality based on multiple assessments. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35, 691–707. <https://doi.org/10.1111/jcal.12375>
- Makransky, G., Terkildsen, T. S., & Mayer, R. E. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60, 225–236. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007>
- Metcalf, J. (2017). Learning from Errors. *Annual Review of Psychology*, 68, 465–489.
<https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010416-044022>
- Meyer, O. A., Omdahl, M. K., & Makransky, G. (2019). Investigating the effect of pre-training when learning through immersive virtual reality and video: A media and methods experiment. *Computers & Education*, 140.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103603>
- Miguel-Alonso, I., Rodriguez-Garcia, B., Checa, D., & Bustillo, A. (2023). Countering the Novelty Effect: A Tutorial for Immersive Virtual Reality Learning Environments. *Applied Sciences*, 13(1), 593. <https://doi.org/10.3390/app13010593>
- Morgan, J and Curcuruto, MM and Steer, M and Bazzoli, A (2021) Implementing the Theoretical Domains Framework in Occupational Safety: Development of the Safety Behaviour Change Questionnaire. *Safety Science*, 136.
- Neal, A., & Griffin, M. A. (2006). A study of the lagged relationships among safety climate, safety motivation, safety behavior, and accidents at the individual and group levels. *Journal of Applied Psychology*, 91(4), 946–953.
- Neal, A., Griffin, M. A., & Hart, P. M. (2000). The impact of organizational climate on safety climate and individual behavior. *Safety science*, 34(1-3), 99-109.
- Norman, D. (2013). *The Design of Everyday Things*. Basic Books.
- Nykänen, M., Puro V., Tiikkaja, M., Kannisto, H., Lantto, E., Simpura, F., Uusitalo, J., Lukan-der, K., Räsänen, T., & Teperi, A-M. (2020a). Evaluation of the efficacy of a virtual realitybased safety training and human factors training method: study protocol for a randomised-controlled trial. *Injury Prevention*, 26(4), 360–369.

- Nykänen, M., Puro, V., Tiikkaja, M., Kannisto, H., Lantto, E., Simpura, F., Uusitalo, J., Luukander, K., Räsänen, T., Heikkilä, T., & Teperi, A-M. (2020b). Implementing and evaluating novel safety training methods for construction sector workers: Results of a Randomized Controlled Trial. (manuscript submitted for publication)
- Ogawa, N., Narumi, T., Kuzuoka, H., & Hirose, M. (2020). Do You Feel Like Passing Through Walls?: Effect of Self-Avatar Appearance on Facilitating Realistic Behavior in Virtual Environments. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, 1–14. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376562>
- Okun, A., Guerin, R., Schulte, P., 2016. Foundational workplace safety and health competencies for the emerging workforce. *J. Saf. Res.* 59, 43–51. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2016.09.004>.
- Parchoma, G. (2014). The contested ontology of affordances: Implications for researching technological affordances for collaborative knowledge production. *Computers in human behavior*, 37, 360-368.
- Parong, J., & Mayer, R. E. (2021). Cognitive and affective processes for learning science in immersive virtual reality. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(1), 226–241. <https://doi.org/10.1111/jcal.12482>
- Parong, J., Pollard, K. A., Files, B. T., Oiknine, A. H., Sinatra, A. M., Moss, J. D., Passaro, A., & Khooshabeh, P. (2020). The mediating role of presence differs across types of spatial learning in immersive technologies. *Computers in Human Behavior*, 107, 106290. <https://doi.org/10.1016/J.CHB.2020.106290>
- Petersen, G. B., Petkakis, G., & Makransky, G. (2022). A study of how immersion and interactivity drive VR learning. *Computers & Education*, 179, 104429. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2021.104429>
- Polito, V., Barnier, A. J., & Woody, E. Z. (2013). Sense of Agency Rating Scale (SOARS)
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778.
- Rosenstock, I. M., Strecher, V. J., & Becker, M. H. (1988). Social learning theory and the Health Belief Model. *Health Education Quarterly*, 15(2), 175–183.
- Roussou, M. (2004). Learning by doing and learning through play: an exploration of interactivity in virtual environments for children. *Computers in Entertainment*, 2(1), 1–23. <https://doi.org/10.1145/973801.973818>

- Rudolph, J. W., Raemer, D. B., & Simon, R. (2014). Establishing a safe container for learning in simulation the role of the presimulation briefing. *Simulation in Healthcare*, 9(6), 339–349. <https://doi.org/10.1097/SIH.0000000000000047>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), 68–78. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68R>
- Seufert, T. (2020). Building bridges between self-regulation and cognitive load—An invitation for a broad and differentiated attempt. *Educational Psychology Review*, 32, 1151-1162.
- Säljö, R. (1999). Learning as the use of tools: a sociocultural perspective on the human-technology link. In K. Littleton & P. Light. (Eds.) *Learning with computers. Analysing productive interaction* (pp. 144–161). Routledge.
- Säljö, R. (2004). Learning and technologies, people and tools in co-ordinated activities. *International Journal of Educational Research*, 41(6), 489-494.
- Säljö, R. (2005). *Lärande i praktiken: ett sociokulturellt perspektiv*. Norstedts Akademiska förlag.
- Schraw, G., Flowerday, T., & Lehman, S. (2001). Increasing situational interest in the classroom. *Educational Psychology Review*, 13, 211-224.
- Schubert, T., Friedmann, F., & Regenbrecht, H. (2001). The Experience of Presence: Factor Analytic Insights. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 10(3), 266–281. <https://doi.org/10.1162/105474601300343603>
- Sheu, H.-B., Lent, R. W., Miller, M. J., Penn, L. T., Cusick, M. E., & Truong, N. N. (2018). Sources of self-efficacy and outcome expectations in science, technology, engineering, and mathematics domains: A meta-analysis. *Journal of Vocational Behavior*, 109, 118–136.
- Shin, D. H. (2017). The role of affordance in the experience of virtual reality learning: Technological and affective affordances in virtual reality. *Telematics and Informatics*, 34(8), 1826–1836. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.05.013>
- Slater, M. (2003). A Note on Presence Terminology. *Presence Connect*, 3.
- Slater, M. (2017). Implicit Learning Through Embodiment in Immersive Virtual Reality. In D. Liu, C. Dede, R. Huang, & J. Richards (Eds.) *Virtual, augmented, and mixed realities in education* (pp. 19-34). Springer.

- Stajkovic, A. D., & Sommer, S. M. (2000). Self-efficacy and causal attributions: Direct and Reciprocal Links. *Journal of Applied Social Psychology*, 30(4), 707-737.
- Steuer, J. (1992). Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence. *Journal of Communication*, 42(4), 73-93. <https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.x>
- Sutherland, R., Lindström, B., & Lahn, L. (2009). Sociocultural perspectives on technology-enhanced learning and knowing. In N. Balacheff, S. Ludvigsen, T. de Jong, A. Lazonder, & S. Barnes (Eds.), *Technology-enhanced learning*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9827-7_3
- Sweller, J. (2020). Cognitive load theory and educational technology. *Educational Technology Research and Development*, 68(1), 1-16. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09701-3>
- Tappura, S., & Jääskeläinen, A. (2021). Measuring the outcomes of safety training. In *Human Systems Engineering and Design III: Proceedings of the 3rd International Conference on Human Systems Engineering and Design (IHSED2020): Future Trends and Applications, September 22-24, 2020, Juraj Dobrila University of Pula, Croatia 3* (pp. 265-270). Springer International Publishing.
- Tiikkaja, M., Puro, V., Heikkilä, T., Kannisto, H., Lantto, E., Lukander, K., Nykänen, M., Räsänen, T., Simpura, F. & Uusitalo, J. (2020). Modernia turvallisuusoppimista rakennusalalle (MoSaC): Tutkimushankkeen loppuraportti, Työterveyslaitos.
- Vroom V.H. (1964). *Work and motivation*. Wiley, New York.
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in society. The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wang, F., & Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. In *Educational Technology Research and Development* (Vol. 53, Issue 4, pp. 5-23). Springer. <https://doi.org/10.1007/BF02504682>
- Wood, E. J. (2004). Problem-based learning: Exploiting knowledge of how people learn to promote effective learning. *Bioscience education*, 3(1), 192-194.
- Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1994). *Measuring immersion in virtual environments*. ARI Technical Report 1014). Alexandria, VA: US Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences.

Yoshie, M., & Haggard, P. (2013). Negative emotional outcomes attenuate sense of agency over voluntary actions. *Current Biology*, 23(20), 2028–2032.
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.08.034>



Työsuojelurahasto
Arbetskyddsfonden
The Finnish Work Environment Fund

Työterveyslaitos
Arbetshälsoinstitutet
Finnish Institute of Occupational Health

PL 40, 00032 Työterveyslaitos

www.ttl.fi

ISBN 978-952-391-138-3 (pdf)

