

Laajennettu todellisuus kielten opiskelussa

TURUN YLIOPISTO
Tietotekniikan laitos
TkK-tutkielma
Tietotekniikka
Tammikuu 2025
Eetu Hongisto

TURUN YLIOPISTO
Tietotekniikan laitos

EETU HONGISTO: Laajennettu todellisuus kielten opiskelussa

TkK-tutkielma, 20 s.
Tietotekniikka
Tammikuu 2025

Laajennetun todellisuuden käytön suosio on kasvussa. Myös sitä hyödyntävien oppimispelien ja -sovellusten käyttöön liittyviä tutkimuksia on tehty. Tämän tutkielman tarkoituksena on tarkastella laajennetun todellisuuden hyödyntämistä kielten opiskelussa sekä arvioida sen mahdollisia etuja. Tutkielma toteutettiin kirjallisuuskatsauksena aiheesta olevaan tutkimuskirjallisuuteen.

Laajennetun todellisuuden teknologioilla on havaittu olevan niille yhteisiä etuja kieltenopiskelussa, kuten positiivinen vaikutus motivaatioon. AR:n ja VR:n on havaittu vaikuttavan myönteisesti sitouttamiseen ja oppimisen tehokkuuteen.

Toisiaan vastaavan oppimissovelluksen VR- ja puhelinversiolla on samoja etuja vähäisen tutkimuskirjallisuuden perusteella. Vastaavaa vertailua tehneitä tutkimuksia ei löydetty AR:ään tai MR:ään liittyen.

Tutkielman perusteella aiheesta tarvitaan lisää tutkimustietoa. Tutkimuskirjallisuutta MR:n hyödyntämisestä kieltenopiskelussa on hyvin vähän, joten sen käyttöä ja etuja on hankala tarkastella tarkemmin. Myös laajennetun todellisuuden oppimislejät tai -sovelluksia tavanomaisiin digitaalisiin ratkaisuihin vertailevista tutkimuksista on puutetta.

Asiasanat: laajennettu todellisuus, VR, AR, MR, kielten opiskelu

Sisällys

1 Johdanto	1
2 Tausta	4
2.1 Kielten opiskelu	4
2.2 Oppimispelit kielten opiskelussa	5
2.3 Laajennettu todellisuus	6
3 Laajennettu todellisuus kielten opiskelussa	10
3.1 Laajennetun todellisuuden edut	10
3.2 Laajennetun todellisuuden vertailu digitaalisiin oppimispelisiin	16
4 Yhteenveto	19
Lähdeluettelo	21

1 Johdanto

Laajennetun todellisuuden teknologioiden suosio koulutuksessa on kasvanut viime vuosina käytettävyyden paranemisen sekä kustannuksien madaltumisen myötä [1]. Erilaisten kielten opiskeluun tarkoitettujen oppimispelien ja -sovelluksien on osoitettu olevan hyödyllisiä oppimisen työkaluja sekä vaikuttavan positiivisesti opiskelumotiiviteeseen [2]. Näin ollen herää kysymyksiä siitä, voitaisiinko esimerkiksi virtuaalitodellisuutta hyödyntää kielten opiskelussa ja saavutettaisiinko sitä hyödyntämällä muita oppimispelejä parempia tuloksia?

Tämän tutkielman tarkoituksena on tarkastella laajennetun todellisuuden hyödyntämistä kielten opiskeluun tarkoitetuissa oppimispelissä ja -sovelluksissa aiheesta julkaistun tutkimuskirjallisuuden avulla sekä arvioida sen etuja kyseisessä käyttötarkoituksessa.

Tutkielmassa pyritään tarkastelemaan laajennetun todellisuuden hyödyntämisen mahdollisia etuja kielten opiskelussa seuraavien tutkimuskysymysten kautta:

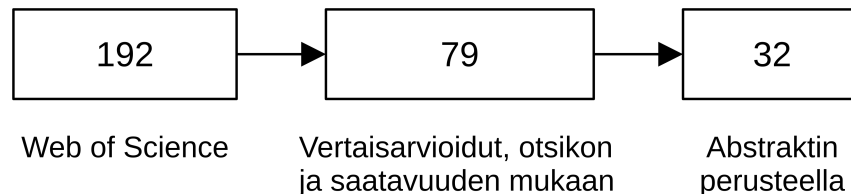
TK1: Mitä etuja laajennetun todellisuuden käytöllä on kielten opiskelussa?

TK2: Tarjoavatko laajennetun todellisuuden oppimispelit ja -sovellukset etuja tavanomaisiin digitaalisiin ratkaisuihin nähden?

Ensimmäisen tutkimuskysymyksen tarkoituksena on selvittää ja tarkastella laajennettua todellisuutta hyödyntävien oppimispelien ja -sovellusten mahdollisia etuja kielten opiskelussa. Tämän tarkastelun avulla voidaan tarkemmin pohtia niiden käyttöä kielten opiskelussa.

Toisen tutkimuskysymyksen tarkoituksena on vertailla laajennetun todellisuuden oppimispelejä ja -sovelluksia vastaaviin tavanomaisempiin digitaalisiin ratkaisuihin. Tämän vertailun pohjalta on mahdollista muun muassa arvioida niiden käytön kannattavuutta kielten opiskelussa.

Tutkielman tutkimusmenetelmänä on kirjallisuuskatsaus. Tutkielman aineistona on käytetty artikkeleita sekä kirjojen lukuja. Aineistoa haettiin lähinnä Web of Science -viitetietokannasta aiheeseen liittyvien keskeisten käsitteiden avulla. Hakulauseena käytettiin "*((Virtual OR Augmented OR Mixed) AND realit*) OR (vr OR ar OR mr)) AND language AND (learn* OR education)*". Näin saatiin 192 tulosta, joista valittiin vertaisarvioituja tutkimuksia otsikon ja saatavuuden mukaan 79. Tuloksista valikoitiin vielä abstraktin perusteella tutkimukseen parhaiten soveltuvat lähteet, jolloin aineistoksi jäi 32 tulosta (kaavio 1.1). Suurin osa näistä tuloksista liittyi lisättyyn todellisuuteen 16 lähteellä ja virtuaalitodellisuuteen 13 lähteellä. Vain kolme tulosta koskivat yhdistettyä todellisuutta.



Kaavio 1.1: Tiedonhaun vaiheita kuvaava kaavio.

Tutkielman toisessa luvussa käydään läpi tutkielman kannalta olennaisia aiheita, termejä ja taustoitusta. Sen ensimmäisessä aliluvussa tarkastellaan kielten opiskelua yleisellä tasolla sekä tuodaan esille erilaisia kielten opiskeluun liittyviä haasteita, kuten esimerkiksi motivaation puute ja joitakin sitä aiheuttavia tekijöitä. Toisessa aliluvussa määritellään ja esitellään oppimispelit kielten opiskelun näkökulmasta. Kolmannessa aliluvussa määritellään laajennettu todellisuus ja eritellään se virtuaaliseen, lisättyyn ja yhdistettyyn todellisuuteen sekä määritellään ja esitellään ku-

takin teknologiaa tarkemmin erikseen. Tutkielman kolmannessa luvussa tarkastellaan tiedonhaussa löydettyä aineistoa ja pyritään sen pohjalta vastaamaan aikaisemmin määritelyihin tutkimuskysymyksiin niihin keskittyvissä aliluvuissa. Neljäs luku sisältää yhteenvedon tutkielmasta.

2 Tausta

2.1 Kielten opiskelu

Sanaston osaamisen ajatellaan olevan yksi kielten opiskelun tärkeimmistä osa-alueista [3], [4]. Muita osa-alueita ovat mm. ääntäminen, kuuntelu- ja puhetaito, kirjoitus- ja lukutaito sekä kielioppi [2]. Sanaston oppiminen ja ylläpitäminen ovat suurimpia haasteita uuden kielen oppimisessa [5]. Ilman riittävän laajaa sanavarastoja kyky pidempiin keskusteluihin kärsii ja sen myötä motivaatio oppimiseen heikenee [3], minkä lisäksi opiskelu saattaa muuttua passiivisemmaksi [4]. Myös motivaation puute on tunnistettu yhdeksi kielten opiskelun esteistä oppimisympäristöstä sekä opiskelu- ja opetustekniikoista lähtöisin olevien haasteiden rinnalla [3].

Oppimishalun puutetta aiheuttaa myös vierasta kieltä vaativien tilanteiden puute [5], [6]. Lisäksi on tuotu esille, että paras tapa oppia vierasta kieltä on juurikin käyttää sitä todenmukaisessa ympäristössä [7]. Tutkimusten mukaan uutta kieltä oppivat parhaiten ne kielten opiskelijat, jotka viettävät aikaa opeteltavaa kieltä käytävässä yhteisössä [5]. Näin ollen olisi oppimisen kannalta olennaista, että opiskeltavan kielen käytölle saataisiin oikean maailman tilanteita tai niitä läheisesti muistuttavia harjoituksia. Vaikka sellaisia olisi, liittyy niihin ongelmia. Kun opiskeltavaa kieltä käytetään todellisissa tilanteissa harjoitusten sijasta, voi erilaisten viestintävirheiden mahdollisuudella olla toisinaan suurempi merkitys, mikä saattaa vähentää kielen käyttöä [8]. Erilaiset keskusteluharjoitukset eivät sen sijaan välttämättä val-

mistele riittävästi oikeita tilanteita varten, sillä keskustelujen ympäristölliset tekijät eivät yleensä vastaa todellisuutta [8].

Luokassa tapahtuvan opetuksen tekniikoilla on myös vaikutusta oppimisen motivaatioon. Opettaja, joka vaihtaa opiskelijoiden äidinkieleen hankalampien asioiden selittämiseksi, vähentää heidän motivaatiotaan [5]. Ratkaisuna pidetään opiskelijalähtöisempää, ongelmien tutkimiseen ja ratkaisujen itsenäiseen löytämiseen perustuvaa oppimista [5]. Luokkahuoneessa opiskeltavan kielen käyttöön liittyy toisinaan ujoutta, ahdistuneisuutta ja itsevarmuuden puutetta sekä virheiden tekemisen ja negatiivisen palautteen pelkoa [9]. Pienemmillä lapsilla kielten opiskelua hankaloittaa sen sijaan oppimisympäristö, joka ei kykene pitämään heidän huomiotaan [10].

Lisäksi haasteita kielten opiskelussa aiheuttaa se, että uutta kieltä käytettäessä usein ajatellaan asia aluksi omalla äidinkielellä, minkä jälkeen se vasta käännetään opiskeltavalle kielelle [11].

2.2 Oppimispelit kielten opiskelussa

Oppimispelien tarkoitus on hyödyntää pelien ominaisuuksia oppimisessa [2]. Oppimispelit ovat yksi tutkituimmista kielten opiskelun apuna käytettävistä teknologioista [2]. Oppimispelien toimivuutta pidetään hyvin riippuvaisena niistä olosuhteista, joissa niitä pelataan [12]. Tämä nähdään syynä siihen, että aiheesta on paljon erilaisiin lopputuloksiin päätyviä tutkimuksia [12]. Myös tutkimusten epätarkkoja kuvauksia ja toteutuksiin liittyviä ongelmia pidetään osasyinä eriäviin tutkimustuloksiin [12]. On mahdollista, että myös erot oppimisleissa ja sovelluskohteissa ovat osaltaan voineet vaikuttaa tutkimusten havaintoihin.

Monien tutkimusten mukaan oppimispelien on havaittu tehostavan kielten oppimista [2], [11]. Toisaalta eräässä tutkimuksessa [3] ei pystytty todistamaan oppimispelien parempaa tehokkuutta perinteisiin opetusmenetelmiin nähden. Elaiş ym. kuitenkin havaitsivat kyseisessä tutkimuksessa oppimispelien käytön paranta-

van motivaatiota kielen opiskeluun [3]. Oppimispelien on monissa muissakin tutkimuksissa havaittu parantavan opiskelumotivaatita [4]. Kuitenkin erään tutkimuksen mukaan oppimispelit eivät motivoi käyttämään lisää aikaa oppimiseen, mutta käyttäjät oppivat enemmän samassa ajassa [12]. Oppimispelien mahdollista vaikutusta motivaatioon on perusteltu mm. sillä, että pelillistäminen lisää oppimisen rinnalle pelissä onnistumisen tarjoaman palkitsevuuden tavoittelun [3].

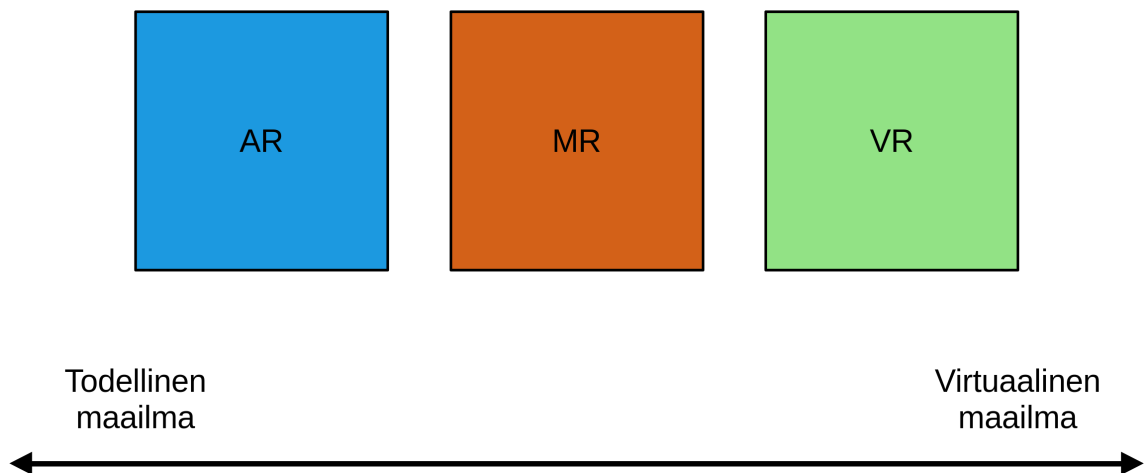
Esimerkki kielten opiskeluun tarkoitettusta oppimispelistä on Elaishin ym. [3] älypuhelimelle kehittämä *VocabGame*, joka on tehty arabiaa äidinkielenään puhuville opiskelijoille englannin kurssimateriaalin tueksi. Pelissä opetellaan englannin kielen sanastoa kahdenlaisten harjoitussarjojen avulla, joista toisessa pelaajan osaamista testataan. Pelin harjoituksiin kuuluu sanan merkityksen arvaaminen kuvan avulla, jonka tarkoituksena on tutustuttaa pelaaja opeteltaviin sanoihin, sekä englannin kielen sanan muodostaminen annetuista kirjaimista kuvan avulla, jolla testataan pelaajan osaamista. Pelin vaikeustasoa voidaan muuttaa asetuksista, mikä on tärkeää, sillä Elaish ym. totesivat, että liian suuri haaste opiskelijan taitoihin nähden hankaloittaa opiskelua [3].

2.3 Laajennettu todellisuus

Laajennettu todellisuus (engl. *extended reality*, XR) on yläkäsite, jolla viitataan virtuaalitodellisuuteen (engl. *virtual reality*, VR), yhdistettyyn todellisuuteen (engl. *mixed reality*, MR) sekä lisättyyn todellisuuteen (engl. *augmented reality*, AR) [13]. Oppimiseen liittyen laajennetun todellisuuden teknologiat kykenevät luomaan mahdollisuuksia oppimisen tilannesidonnaisuudelle ja voivat mahdollistaa merkityksellisemmän yhteyden opiskeltavaan materiaaliin [8]. Tutkielman kannalta keskeisiä ovat erityisesti VR ja AR, sillä ne ovat toistaiseksi tutkituimmat laajennetun todellisuuden teknologiat kielten opiskelun työkaluina [14]. Samaa johtopäätökseen voidaan tulla tämän tutkielman tiedonhaun perusteella, jossa Web of Science -

viitetietokannasta saatujen 32:n lähteen joukosta 16 aiheena oli AR ja 13 aiheena VR. MR:n käyttöön kielten opetuksessa tai opiskelussa liittyviä tutkimuksia löydettiin vain kolme.

MR, AR ja VR mahdollistavat toistensa kanssa erilaista immersiota [13]. Nämä immersiiiviset teknologiat pyrkivät uppouttamaan käyttäjän niillä välitettyyn sisältöön [13]. Immersion tunne osaltaan määrittelee laajennetun todellisuuden teknologioita ja erottaa ne toisistaan läsnäolon tunteen rinnalla [13]. Läsnäolon tunteella tarkoitetaan tässä tilanteessa käyttäjän tunnetta joko todellisessa tai keinotekoisessa maailmassa olemisesta. AR pitää käyttäjän todellisessa maailmassa ja lisää siihen virtuaalisia asioita. VR mahdollistaa käyttäjän uppoutumisen virtuaaliseen maailmaan ja MR pyrkii sekoittamaan näiden kahden ominaisuuksia. Virtuaalisessa maailmassa olemisen tunne on suurin VR:ssä. Näin ollen laajennetun todellisuuden teknologiat voidaan järjestää siten, että AR on lähellä todellista maailmaa, VR virtuaalista maailmaa ja MR näiden välissä (kaavio 2.1) [13].



Kaavio 2.1: AR, MR ja VR sen mukaan, missä käyttäjä kokee olevansa. Sovitettu Zhang ym. tutkimuksesta [14].

Virtuaalitodellisuus

VR tarjoaa todentuntuisen virtuaalisen ympäristön, jossa käyttäjä kokee olevansa läsnä [1]. Käyttäjän tunne tietokoneella luodussa ympäristössä olemisesta on interaktiivisuuden, reaaliaikaisuuden ja keinotekoisien maailman ohella olennainen osa VR:ää [15]. Kokemus keinotekoisessa ympäristössä olemisesta luodaan simuloimalla todellisen maailman kokemuksia maastonmuodoilla, fysiikoilla ja ympäristössä liikkumisella [16].

Usein käyttäjä pitää päässään VR-laseja (engl. *VR headset*) [2], jotka ovat VR:ää varten tarkoitettu päähän kiinnitettävä näyttölaite (engl. *head-mounted display*, HMD). VR-lasien sijaan näyttönä voivat toimia käyttäjää ympäröivät seinät, joille heijastetaan näkymä, joka muuttuu käyttäjän liikkuaessa tilassa [7]. VR-lasien sijaan on mahdollista käyttää niiden kanssa ulkomuodoltaan samankaltaista telinettä älypuhelimelle, jolloin puhelimen näyttö toimii VR-lasien näyttönä. Yksinkertaisimmillaan tämä tarkoittaa pahvista taiteltua pidikettä, jota käytetään yhdessä älypuhelinsovelluksen kanssa [7]. Tämä saattaa rajoittaa tarjolla olevien sovellusten määrää, mutta toisaalta tekee VR:stä lähestyttävämmän, koska varsinaiset VR-lasit ovat tällaisia pidikkeitä kalliimpia. Pelkät VR-lasit eivät myöskään usein riitä immersoivan kokemuksen saavuttamiseksi, vaan ne vaativat muutakin kallista laitteistoa [2].

Lisätty todellisuus

Lisätyn todellisuuden tarkoitus on esittää virtuaalisia asioita todelliseen ympäristöön aseteltuna [2]. Toisin kuin VR:n sovellukset, AR ei immersoi käyttäjää virtuaaliseen maailmaan. Sen sijaan keinotekoisia asioita näytetään todellisessa maailmassa yleensä lisäämällä esimerkiksi älypuhelimien kameran reaaliaikaiseen kuvaan käyttäjälle näytettäviä asioita, mutta myös HMD:n tai älylasien käyttö on toisinaan mahdollista [13]. Koska AR ei vie käyttäjää virtuaaliseen maailmaan, vaan

päinvastoin tuo virtuaaliset asiat käyttäjän ympäristöön, on sitä luonnehdittu VR:n vastakohtaksi [7].

Opiskeluun sovellettuna AR parantaa oppimisen tehokkuutta, motivaatiota, aktiivisuutta sekä rohkaisee oppilaiden välistä yhteistyötä [17]. Sen on havaittu parantavan myös tiedonhallintaa sekä ongelmanratkaisu- ja reflektointikykyä [2].

Yhdistetty todellisuus

MR pyrkii VR- ja AR-menetelmiä yhdistämällä luomaan ympäristön, jossa todelliset ja virtuaaliset elementit voivat olla vuorovaikutuksessa toistensa kanssa [7], [14]. Virtuaalisia asioita näytetään käyttäjälle hänen ympäristöönsä lisättynä, mutta toisin kuin AR:ssä, niiden kanssa on mahdollista olla vuorovaikutuksessa läpinäkyvän näytön tai HMD:n kautta [7].

MR:n käyttö kielten opetuksessa vaikuttaa olevan toistaiseksi melko vähäistä. Eräässä vuonna 2023 julkaistussa tutkimuksessa tarkasteltiin kieltenopettajien suhtautumista laajennettuun todellisuuteen, eikä yksikään tutkimukseen osallistuneista opettajista ollut käyttänyt MR:ää opetuksessa [13]. Kyseisen tutkimuksen mukaan MR oli myös laajennettuun todellisuuteen kuuluvista teknologioista vähiten ymmärretty. Syitä MR:n vähäiseen käyttöön ja tieteelliseen huomioon kielten opiskelussa ovat muun muassa sitä hyödyntävien ohjelmien vähyys, epäselvät määrittelyt ja aiheen huono ymmärrys [14].

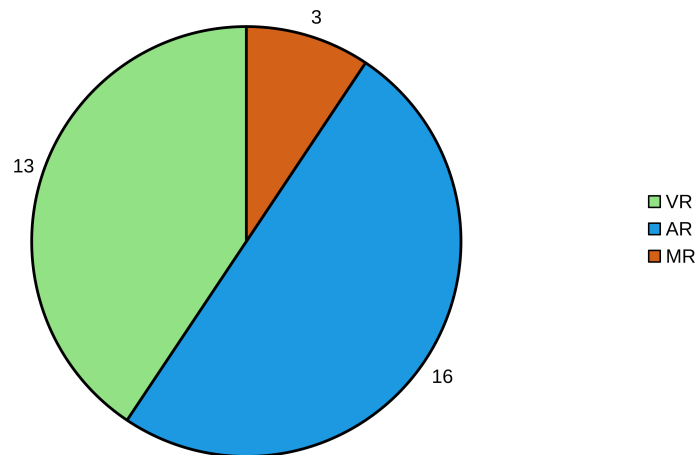
Yleisesti opetuksen työkaluna MR:n on havaittu parantavan opiskelijoiden välisen yhteistyön ja opiskelun aktiivisuutta, keskittymiskykyä, asennetta oppimiseen sekä oppimista itsessään [14].

3 Laajennettu todellisuus kielten opiskelussa

3.1 Laajennetun todellisuuden edut

AR- ja VR-pelien ajatellaan tarjoavan hyvät mahdollisuudet kielitaidon kehittämiseen niiden monipuolisten ominaisuuksien vuoksi [4]. Näihin ominaisuuksiin kuuluu esimerkiksi monipuolinen syöte, interaktiivisuus sekä VR:n mahdollistama todentuntuinen ympäristö [4]. Vastaavia ominaisuuksia on pidetty hyödyllisinä MR:ssä, jolle kielten opiskelua pidetään kuitenkin haastavana sovellusalueena [18].

AR:n eräs etu VR:ään ja MR:ään verrattuna on se, että sen hyödyntämiseksi vaaditaan huomattavasti vähemmän kallista laitteistoa, sillä suosituin alusta AR-peleille on älypuhelin [4]. Näin ollen kynnyksen käyttöön on matala. Olettaen, että käyttäjä omistaa jo älypuhelimensa, ei sille tehtyjen AR-sovellusten tai AR-pelien käyttöön yleensä liity lisäkustannuksia ohjelmistojen käyttöön liittyviä maksuja lukuun ottamatta. VR vaatii sen sijaan useimmiten vähintään VR-lasit parhaan immersion saavuttamiseksi [7]. MR:n suosio opetuksen työkaluna on vasta nousussa ja huomio kielten opiskeluun liittyen on toistaiseksi rajallista, eikä sille ole vielä saatavilla paljoakaan erilaisia kielten opiskeluun tarkoitettuja pelejä tai sovelluksia [14]. Tämä näkyi myös aineistojen jakautumisessa laajennetun todellisuuden teknologioiden kesken, koska MR:ään liittyviä lähteitä löydettiin hyvin vähän (kaavio 3.1).



Kaavio 3.1: Aineiston jakautuminen.

Kieltenopettajien mielestä suurin este minkä tahansa laajennetun todellisuuden teknologian käytölle on siihen liittyvät kustannukset ja toiseksi suurimpana esteenä on nähty teknisen tuen puute [13]. Opettajat näkivätkin AR:n käyttökelpoisempänä kuin virtuaalitodellisuuden, koska sen käyttämiseksi vaaditaan vain älypuhelin ja verkkoyhteys [13]. VR:n käyttäminen on kuitenkin mahdollista älypuhelimien ja sille tehdyn pidikkeen avulla, mikäli käytettävissä on sitä varten tehty sovellus. Tällaista ratkaisua on käytetty esimerkiksi eräässä tutkimuksessa, jossa opiskelijat katselivat, tekivät ja jakoivat VR-sisältöä [6].

Tutkielman toisessa luvussa todettiin, että on kielten opiskelun kannalta olennaista löytää opiskeltavan kielen käytölle todellisen maailman käyttökohteita paremman oppimistuloksen saavuttamiseksi. Jo aikaisemmin mainittujen ongelmien lisäksi myös esimerkiksi matkustuksen kustannukset luovat esteitä opiskeltavan kielen käytölle ja harjoittelulle oikean maailman tilanteissa [5]. VR tarjoaa tilaisuuden tällaisten tilanteiden simuloimiseen [16], mikä mahdollistaa todentuntuisen alustan kielen harjoitteluun. Kieltenopettajia haastatellessa moni uskoi juurikin immersion ja opiskelijan viemisen todentuntuisiin tilanteisiin olevan VR:n hyötyjä kielten opiskelussa, mutta toisaalta osa pelkäsi ihmisten välisen vuorovaikutuksen vähenevän [13]. Tekoälyn ja automaattisen puheentunnistuksen käyttäminen mahdollistaa monipuol-

lisempien vastausten vastaanottamisen käyttäjältä sekä avoimempien kysymysten kysymisen peleissä ja sovelluksissa [19].

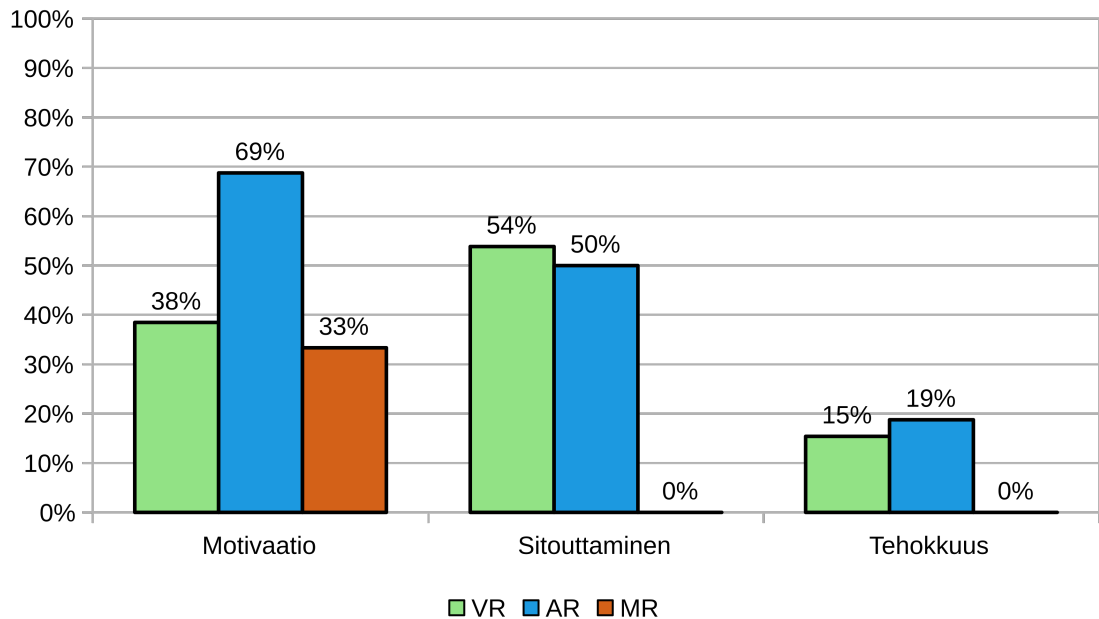
Motivaatio

Tämän tutkielman tiedonhaussa löydettyjen tutkimusten tuloksia eniten yhdistävä tekijä on havainnot motivoivasta vaikutuksesta. Positiivinen vaikutus kielen opiskelun motivaation mainittiin yhteensä 17 tutkimuksen tuloksissa. AR:ään liittyvien lähteiden joukosta 69 prosentissa mainittiin motivaatio, VR:ään liittyvien joukosta 38 prosentissa ja MR:ään liittyvien joukosta 33 prosentissa (kaavio 3.2). Kieltenopettajien suhtautumista laajennettuun todellisuuteen selvittäneessä tutkimuksessa AR:ää luonnehdittiinkin kyselyssä useimmiten motivoivaksi ja interaktiiviseksi opettajien toimesta [13].

Motivoiva vaikutus pyritään saamaan aikaan esimerkiksi VR:llä tekemällä oppimisesta kiinnostavaa tai hauskaa mielenkiintoisilla ympäristöillä ja aktiviteeteilla. Eräässä tutkimuksessa opiskelijoita motivoitiin yhdistämällä opiskelu tuttuihin paikkoihin, kuten kuntosaliin, eläintarhaan ja pikaruokaravintolaan [20]. Näiden ympäristöjen avulla opiskelijat oppivat sanastoa myös satunnaisella tavalla tutkimalla asioita [20].

Sitouttaminen

Toinen AR:ään ja VR:ään liittyvien lähteiden tuloksia yhdistävä asia oli sitouttaminen (engl. *engagement*). Se mainittiin 54 prosentissa VR:ään liittyvien lähteiden tuloksista sekä 50 prosentissa AR:ään liittyvien tutkimusten tuloksissa (kaavio 3.2). Yhdessäkään MR:ään liittyvistä lähteistä ei mainittu sitä, mutta tämä voi johtua tutkimusten vähäisestä määrästä. Kielten opiskeluun liittyen sitouttamisella tarkoitetaan sen eri osa-alueiden yhteisvaikutusta opiskelijan oppimismenestykseen [20]. Sitouttaminen koostuu kolmesta eri osa-alueesta, jotka ovat käytöksellinen sitoutta-



Kaavio 3.2: Kaavio tutkimusten tuloksissa ilmenneistä hyödyistä. Prosenttiyksiköt ilmaisevat, kuinka suuressa osassa kuhunkin teknologiaan liittyvistä tutkimuksista kukin etu mainittiin.

minen, affektiivinen sitouttaminen sekä kognitiivinen sitouttaminen, joita on eritelty taulukossa 3.1 [20].

VR:n kerrottiin eräässä tutkimuksessa luovan uhattoman, hauskan ja interaktiivisen ympäristön kielen oppimiselle, joka rohkaisi opiskelijan osallistumista sekä kytki virtuaalisen maailman tapahtumat oikean maailman aktiviteetteihin [20]. Tämän todettiin tekevän oppimisesta merkityksellisempää sekä saavan aikaan positiivisen muutoksen perinteisempään opettajälhtöiseen oppimiseen verrattuna, jossa opiskelijat kokivat negatiivisia tunteita sekä pelkäsivät virheiden tekemistä [20]. Kyseisen tutkimuksen tekijät ilmoittivat, että tutkimuksen pienen osallistujamäärän vuoksi tuloksia on hankala yleistää.

Tärkeä huomio oli myös se, että uudesta teknologiasta innostuminen häiritsti aluksi lasten oppimista heikon keskittymiskyvyn vuoksi ja oppimista alkoi tapahtua vasta tämän innostuksen laannuttua [20]. Tämän kognitiivisen kuormittavuuden vuoksi suositeltiin, että VR:ää käytettäisiin nuorilla oppilailla vain oppimista tuke-

Taulukko 3.1: Sitouttamisen osa-alueet [20].

Käytöksellinen	<ul style="list-style-type: none"> • Teot • Osallistuminen • Vuorovaikuttaminen muiden kanssa.
Affektiivinen	<ul style="list-style-type: none"> • Tunteukset • Vaikuttaa käytökselliseen ja kognitiiviseen sitouttamiseen.
Kognitiivinen	<ul style="list-style-type: none"> • Ajatustyö asioiden ymmärtämiseksi. • Näkyy opiskelijan toimintana.

vana työkaluna [20]. Samankaltaisia, tehokkaaseen sitouttamiseen viittaavia tuloksia on saatu myös muissa AR:ään ja VR:ään liittyvissä tutkimuksissa [21], [6].

Kuten tämän tutkielman toisessa luvussa tuotiin esille, kielten opiskeluun liittyy toisinaan tunteita, jotka haittaavat oppimista [9]. Tähän ongelmaan on ehdotettu ratkaisuksi opiskelijälähtöisempää lähestymistapaa [5]. Laajennetun todellisuuden teknologioista ainakin AR ja VR mahdollistavat alustan tällaiseen oppimiseen läpi käytyjen tutkimusten perusteella.

Oppimisen tehokkuus

Positiivista vaikutusta oppimisen tehokkuuteen mainittiin aineistossa huomattavasti vähemmän (kaavio 3.2). Eräässä tutkimuksessa ei havaittu AR:ää hyödyntävien ja perinteisten opetusmenetelmien aikaansaamissa kielioppiin liittyvissä oppimistuloksissa tilastollista eroa 14–15-vuotiailla oppilailla, mutta AR:n havaittiin lisäävän motivaatiota ja sitouttamista [21]. Toisessa, esikouluikäisille (4–6-vuotiaille) lapsille tehdyssä tutkimuksessa sen sijaan huomattiin AR-sovelluksella opiskelleiden oppilaiden saavan muistikortteja käyttäneitä oppilaita merkittävästi paremmat tulokset testattaessa opittua sanastoa [22]. Eri tuloksiin päätyneitä tutkimuksia oli useita ja syitä tähän voi olla monia. Tehokkuuden vaihtelun syyt saattavat olla osittain samat kuin toisessa luvussa esiteltyt syyt oppimispelien tutkimusten tulosten ristiriitaisuudelle. Pelaamisen olosuhteet vaikuttavat oppimispelien tehokkuuteen sekä tutkimuksissa itsessään esiintyy ongelmia [12]. Eri pelien tai sovellusten välillä saat-

taa olla eroja, jotka voivat vaikuttaa tehokkuuteen. Tutkimusten osallistujien iällä voi olla vaikutusta lopputulokseen ja tutkimuksissa on keskitytty lisätyn todellisuuden vaikutuksiin kielten opiskelun eri osa-alueisiin.

MR:n etujen arviointi

Eräässä MR:ään liittyvässä lähteessä ei havaittu merkittävää eroa sanaston opiskelun tuloksissa opettelukorttien ja MR:ää käyttävän menetelmän välillä [18]. MR:n ajatellaan kuitenkin luovan mahdollisuuden hyvin kontekstualisoituun kielten opiskeluun paremmin kuin VR:n ja AR:n, koska virtuaalinen oppimismateriaali kyetään tuomaan esille pitäen käyttäjä kuitenkin edelleen todellisessa ympäristössään [14]. Koska MR ei vie käyttäjää virtuaaliseen maailmaan, mahdollistaa se oppijoiden välisen yhteistyön, jota pidetään hyödyllisenä kielten opiskelussa [14] ja jonka vähene mistä osa kieltenopettajista pelkäsi virtuaalitodellisuuteen liittyen [13]. AR:n kykyä kontekstualisoida virtuaalista sisältöä on pidetty riittämättömänä kielten opiskelua varten [14]. MR:n hyödyistä kielten opiskelussa ei kuitenkaan ole riittävästi tutkimustuloksia sen mahdollisuuksien tarkemmaksi ymmärtämiseksi [14]. Koska MR ei immersoi käyttäjää virtuaaliseen maailmaan, aiheesta tulevaisuudessa tehtävien tutkimusten olisi hyvä tarkkailla aiheuttaako se lapsissa yhtä vahvan oppimista häiritsevän uutuuden innostuksen kuin Lee ym. havaitsivat tutkimuksessaan [20]. MR:ään liittyvissä tutkimuksissa onkin rohkaistu tulevia tutkimuksia havainnoimaan opiskelijoiden oppimiseen liittyvää käyttäytymistä MR:ää hyödyntäessä, teknologian vaikutusta kielen opiskelun eri osa-alueisiin [14] sekä tutkimaan sen vaikutusta sellaiseen kielten opiskeluun, johon opiskelijalla on henkilökohtaista motivaatiota [18].

3.2 Laajennetun todellisuuden vertailu digitaalisiin oppimispeleihin

Laajennetun todellisuuden teknologioita ja tavallisia oppimispelejä kielten opiskelussa vertailevia tutkimuksia on vähän. Tämän tutkielman tiedonhaussa löydettiin yksi tutkimus, jossa suoraan tutkittiin VR:ää hyödyntävän sovelluksen vaikutusta kielten opiskeluun verraten sitä samalla vastaavaan tavalliseen puhelinsovellukseen [11] sekä artikkeli, joka sisältää sovellusta ja sen VR-versiota vertailevan tutkimuksen tulosten lyhyen esittelyn [23]. Muita laajennetun todellisuuden teknologioita hyödyntäviä pelejä tai sovelluksia tavanomaisempiin digitaalisiin ohjelmiin vertailevia tutkimuksia ei löydetty tiedonhaussa.

Nicolaidou ym. tutkimuksessa käytettiin kielten opiskeluun tarkoitettua *Mondly*-sovelluksen tavallista puhelinvärsiota sekä sen VR-versiota *MondlyVR*. Tutkimukseen osallistuneet 40 opiskelijaa jaettiin tasan siten, että kumpaakin versiota käytti 20 opiskelijaa. *MondlyVR*:ää käyttävät opiskelijat pelasivat kolmea skenaariota ja toinen ryhmä kävi keskusteluita puhelinsovelluksessa. Kielen oppimista mitattiin sanaston osaamisella.

Tutkimuksen mukaan puhelinsovellus ja VR-sovellus olivat molemmat toimivia kielten opiskelussa, mutta tulosten luotettavuutta arvioitaessa on kuitenkin huomioitava sovellusten lyhyt käyttöaika tutkimuksessa sekä esi- ja jälkitestien välinen lyhyt aika [11]. Eri teknologioita hyödyntävien sovellusten vaikutukset kielen oppimiseen olivat hyvin samantasoiset eikä VR-sovellusta näin ollen kyetty osoittamaan puhelinsovelluksia paremmaksi työkaluksi, mikäli niissä käytettävät opetusmenetelmät ovat samanlaiset [11].

VR-sovelluksen havaittiin kyselyn perusteella sitouttavan ja immersoivan käyttäjä hyvin, mutta myös puhelinsovellus suoriutui hyvin näillä asteikoilla [11]. Tutkimuksen mukaan puhelinsovelluksen käytettävyys oli kuitenkin parempi. Parempi

käytettävyys saattaa johtua siitä, että älypuhelimet ovat yleisempiä kuin VR-lasit ja uuden puhelinsovelluksen käyttö siten tutkimuksen osallistujille helpompaa. Ero käytettävyudessa voi johtua myös VR:ää hyödyntävän sovelluksen suunnitteluvalinnoista. Nicolaidou ym. toteavat kyseisessä tutkimuksessa myös, että aikaisempien tutkimustulosten mukaisesti VR ei tarjoa etuja hyvin jäsenneilyn tiedon opettamisessa, johon myös sanaston osaaminen kuuluu. Sen sijaan huonosti jäsenneilyn tiedon välittämisessä VR:n on havaittu olevan tehokas, joten jos tutkimuksessa olisi tutkittu sellaista, olisivat tulokset voineet olla VR:n kannalta myönteisemmät [11].

Pelillistettyä oppimissovellusta *Duolingo* ja sen VR-versiota *Duolingo VR*:ää vertailtiin erään lähteen mukaan kolmen kuukauden ajan tarkastellen niiden vaikutuksia kyselyiden sekä testien avulla [23]. Song ym. esittelivät tekemänsä vertailun tuloksia lyhyesti artikkelissaan, jonka mukaan suurimmat erot VR-version eduksi havaittiin kulttuurillisessa ymmärryksessä, kielen oppimisen tehokkuudessa sekä osallistumisessa [23]. Tutkimuksen tuloksia tai osallistujien kokemuksia ei esitelty laajemmin, koska artikkeli keskittyy yleisemmin VR:n käyttöön kielten opiskelussa eikä sen vertailuun oppimisasipeleihin tai sovelluksiin. Tämän vuoksi vertailun tuloksia ja niiden merkitystä on vaikea arvioida tarkemmin.

Tämän tutkielman tiedonhaussa ei löydetty tutkimuksia, jotka vertailevat muita laajennetun todellisuuden teknologioita suoraan oppimisasipeleihin tai sovelluksiin, mutta niiden tehokkuutta kielten opiskelussa voidaan silti pyrkiä vertailemaan muilla keinoilla. Koska kaavion 3.2 mukaisesti oppimisen tehostumista mainittiin vain harvojen tutkimusten tuloksissa, voitaisiin päätellä, ettei VR:n tavoin myöskään muiden laajennetun todellisuuden teknologioiden mahdollistama oppimistehokkuus olisi oppimisasipelejä ja sovelluksia parempi. Aiheesta kuitenkin tarvitaan lisää tutkimustietoa ennen tällaisten johtopäätösten tekemistä. Vertailevien tutkimusten tulisi seurata näiden erilaisten sovellusten käyttöä pidemmällä aikavälillä, koska näin

voitaisiin tarkemmin tutkia laajennetun todellisuuden ja oppimispeleiden vaikutusta motivaation ylläpitämiseen.

Vertailu voi kuitenkin osoittautua hankalaksi, koska laajennetun todellisuuden teknologiat ja menetelmät mahdollistavat perinteisempiin oppimispeleihin ja sovelluksiin nähden hyvin erilaisia sovelluksia. Käyttäjän immersoiminen virtuaaliseen maailmaan pelkällä puhelimen tai tietokoneen näytöllä ei ole samalla tavalla mahdollista kuin VR-laseilla. Tästä johtuen esimerkiksi puhelinsovelluksessa käytetyn opetusmenetelmän soveltaminen VR-sovellukseen Nicolaidou ym. tutkimuksen [11] tavoin saattaa rajoittaa VR-sovellusta siten, ettei sen kielten opiskeluun sopivia ominaisuuksia päästä hyödyntämään täysin. Kyseisessä tutkimuksessa sovellusten välillä ei havaittu suuria eroja, mutta Song ym. totesivat artikkelissaan [23], että tarkasteltavan sovelluksen VR-versiolla oli havaittavissa etuja puhelinsovellukseen nähden. Song ym. tekemässä vertailussa sovellusten välillä oli kuvailujen perusteella merkittäviä eroja, jotka saattavat selittää VR-version edut. Jos sovellukset ovat hyvin erilaiset, on arvioitava johtuivatko edut VR:n hyödyntämisestä vai sovellusten muista eroista. Toisaalta VR saattoi mahdollistaa kyseiset erot.

4 Yhteenveto

Tutkielman tarkoituksena oli tarkastella laajennetun todellisuuden mahdollisia etuja kielten opiskelussa. Aihetta tarkasteltiin tekemällä kirjallisuuskatsaus olemassa olevaan tutkimuskirjallisuuteen. Tutkielman tutkimuskysymykset olivat:

TK1 Mitä etuja laajennetun todellisuuden käytöllä on kielten opiskelussa?

TK2 Tarjoavatko laajennetun todellisuuden oppimispelit ja -sovellukset etuja tavanomaisiin digitaalisiin ratkaisuihin nähden?

Ensimmäistä tutkimuskysymystä selvitettiin luvussa 3.1. Tutkimuskirjallisuuden tarkastelun perusteella tunnistettiin motivaation, sitouttamisen sekä tehostuneen oppimisen olevan toistuvia tutkimustuloksia. AR:n voidaan varmimmin nähdä vaikuttavan positiivisesti motivaatioon, koska tämä mainittiin 69 prosentissa aineistoista. VR:ään liittyen osuus jäi huomattavasti pienemmäksi, vain 38 prosenttiin. MR:ään keskittyvistä aineistoista se mainittiin kolmasosassa. Sitouttaminen mainittiin etuna 50 prosentissa AR:ään ja 54 prosenttissa VR:ään liittyvissä tutkimuksissa. Vastaavasti 19 prosenttia AR:ään ja 15 prosenttia VR:ään liittyvistä aineistoista mainitsivat oppimisen tehokkuuteen tuloksissaan. MR:ään liittyvissä aineistoissa ei mainittu sitouttamista tai oppimisen tehokkuutta.

Näin ollen yleisesti laajennettua todellisuutta ajatellessa suurimpien etujen voidaan katsoa olevan motivaatiossa, mutta esimerkiksi VR:n on läpi käydyn tutkimuskirjallisuuden mukaan tunnistettu hyödyttävän useammin sitouttamisessa kuin motivoinnissa. Tämä kuvastaa sitä, että vaikka nämä teknologiat kuuluvat samaan

ryhmään, ovat ne silti erilaisia ja näin ollen tarjoavat erilaisia etuja. Laajennetun todellisuuden eri teknologioihin liittyvät tutkimukset saattavat myös olla vahvemmin keskittyneitä eri asioihin, mikä vaikuttaa näihin tuloksiin. MR:stä löytyi hyvin vähän aineistoa, mikä osaltaan varmasti vaikuttaa siitä saatuihin tuloksiin, eikä kolmen aineiston pohjalta voida vielä tehdä laajempia johtopäätöksiä. Tarkastelun pohjalta vastaus ensimmäiseen tutkimuskysymykseen on, että kielten opiskeluun liittyen laajennetun todellisuuden teknologioiden on havaittu tarjoavan etuja motivoinnissa ja VR:n ja AR:n sitouttamisessa sekä oppimisen tehokkuudessa.

Luvussa 3.2 tarkasteltiin toista tutkimuskysymystä. Tiedonhaussa löydettiin hyvin vähän siihen liittyviä tutkimuksia. Löydettyjen VR- ja puhelinsovellusta vertailevien lähteiden tulokset olivat osittain ristiriitaisia esimerkiksi oppimisen tehokkuuden kannalta. Lisäksi puhelinsovellukset suoriutuivat hyvin molemmissa tutkimuksissa sekä ne nähtiin toisessa helppokäyttöisempänä, mahdollisesti puhelinten yleisemmän käytön vuoksi. AR- ja MR-oppimissovelluksia tai -pelejä vastaaviin tavanomaisiin digitaalisiin ratkaisuihin vertailevia tutkimuksia ei löydetty tämän tutkielman tiedonhaussa ollenkaan, joten tutkimuskysymykseen ei kyetä vastaamaan täysin. Näiden havaintojen perusteella on selvää, että aiheesta tarvitaan enemmän tutkimustietoa.

Aiheesta tarvitaan tämän tutkielman perusteella lisää tutkimustietoa erityisesti MR:ään sekä laajennetun todellisuuden oppimispelien ja -sovellusten tavanomaisempien digitaalisten ratkaisujen vertailuun liittyen. Tutkimusten pitäisi tapahtua pitkällä aikavälillä ja osallistujamäärien pitäisi olla riittävän suuria tulosten luotettavuuden takaamiseksi. Eri teknologioita vertailevissa tutkimuksissa on syytä suunnitella tarkkaan minkälaista oppimissovellusta tai -peleä käytetään, koska tällä voinnalla voi olla vaikutusta tutkimuksen tuloksiin.

Lähdeluettelo

- [1] L.-K. Lee, X. Wei, K. T. Chui et al., "A Systematic Review of the Design of Serious Games for Innovative Learning: Augmented Reality, Virtual Reality, or Mixed Reality?", *Electronics*, vol. 13, nro 5, s. 890, 2024. DOI: 10.3390/electronics13050890.
- [2] R. Shadiev ja M. Yang, "Review of Studies on Technology-Enhanced Language Learning and Teaching", *Sustainability*, vol. 12, nro 2, s. 524, tammikuu 2020, ISSN: 2071-1050. DOI: 10.3390/su12020524.
- [3] M. M. Elaish, N. A. Ghani, L. Shuib ja A. Al-Haiqi, "Development of a Mobile Game Application to Boost Students' Motivation in Learning English Vocabulary", *IEEE Access*, vol. 7, s. 13 326–13 337, 2019, ISSN: 2169-3536. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2891504.
- [4] L. Haoming ja W. Wei, "A systematic review on vocabulary learning in AR and VR gamification context", *Computers & Education: X Reality*, vol. 4, s. 100 057, 1. tammikuuta 2024, ISSN: 2949-6780. DOI: 10.1016/j.cexr.2024.100057.
- [5] A. Ashley-Welbeck ja D. Vlachopoulos, "Teachers' Perceptions on Using Augmented Reality for Language Learning in Primary Years Programme (PYP) Education", *International Journal of Emerging Technologies in Learning (Online)*, vol. 15, nro 12, s. 116–135, 2020, ISSN: 18630383. DOI: 10.3991/ijet.v15i12.13499.

- [6] C.-H. Chen, H.-T. Hung ja H.-C. Yeh, "Virtual reality in problem-based learning contexts: Effects on the problem-solving performance, vocabulary acquisition and motivation of English language learners", *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 37, nro 3, s. 851–860, 2021, ISSN: 1365-2729. DOI: 10.1111/jcal.12528.
- [7] X.-y. Qiu, C.-K. Chiu, L.-L. Zhao, C.-F. Sun ja S.-j. Chen, "Trends in VR/AR technology-supporting language learning from 2008 to 2019: a research perspective", *Interactive Learning Environments*, vol. 31, nro 4, s. 2090–2113, 19. toukokuuta 2023, ISSN: 1049-4820, 1744-5191. DOI: 10.1080/10494820.2021.1874999.
- [8] R. R. Divekar, J. Drozdal, S. Chabot et al., "Foreign Language Acquisition via Artificial Intelligence and Extended Reality: Design and Evaluation", *Computer Assisted Language Learning: An International Journal*, vol. 35, nro 9, s. 2332–2360, 12. joulukuuta 2022, ISSN: 0958-8221. DOI: 10.1080/09588221.2021.1879162.
- [9] S.-C. Tsai, "Learning With Mobile Augmented Reality- and Automatic Speech Recognition-Based Materials for English Listening and Speaking Skills: Effectiveness and Perceptions of Non-English Major English as a Foreign Language Students", *Journal of Educational Computing Research*, vol. 61, nro 2, s. 444–465, 1. huhtikuuta 2023, ISSN: 0735-6331. DOI: 10.1177/07356331221111203.
- [10] W. Yao, L. Wang ja D. Liu, "Augmented reality-based language and math learning applications for preschool children education", *Universal Access in the Information Society*, 6. maaliskuuta 2024, ISSN: 1615-5297. DOI: 10.1007/s10209-024-01101-6.
- [11] I. Nicolaidou, P. Pissas ja D. Boglou, "Comparing immersive Virtual Reality to mobile applications in foreign language learning in higher education: a

- quasi-experiment”, *Interactive Learning Environments*, vol. 31, nro 4, s. 2001–2015, 19. toukokuuta 2023, ISSN: 1049-4820. DOI: 10.1080/10494820.2020.1870504.
- [12] J. Sandberg, M. Maris ja P. Hoogendoorn, ”The added value of a gaming context and intelligent adaptation for a mobile learning application for vocabulary learning”, *Computers & Education*, vol. 76, s. 119–130, 1. heinäkuuta 2014, ISSN: 0360-1315. DOI: 10.1016/j.compedu.2014.03.006.
- [13] R. Kaplan-Rakowski, K. Papin ja P. Hartwick, ”Language Teachers’ Perceptions and Use of Extended Reality”, *CALICO Journal*, vol. 40, nro 1, s. 1–23, tammikuu 2023, ISSN: 07427778. DOI: 10.1558/cj.22759.
- [14] R. Zhang, D. Zou ja G. Cheng, ”Concepts, affordances, and theoretical frameworks of mixed reality enhanced language learning”, *Interactive Learning Environments*, vol. 32, nro 7, s. 3624–3637, 8. elokuuta 2024, ISSN: 1049-4820. DOI: 10.1080/10494820.2023.2187421.
- [15] M. G. O’Brien ja R. M. Levy, ”Exploration through Virtual Reality: Encounters with the Target Culture”, *Canadian Modern Language Review*, vol. 64, nro 4, s. 663–691, kesäkuu 2008, ISSN: 00084506. DOI: 10.3138/cmlr.64.4.663.
- [16] T.-J. Lin ja Y.-J. Lan, ”Language Learning in Virtual Reality Environments: Past, Present, and Future”, *Journal of Educational Technology & Society*, vol. 18, nro 4, s. 486–497, 2015, ISSN: 1176-3647.
- [17] X. Huang, D. Zou, G. Cheng ja H. Xie, ”A Systematic Review of AR and VR Enhanced Language Learning”, *Sustainability*, vol. 13, nro 9, s. 4639, 2021. DOI: 10.3390/su13094639.
- [18] B. Hensen ja D. Bekhter, ”Mixed Reality Agents as Language Learning Tutors”, teoksessa *Augmented Intelligence and Intelligent Tutoring Systems*, C.

- Frasson, P. Mylonas ja C. Troussas, toim., Springer Nature Switzerland, 2023, s. 565–575, ISBN: 978-3-031-32883-1. DOI: 10.1007/978-3-031-32883-1_50.
- [19] D. M. Chun, H. Karimi ja D. J. Sañosa, ”Traveling by Headset: Immersive VR for Language Learning”, *CALICO Journal*, vol. 39, nro 2, s. 129–149, toukokuu 2022, ISSN: 07427778. DOI: 10.1558/cj.21306.
- [20] S.-M. Lee, Z. Yang ja J. G. Wu, ”Live, play, and learn: Language learner engagement in the immersive VR environment”, *Education and Information Technologies*, vol. 29, nro 9, s. 10 529–10 550, 1. kesäkuuta 2024, ISSN: 1573-7608. DOI: 10.1007/s10639-023-12215-4.
- [21] V. Marrahi-Gomez ja J. Belda-Medina, ”Assessing the effect of Augmented Reality on English language learning and student motivation in secondary education”, *Frontiers in Education*, vol. 9, 23. toukokuuta 2024, Publisher: Frontiers, ISSN: 2504-284X. DOI: 10.3389/feduc.2024.1359692.
- [22] E. Topsakal ja O. Topsakal, ”Augmented reality to engage preschool children in foreign language learning”, teoksessa *Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics*, L. T. De Paolis ja P. Bourdot, toim., Cham: Springer International Publishing, 2019, s. 286–294, ISBN: 978-3-030-25999-0. DOI: 10.1007/978-3-030-25999-0_25.
- [23] C. Song, S. Seong-Yoon ja K.-S. Shin, ”Optimizing Foreign Language Learning in Virtual Reality: A Comprehensive Theoretical Framework Based on Constructivism and Cognitive Load Theory (VR-CCL)”, *Applied Sciences*, vol. 13, nro 23, s. 12 557, 2023, Num Pages: 12557 Place: Basel, Switzerland Publisher: MDPI AG. DOI: 10.3390/app132312557.