



# VR-pahoinvoinnin ehkäisy VR-kokemuksissa

Ajankohtainen katsaus teknologian ja  
suunnittelun näkökulmasta

Jesse Kosunen



Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu



Jesse Kosunen

# VR-pahoinvoinnin ehkäisy VR-kokemuksissa

Ajankohtainen katsaus teknologian  
ja suunnittelun näkökulmasta



**Euroopan unionin  
osarahoittama**

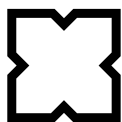
**KYMEN  
LAAKSON  
LIITTO**



**XAMK OPPIMATERIAALIT 14**

KAAKKOIS-SUOMEN AMMATTIKORKEAKOULU

KOTKA 2026



**XAMK  
OPPIMATERIAALIT**

---

© Tekijät ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu  
Tämä teos on lisensoitu Creative Commons Nimeä-JaaSamoin (CC BY-SA) 4.0  
Kansainvälinen -käyttöluvalla.  
Kannen kuva: PUSPO/Adobe Stock  
Taitto: Grano Oy  
ISBN 978-952-344-655-7 (PDF)  
ISSN 2489-3102 (PDF)  
[julkaisut@xamk.fi](mailto:julkaisut@xamk.fi)

# TIIVISTELMÄ

Virtuaalitodellisuuspahoinvointi on edelleen keskeinen haaste VR-teknologian käytettävyydessä ja saavutettavuudessa. Tämä julkaisu tarkastelee ilmiötä monitieteisestä näkökulmasta yhdistäen teoreettisen ymmärryksen ja käytännön suunnitteluratkaisut. Lukija oppii tunnistamaan VR-pahoinvoinnin keskeiset taustatekijät sekä arvioimaan laitteiston ja sovellussuunnittelun vaikutuksia käyttäjäkokemukseen.

Julkaisu tarjoaa suunnittelijoille ja kehittäjille tutkimustietoa ja käytännön ratkaisuja VR-pahoinvoinnin minimoimiseksi VR-kokemuksissa. Tämä toimii lähtökohtana sille, että käyttäjän hyvinvointi asetetaan keskiöön uusia sovelluksia suunniteltaessa. Näin voidaan edistää virtuaalitodellisuuden saavutettavuutta ja laajempaa käyttöönottoa eri toimialoilla.

# ABSTRACT

Virtual reality sickness remains a central challenge for the usability and accessibility of VR technology. This publication approaches the phenomenon from a multidisciplinary perspective, combining theoretical understanding with practical design solutions. The reader will learn to identify key underlying factors of VR-induced sickness and to evaluate how hardware and application design influence the user experience.

The material equips designers and developers with tools to apply research-based knowledge and practical solutions in optimizing VR experiences to minimize discomfort. It serves as a foundation for developing VR applications where user well-being is placed at the core of the design process, thereby promoting broader accessibility and adoption of virtual reality across various domains.

# TEKIJÄ

**JESSE KOSUNEN**, ohjelmistosuunnittelija

Orcid 0009-0004-0064-3468

”Olen koulutukseltani XR-suunnittelija. Olen työskennellyt XR-ohjelmistokehityksen parissa vuodesta 2023 lähtien. Minua inspiroivat erityisesti immerstiivisten VR-kokemusten käyttäjälähtöinen suunnittelu sekä uusien teknologioiden tuomat mahdollisuudet vuorovaikutuksen ja käyttäjäkokemuksen syventämiseen.”

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	5
ABSTRACT .....	6
TEKIJÄ .....	7
1. JOHDANTO .....	9
2. MISTÄ VR-PAHOINVOINTI JOHTUU? .....	11
Aistikonfliktiteoria .....	11
Asennon epävakausteoria .....	12
Monimuototarkkuusteoria .....	13
3. LAITTEISTON VAIKUTUS VR-PAHOINVOINTIIN .....	15
Virtuaaliodellisuuslasit .....	15
Ohjaimet .....	22
Äänilaitteet .....	25
VR-kokemukseen vaikuttavat oheisvälineet .....	26
4. SOVELLUSSUUNNITTELU JA SEN VAIKUTUS VR-PAHOINVOINTIIN .....	28
Kuvataajuus .....	28
Virtuaalikamera .....	29
Liikkuminen VR-kokemuksessa .....	33
Äänet VR-kokemuksessa .....	40
Tuntoaisti .....	42
Virtuaaliympäristö .....	43
Käyttöliittymä VR-kokemuksessa .....	48
5. MUUT VR-PAHOINVOINTIIN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT .....	54
Aika .....	54
Väsymys .....	55
Ympäristön olosuhteet .....	56
Yksilölliset tekijät .....	56
6. YHTEENVETO JA TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT .....	59
7. HANKEYHTEISTYÖ .....	60
LÄHTEET .....	61

# 1. JOHDANTO

Virtuaalitodellisuuspahoinvointi (VR-pahoinvointi) on edelleen merkittävä haaste virtuaalitodellisuuskokemusten (VR-kokemusten) käytettävyyden ja saavutettavuuden kannalta. Ilmiöön liittyy useita negatiivisia oireita, kuten sekavuus, huimaus, pahoinvointi, silmien rasittuminen ja yleinen epämukavuus. Vakavimmillaan nämä oireet voivat tehdä VR-kokemuksesta epämiellyttävän tai estää sen käytön kokonaan. (Simón-Vicente ym. 2024.) Vaikka VR-laitteistojen ja -sovellusten tekninen kehitys on viime vuosikymmenen aikana vähentänyt pahoinvoinnin riskiä merkittävästi, ongelmaa ei ole onnistuttu poistamaan kokonaan.

VR-kokemukset aiheuttavat pahoinvointia huomattavalle osalle käyttäjistä (Kourtesis ym. 2019). Keshavarzin ym. (2023) kyselytutkimuksen mukaan noin 40 % VR-laitteiden käyttäjistä on kokenut pahoinvointiin liittyviä oireita ainakin satunnaisesti, 20 % kokee niitä ajoittain ja 5 % säännöllisesti. Saredakis ym. (2020) puolestaan havaitsivat, että keskimäärin 15,6 % VR-laitteistoa käyttäviin tutkimuksiin osallistuneista joutui keskeyttämään VR-kokemuksen voimakkaiden pahoinvointioireiden vuoksi. Koska ilmiö koskettaa laajaa käyttäjäkuntaa, sillä on merkittävä vaikutus VR-tekniikan käyttöönottoon ja sovellusten yleistymiseen. Tämän vuoksi VR-pahoinvoinnin mekanismien ymmärtäminen ja pahoinvoinnin ehkäisyyn tähtäävien ratkaisujen kehittäminen ovat keskeisiä tutkimus- ja kehityskohteita.

Tämä julkaisu on VR-sovellusten suunnittelijoille ja kehittäjille suunnattu käytännönläheinen ja sovellettavissa oleva opas, joka perustuu ajankohtaiseen tutkimukseen VR-pahoinvoinnista. Julkaisun tarkoituksena on

1. muodostaa ajantasainen kokonaiskuva VR-pahoinvointiin liittyvästä tutkimuskentästä.
2. tuottaa kattava selvitys tekijöistä, jotka vaikuttavat VR-pahoinvoinnin esiintymiseen ja oireiden voimakkuuteen.
3. tarjota suosituksia ja hyviä käytäntöjä VR-sovellusten mukavuuden parantamiseksi.

Julkaisu ei pyri esittämään yksiselitteisiä sääntöjä vaan tarjoaa tutkittuun tietoon perustuvia suosituksia ja hyviä käytäntöjä, joita voi hyödyntää VR-sovellusten suunnittelussa joustavasti. Luovuuden ja kokemusten monimuotoisuuden säilyttäminen VR-kokemuksissa on keskeistä. Rajoituksia suositellaan erityisesti silloin, kun niillä on selkeä vaikutus

käyttäjän hyvinvointiin. Tavoitteena on, että opit tunnistamaan VR-pahoinvoinnin keskeiset taustatekijät sekä arvioimaan laitteiston ja sovellussuunnittelun vaikutuksia käyttäjäkokemukseen.

Vaikka vastaavanlaisia selvityksiä on julkaistu aiemmin, VR-tekniikan ja sovellussuunnittelun nopea kehitys sekä uusien tutkimusten jatkuva ilmestyminen edellyttävät tietopohjan säännöllistä päivittämistä. Tämän oppaan tarjoama tieto perustuu VR-pahoinvoinnin tutkimukseen pääsääntöisesti vuosilta 2018–2024.

Julkaisu on jaettu neljään päälukuun, jotka etenevät teoriasta käytäntöön.

- **Luku 2: Mistä VR-pahoinvointi johtuu?**

Tässä luvussa perehdytään VR-pahoinvoinnin taustalla vaikuttaviin syihin ja esitellään keskeiset teoriat, jotka selittävät ilmiötä.

- **Luku 3: Laitteiston vaikutus VR-pahoinvointiin**

Tässä osiossa käsitellään, miten VR-laitteiston ominaisuudet, kuten virkistystaajuus, latenssi ja liikeseuranta, vaikuttavat pahoinvoinnin kokemiseen. Luvussa on konkreettisia ohjeita laitteistovalintojen tekemiseen.

- **Luku 4: Sovellussuunnittelu ja sen vaikutus VR-pahoinvointiin**

Neljännessä luvussa keskitytään sovellussuunnittelun keinoihin, joilla voidaan ehkäistä pahoinvointia. Näitä ovat esimerkiksi liikkumisen toteutustavat, visuaaliset ominaisuudet ja käyttöliittymäratkaisut.

- **Luku 5: Muut VR-pahoinvointiin vaikuttavat tekijät**

Tässä luvussa tarkastellaan, mitkä muut tekijät voivat vaikuttaa VR-pahoinvoinnin syntyyn ja oireiden voimakkuuteen. Nämä voivat liittyä ympäristöön tai henkilöiden yksilöllisiin ominaisuuksiin, kuten aiempaan pelikokemukseen, ikään ja sukupuoleen.

## 2. MISTÄ VR-PAHOINVOINTI JOHTUU?

VR-pahoinvointi muistuttaa oireiltaan ja syntyavaltaan liike- ja matkapahoinvointia. Siinä missä liike- ja matkapahoinvointi johtuvat usein henkilön kokemasta fyysisestä liikkeestä, joka on ristiriidassa visuaalisesti havaitun liikkeen kanssa, VR-pahoinvoinnin laukaisee tyypillisesti visuaalisesti havaittu liike, joka on ristiriidassa kehon kokeman fyysisen liikkeen kanssa (Bos ym. 2008; Reason 1969).

Tämä aistien välinen ristiriita on keskeinen VR-pahoinvoinnin synnyssä, ja sitä kuvaa parhaiten aistikonfliktiteoria (sensory conflict theory) (Ng ym. 2020; Warwick-Evans ym. 1998). Muita merkittäviä VR-pahoinvoinnin syntyyn liittyviä teorioita ovat asennon epävakasteoria (postural instability theory) ja monimuototarkkuusteoria (multimodal fidelity theory) (Warwick-Evans 1998).

- **Aistikonfliktiteoria** keskittyy aiempien kokemusten ja aistimusten perusteella muodostettuihin odotuksiin tulevasta aisti-informaatiosta.
- **Asennon epävakasteoria** korostaa keskushermoston kykyä hahmottaa kehon asento aistien saaman informaation perusteella.
- **Monimuototarkkuusteoria** tarkastelee simulaatioissa aisteille tarjottavan informaation laatua ja yhdenmukaisuutta. Erot aistien saaman informaation laadussa keskenään tai suhteessa reaali maailmaan voivat aiheuttaa pahoinvointia simulaation käyttäjälle.

Mikään teorioista ei yksinään täysin selitä VR-pahoinvoinnin syntyä, vaan ilmiö näyttää olevan monen eri tekijän summa (Conner ym. 2022). Seuraavissa kappaleissa ja taulukossa 1 käydään teorial tarkemmin läpi.

### Aistikonfliktiteoria

Aistikonfliktiteorian (*sensory conflict theory*) mukaan ihmisen havaitsemien ja odottamien aistimusten välinen ristiriita laukaisee VR-pahoinvointioireet. Keskushermosto analysoi jatkuvasti aisteilta tulevia ärsykyksiä ja pyrkii sovittamaan ne yhteen aiempien kokemusten perusteella. Jos kahden tai useamman aistin välittämä informaatio ei vastaa toisiaan odotusten mukaisesti, aivot havaitsevat ristiriidan, joka toistuessaan voi laukaista pahoinvointioireet. (Ng ym. 2020.)

Esimerkiksi myrskyssä matkaavan laivan sisällä lähiympäristö näyttää suhteellisen liikukumattomalta, joten keskushermosto odottaa saavansa tätä tukevaa informaatiota myös muilta aisteilta. Tasapaino- ja liikeaistit havaitsevat kuitenkin voimakasta keinoavaa liikettä, mikä aiheuttaa ristiriidan visuaalisten aistihavaintojen perusteella luotujen odotusten ja todellisten aistimusten välillä.

Myös VR-ympäristössä esiintyy usein ristiriita käyttäjän visuaalisesti havaitseman liikkeen ja liikkeen tuntemiseen keskittyvien aistijärjestelmien (liikeaisti, tasapainoaisti, asentoaisti) välillä. Käyttäjä voi esimerkiksi VR-kokemuksessa nähdä liikkuvansa nopeasti eteenpäin, mutta muiden aistijärjestelmien havaintojen perusteella henkilö pysyy täysin paikallaan, koska liike on virtuaalista eikä todellista. (Ng ym. 2020.)

Jos henkilö havaitsee visuaalisesti liikettä, keskushermosto odottaa aiempien kokemusten perusteella, että myös muut aistit välittävät vastaavaa havaintoa. Jos liikettä tukevaa havaintoa ei tule, seurauksena on ristiriita eri aistien välillä, mikä voi johtaa nopeasti VR-pahoinvointiin. (Ng ym. 2020.)

#### OPPIMISPISTE

Suunnittelijan on tärkeää ymmärtää, miten visuaalinen liike ja kehon tuntemukset voivat joutua ristiriitaan. Esimerkiksi näkökentän liikkuminen ilman käyttäjän fyysistä liikettä voi aiheuttaa voimakasta aistiristiriitaa.

## Asennon epävakausteoria

Asennon epävakausteoria (*postural instability theory*) esittää, että ristiriitaiset aistiärsykkeet heikentävät kehon kykyä ylläpitää vakaata asentoa, mikä voi aiheuttaa pahoinvointia. Asennon ylläpitoon osallistuvat erityisesti näkö-, liike-, tasapaino- ja asentoaistit. Tyypillisesti keskushermosto yrittää jatkuvasti korjata kehon asentoa vakaammaksi aisteilta saadun informaation perusteella. Jos aistit tuottavat ristiriitaista tietoa kehon asennosta ja liikkeestä, korjausyritykset eivät välttämättä johda vakaampaan asentoon. Epävakaan asennon jatkuminen jatkuvista korjausyrityksistä huolimatta johtaa lopulta pahoinvointioireisiin. (Riccio ym. 1991.)

VR-ympäristössä keho ei välttämättä saa ylläpidettyä vakaata asentoa epäluotettavan tai ristiriitaisen aisti-informaation vuoksi. Esimerkiksi jos virtuaaliympäristössä ei ole kiintopisteitä, käyttäjän on hankalaa määrittää oma asentonsa ja liikkeensä suhteessa ympäristöön. Toinen ongelma voi olla, että käyttäjän fyysinen asento ja liikkeet eivät toistu VR-kokemuksessa oikein, jolloin vakaan asennon ylläpitäminen vaikeutuu. Jos asennon epävakaus jatkuu pitkään, johtaa se ennen pitkää VR-pahoinvointioireisiin.

## OPPIMISPISTE

Tarjota käyttäjälle tarpeeksi luotettavaa aisti-informaatiota, joka tukee kehon tasanapainon ja asennon hahmottamista. Vältä suunnitteluratkaisuja, jotka aiheuttavat ristiriitaa eri aistimusten välillä ja estävät käyttäjää hahmottamasta kehonsa todellista asentoa ja liikettä.

## Monimuototarkkuusteoria

Monimuototarkkuusteorian (*multimodal fidelity theory*) mukaan VR-pahoinvointi johtuu kaikkien virtuaaliympäristön tarjoamien aistihavaintojen epätarkkuudesta suhteessa todellisen maailman aistihavaintoihin. Mitä lähempänä aistihavainnot (näkö, kuulo, tunto, liike- ja asentoaistit) ovat todellista maailmaa, sitä epätodennäköisempää on, että käyttäjät kokevat VR-pahoinvointia. (Chang ym. 2020.)

Huomionarvoista on, että yksittäisen aistin tarkkuuden parantaminen ei riitä vähentämään VR-kokemuksen aiheuttamaa pahoinvointia. Changin ym. (2020) meta-analysissä havaittiin, että pelkästään VR-kokemuksen visuaalisen realismin parantaminen ei vähentänyt VR-pahoinvointia vaan jopa lisäsi sitä. Changin ym. mukaan yksittäiselle aistille tarjottu realistisen tarkka informaatio voi saada käyttäjän odottamaan samantasoista tarkkuutta myös muilta aisteilta. Jos aistien havaintojen välillä on suuria laadullisia eroja, voi se lisätä käyttäjän pahoinvointia.

Teorian mukaan olennaista onkin, että VR-kokemuksissa kaikki aistit saavat laadultaan samantasoista ja yhdenmukaista informaatiota. Realistisemmat aistimukset vähentävät VR-pahoinvointia vain, jos aistimusten laadulliset erot pysyvät pieninä suhteessa toisiinsa. (Chang ym. 2020.)

## OPPIMISPISTE

Suunnittelijan täytyy varmistaa, että aisteille tarjottu informaatio on yhdenmukaista ja laadultaan samantasoista. Esimerkiksi realistinen grafiikka yhdistettynä yksinkertaiseen tai huonolaatuiseen liikemekaniikkaan, äänimaailmaan ja tuntoaistimuksiin, voi aiheuttaa käyttäjälle epämiellyttävän kokemuksen. Tällaisessa tapauksessa grafiikan yksinkertaistaminen tai muiden aistihavaintojen realistisuuden lisääminen voi vähentää VR-pahoinvointia.

**Taulukko 1.** VR-pahoinvointiin liittyvät teoriat

<b>Teoria</b>	<b>Keskeinen ajatus</b>	<b>VR-pahoinvoinnin syy</b>	<b>Ohje suunnittelijalle</b>
<b>Aistikonfliktiteoria</b>	Ristiriita havaittujen ja odotettujen aistimusten välillä laukaisee oireet.	Näköaisti havaitsee liikettä, mutta tasapaino- ja liikeaistit eivät vahvista sitä.	Vältä tilanteita, joissa visuaalinen liike ei vastaa kehon tuntemuksia.
<b>Asennon epävakausteoria</b>	Ristiriitaiset aistiärsykkeet heikentävät kykyä ylläpitää vakaata asentoa.	Pitkään jatkuva epävakaa asento aiheuttaa pahoinvointia.	Tarjota luotettavaa aisti-informaatiota, joka tukee tasapainon hahmottamista.
<b>Monimuoto-tarkkuusteoria</b>	Aistihavainnot ovat epätarkkoja suhteessa todellisuuteen ja laadullisesti epäjohdonmukaisia suhteessa toisiinsa.	Eri aistit välittävät epärealistista ja/tai epäjohdonmukaista informaatiota, mikä lisää pahoinvointia.	Varmista, että kaikki aistit saavat laadultaan yhdenmukaista ja tarpeeksi realistista informaatiota.

### 3. LAITTEISTON VAIKUTUS VR-PAHOINVOINTIIN

Laitteisto vaikuttaa VR-kokemusten laatuun ja niihin mahdollisesti liittyvään pahoinvointiin. Ennen nykyaikaisia virtuaalitodellisuuslaseja laitteisto oli yksi keskeisimmistä VR-pahoinvoinnin aiheuttajista. (Kourtesis ym. 2019.)

Laitteiston kehittymisen myötä pahoinvointi on vähentynyt huomattavasti ja aiemmin ajateltiin, että siitä päästään pian eroon kokonaan. Näin ei ole kuitenkaan käynyt, vaikka suuria edistysaskeleita on otettu esimerkiksi suorituskyvyn, näyttöjen, linssien ja liike-seurannan osalta. Nykyiset kuluttajille suunnatut VR-lasit ja ohjaimet ovat kuitenkin jo niin kehittyneitä, että suurimmilta pahoinvointia aiheuttavilta ongelmilta vältytään. (Kourtesis ym. 2019.)

Kolme tärkeintä asiaa tässä luvussa ovat:

- **VR-lasit määrittävät VR-kokemuksen laatua.**

VR-laseissa täytyy olla riittävän korkea virkistystaajuus ja resoluutio, säädettävät linssit sekä tarkka, viiveetön liikeseuranta. Lasien keveys ja hyvä kiinnitys parantavat mukavuutta.

- **Ohjaimet ovat avain luontevaan vuorovaikutukseen.**

Ohjainratkaisujen on tuettava tarkkaa, viiveetöntä liikeseurantaa ja soveltua sovelluksen sisältöön. Parhaimmillaan ohjaimet toimivat saumattomasti yhdessä sovelluksen kanssa tarjoten luonnollisen, intuitiivisen ja moniaistillisen käyttökokemuksen.

- **Lisälaitteet syventävät kokemusta.**

Äänet ja erilaiset lisälaitteet syventävät VR-kokemuksen immersiota ja tarjoavat käyttäjälle moniaistillista informaatiota kokemuksen mukavuuden parantamiseksi ja VR-pahoinvoinnin vähentämiseksi.

## Virtuaalitodellisuuslasit

Virtuaalitodellisuuslasit (*VR-lasit; englanniksi VR headset tai Head-Mounted Display eli HMD*) vaikuttavat paitsi VR-pahoinvointiin myös koko VR-kokemuksen laatuun. Siksi VR-kokemuksen suunnittelussa on tärkeä ottaa huomioon VR-lasien tekniset ominaisuudet.

Keskeisimpiä VR-pahoinvointiin vaikuttavia tekijöitä ovat näytön virkistystaajuus, liikeseurannan tarkkuus, näytön resoluutio, näkökentän laajuus sekä linssien laatu. Vähemmän merkittäviä, mutta silti huomionarvoisia tekijöitä ovat laitteen paino, kiinnitysmekanismi ja silmien seuranta.



*Kuva 1. Meta Quest 3 -XR-lasit (PixieMe, Adobe Stock).*



*Kuva 2. Apple Vision Pro -XR-lasit (amolyus, Adobe Stock).*

## Virkistystaajuus

Liian alhainen näyttöjen virkistystaajuus (*refresh rate*) rasittaa silmiä ja voi aiheuttaa nykivältä vaikuttavaa liikettä sekä ruudun välkyntää, mikä heikentää immersiota ja lisää merkittävästi VR-pahoinvoinnin riskiä. Sen vuoksi virkistystaajuuden täytyy olla riittävän korkea. (Kourtesis ym. 2019; Wang ym. 2023.)

Suosittelava virkistystaajuus on 120 hertsiä, jolloin näyttö päivittyy 120 kertaa sekunnissa. Tällöin silmät eivät havaitse yksittäisiä ruutuja ja kuvasarjan muodostama liike näyttää sulavalta myös nopeiden tapahtumien aikana. Jos virkistystaajuus on tätä alhaisempi, VR-pahoinvoinnin riski kasvaa virkistystaajuuden alentuessa. (Wang ym. 2023.) Nykyisissä kuluttajille suunnatuissa VR-laseissa virkistystaajuus on tyypillisesti 90–120 hertsiä (Brown 2025).

## Latenssi

Suosittelu latenssi (*latency*) eli viive käyttäjän fyysisen liikkeen ja sen visuaalisen ilmenemisen välillä virtuaalitodellisuudessa on alle 20 millisekuntia. Tällaista viivettä kutsutaan myös **liike-fotonilatenssiksi** (*motion-to-photon latency*). Jos liike-fotonilatenssi on suurempi kuin 20 millisekuntia, VR-pahoinvoinnin riski kasvaa viiveen kasvaessa. (Stauffert ym. 2020.)

Lisäksi viiveen pitäisi pysyä mahdollisimman tasaisena, ja sen arvaamattomat vaihtelut pitäisi minimoida. Esimerkiksi tasainen 30 millisekunnin viive on käyttäjän kannalta siedettävämpi kuin viive, joka vaihtelee arvaamattomasti 20–50 millisekunnin välillä (Kelkkanen, 2023).

Nykyisissä VR-laseissa liike-fotonilatenssi on saatu parhaimmillaan hyvin pieneksi, jopa alle 20 millisekuntiin. Tämä riippuu kuitenkin useista tekijöistä, kuten käytettävistä sovelluksista, laitteiston suorituskyvystä sekä tiedonsiirtoyhteyden nopeudesta. Esimerkkinä VR-lasien yhdistäminen prosessointiyksikköön USB-C-kaapelilla aiheuttaa enemmän viivettä kuin DisplayPort-kaapeli, koska kuvadata täytyy pakata ennen lähettämistä ja purkaa vastaanottavassa päässä. (Warburton ym. 2023.)

Langattomat yhteystekniikat (esim. WLAN) lisäävät viivettä entisestään verrattuna kaapelilyhteyksiin, ja niiden nopeus riippuu langattoman yhteyden laadusta, laitteistosta sekä mahdollisista ulkoisista häiriötekijöistä (Ronni 2025).

Joihinkin nykyisiin VR-laseihin on sisällytetty näytön lisäksi myös prosessointiyksikkö, mikä poistaa tarpeen ulkoiselle tiedonsiirtoyhteydelle näiden kahden välillä. Tällaisia VR-laseja kutsutaan yleensä itsenäisiksi VR-laseiksi (standalone VR-headset). Tämä ratkaisu lyhentää tiedonsiirtoon kuluvaan latenssiaikaa merkittävästi, mutta varjopuolena on yleensä huonompi suorituskyky ulkoiseen prosessointiyksikköön verrattuna.

## OPPIMISPISTE

Laitteiston liike-fotonilatenssia voi yrittää vähentää myös ohjelmallisin keinoin. Tekoälyyn perustuvat järjestelmät, jotka ennustavat käyttäjän liikkeitä, ovat osoittautuneet lupaaviksi ratkaisuksi latenssin pienentämisessä. Tällaiset järjestelmät ennakoivat käyttäjän toimintaa aiemman datan perusteella ja muodostavat seuraavan kuvan näytölle jo ennen kuin reaaliaikainen data on ehditty prosessoida. Näin laitteistosta aiheutuvaa viivettä käyttäjän toiminnan ja sen näkymisen välillä saadaan pienennettyä merkittävästi. (Kundu ym. 2021; Warburton ym. 2023.)

## Resoluutio

Näytön resoluution täytyy olla riittävän tarkka suhteessa VR-kokemuksen sisältöön. Alhainen resoluutio varsinkin yhdistettynä sisältöön, jossa käyttäjän täytyy keskittyä yksityiskohtaisiin elementteihin, kuten tekstiin, rasittaa silmiä, heikentää immersiota ja voi lisätä VR-pahoinvoinnin riskiä. (Kourtesis ym. 2019.)

Vaikka tarkempi resoluutio on yleensä eduksi käyttökokemuksen kannalta, pahoinvoinnin riski ei enää merkittävästi vähene, kun saavutetaan riittävä tarkkuustaso (Caserman ym. 2021; Wang ym. 2022). Resoluutiota voidaan pitää riittävänä, kun yksittäisiä pikseleitä ei erota ja pientä tekstiä on helppo tarkastella.

Nykyiset kuluttajille suunnatut VR-lasit tarjoavat tyypillisesti ainakin 2000×2000 pikselin tarkkuuden per silmä ja yli 20 pikseliä per kuvaruudun aste (pixels per degree, ppp), mikä on riittävä taso sisältöön, jossa ei keskitytä pieniin yksityiskohtiin (Brown 2025; Wang ym. 2022).

## Linssit

Linssien tyyppi, laatu, taittosuhde ja keskinäinen etäisyys voivat vaikuttaa VR-pahoinvoinnin ilmenemiseen. Linssien on oltava puhtaat, laadukkaat ja vääristämättömät. Niiden on pystyttävä tarkentamaan katse luotettavasti VR-lasien näyttöön. Epätarkka tai vääristynyt kuva rasittaa silmiä, heikentää immersiota ja lisää pahoinvoinnin riskiä. (Stallo ym. 2024.)

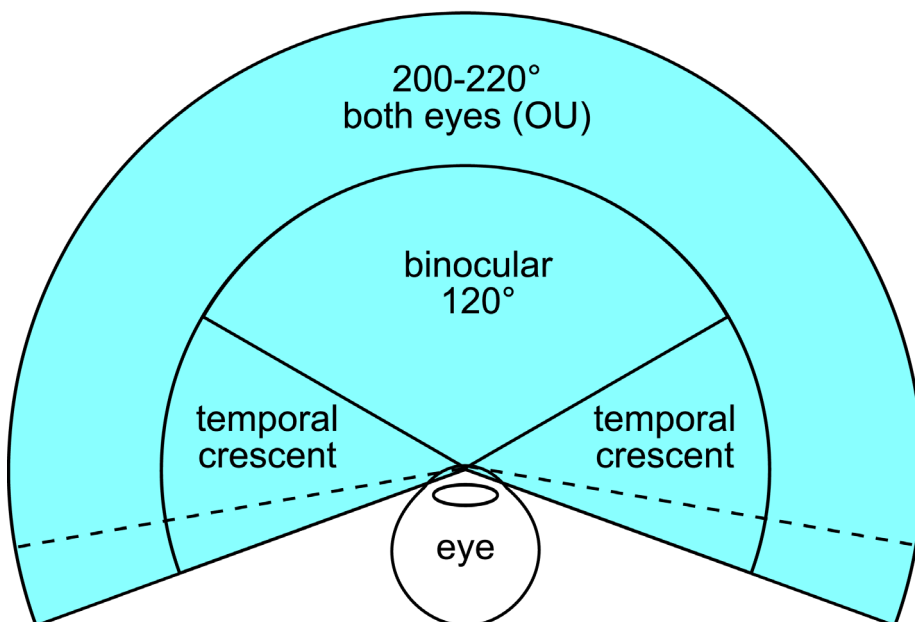
Linssien välinen etäisyys täytyy säätää käyttäjän omia silmiä vastaavaksi, jotta kuvasta saadaan riittävän tarkka. Nykyisissä VR-laseissa on yleensä joko manuaalinen tai parhaassa tapauksessa automaattinen silmien välisen etäisyyden säätö. Silmälasien käyttäjät on otettava huomioon joko niin, että silmälasia voi käyttää VR-lasien alla, tai niin, että linssien taittosuhdetta voidaan säätää käyttäjän näkökykyyn sopivaksi (Stallo ym. 2024).

Nykyisissä VR-laseissa käytetään yleisesti kahta linssityyppiä: **fresnel-** ja **pannukakkulinssijä** (*fresnel and pancake lenses*). Pannukakkulinssit tuottavat yleensä selkeämmän kuvan ja vähentävät fresnel-linsseille tyypillistä häikäisyilmiötä (*glare*), joka voi rasittaa silmiä. Pannukakkulinssit ovat kuitenkin kalliimpia valmistaa, läpäisevät vähemmän valoa ja ovat alttiimpia näkökenttää vääristäville valmistusvirheille, joten niitä ei tyypillisesti käytetä edullisimmissa VR-laseissa. (Hypervision 2025.)

## Näkökentän laajuus

Suurempi näkökentän laajuus lisää immersiota mutta voi samalla kasvattaa VR-pahoinvoinnin riskiä merkittävästi (Chang ym. 2020). Ihmisen näkökentän horisontaalinen ulottuvuus on keskimäärin noin 210 astetta ja vertikaalinen noin 136 astetta (Watson 2018). Nykyisissä VR-laseissa horisontaalinen näkökentän laajuus vaihtelee noin 80 asteesta jopa 200 asteeseen (Brown 2024).

Näkökenttää voidaan tarvittaessa rajoittaa suoraan sovelluksessa piirtämällä kuva vain osalle näytön pinta-alasta ja jättämällä loput näytöstä pimeäksi. Näkökenttää rajaamalla suuri osa näytön pinta-alasta jää hyödyntämättä, mutta tämä voi auttaa VR-pahoinvoinnista kärsiviä käyttäjiä. (Chang ym. 2020.)



Kuva 3. Ihmissilmien horisontaalinen näkökenttä (Zyxwv99, Wikimedia Commons, CC-BY-SA-4.0).

## Liikeseuranta

VR-laseille olennainen ominaisuus on kyky seurata lasien sijaintia ja suuntaa todellisessa ympäristössä. Seurantateknologian täytyy tarjota tarkka ja nopeasti päivittyvä tilallinen seuranta, joka kattaa kaikki kuusi vapausastetta (*6 degrees of freedom*, 6 DoF). Tämä tarkoittaa, että lasien sijainti on pystyttävä määrittämään kolmiulotteisessa tilassa kolmella suunta-akselilla (pitkittäiset, sivuttaiset ja pystysuorat liikkeet) sekä niiden rotaatio kolmella kiertymisakselilla (pituusakseli, pystyakseli ja poikkiakseli) (Stanney ja Hale 2014). Jos seuranta ei ole riittävän laadukasta ja nopeaa tai jos VR-lasit pystyvät havaitsemaan vain pään pyörimisliikkeet (3 DoF -liikeseuranta), VR-pahoinvoinnin riski kasvaa merkittävästi (Arshad ym. 2022).

Tällä hetkellä VR-laseissa käytetään yleisesti kahta seurantateknologiaa:

- **Inside-out-seuranta** perustuu VR-laseihin integroituihin kameroihin. Kamerat kuvaavat ympäristöä jatkuvasti ja seuraavat ohjelmallisesti siitä löytyviä kiintopisteitä.
- **Infrapunamajakaseuranta** hyödyntää infrapunapulsseja lähettäviä ulkoisia makoita ja laseihin integroitua infrapunasensoreita.

Seurannan tarkkuus, nopeus ja laatu ovat molemmissa ratkaisuissa varsin samankaltaisia, joten VR-pahoinvoinnin kannalta teknologian valinnalla ei ole suurta merkitystä. On kuitenkin hyvä ottaa huomioon, että kamerapohjainen inside-out-seuranta vaatii riittävää valaistusta ja staattisia kiintopisteitä ympäristöstä toimiakseen luotettavasti. Infrapunamajakoihin perustuva seuranta puolestaan rajoittuu majakoiden kattamalle alueelle ja edellyttää esteetöntä näköyhteyttä VR-lasien sensoreiden ja majakoiden välillä. (Alanko 2023.)

Kummankin seurantateknologian kohdalla laitteiston kalibrointi on tehtävä huolellisesti aina, kun käyttöympäristö muuttuu. Näin seurannan tarkkuus ja laatu säilyvät optimaalisisina. (Alanko 2023.)

## Katseenseuranta

Katseenseuranta ei itsessään vaikuta VR-pahoinvointiin. Se kuitenkin mahdollistaa sovellussuunnittelullisia keinoja, joilla voidaan vähentää pahoinvointia ja parantaa soveluksen suorituskykyä.

Tällaisia keinoja ovat esimerkiksi:

- Silmän luonnollisen tarkennuksen simulointi sumentamalla katseen kohteen ulkopuolella oleva ympäristö (Carnegie ja Rhee 2015).
- Dynaaminen näkökentän rajoittaminen pimentämällä katseen reuna-alueita (Adhanom ym. 2020).

- Keskeisen näköalueen tarkempi renderöinti verrattuna reuna-alueisiin (foveated rendering) (Varjo 2025).

Näitä menetelmiä käsitellään tarkemmin luvussa *Virtuaalikamera*.

## Paino

VR-lasien paino ja/tai sen epätasapainoinen jakautuminen voi aiheuttaa niska- ja hartiaseudun lihasten väsymistä sekä yleistä uupumusta. Tämä voi heikentää kehohallintaa ja pitkään jatkuessaan lisätä jonkin verran VR-pahoinvoinnin riskiä. Riski kasvaa erityisesti nopeatempoisissa ja fyysisesti aktiivisissa VR-kokemuksissa. (Yan ym. 2019.)

Lihäsväsymystä voidaan ehkäistä valitsemalla kevyemmät VR-lasit tai rajoittamalla kokemusten käyttöaikaa lyhyempiin jaksoihin (Yan ym. 2019).

## Kiinnitys

VR-laseissa täytyy olla luotettava, mukava ja helppokäyttöinen kiinnitysmekanismi, joka varmistaa oikean asennon käyttäjän päässä. Jos lasit esimerkiksi heiluvat liikkeessä tai laseja ei saa oikeaan asentoon, kuvan tarkkuus kärsii huonon kiinnityksen vuoksi ja VR-pahoinvoinnin riski kasvaa. (Song ym. 2019.)

Kiristävä, epävaka tai muuten epäergonominen kiinnitys lisää yleistä epämukavuutta, mikä voi osaltaan lisätä VR-pahoinvoinnin riskiä (Song ym. 2019).

### OPPIMISPISTE

VR-lasien valinnassa olennaisinta on, että ne tarjoavat korkean virkistystaajuuden ja matalan, tasaisen latenssin, riittävän resoluution, laadukkaat, säädettävät linssit sekä tarkan liikeseurannan. Myös VR-lasien mukavuus (paino ja kiinnitys) kannattaa huomioida varsinkin pitkissä VR-kokemuksissa.

# Ohjaimet

## VR-ohjaimet

VR-ohjaimilla tarkoitetaan kädessä pidettäviä laitteita, jotka on varustettu liikeseurantaominaisuuksilla ja jotka toimivat yhdessä virtuaalitodellisuuslasien kanssa. Näiden ohjainten keskeinen tehtävä on mahdollistaa käyttäjän fyysisten liikkeiden ja syötteiden siirtäminen virtuaaliseen ympäristöön mahdollisimman tarkasti ja viiveettömästi.

Ohjainten liikeseurannan tarkkuus ja vasteaika ovat kriittisiä tekijöitä immersiiivisen kokemuksen kannalta. Erityisesti suuri viive käyttäjän toiminnon ja sen visuaalisen ilmentymän välillä (liike-fotonilatenssi) heikentää immersiota ja lisää merkittävästi VR-pahoinvoinnin riskiä. (Kelkkanen ym. 2023)

Ohjainten on oltava helppokäyttöisiä ja sovelluttava VR-kokemuksen sisältöön, jotta saavutetaan onnistunut käyttäjäkokemus. Olennaista on, että vuorovaikutus virtuaaliympäristön kanssa tuntuu luonnolliselta, selkeältä ja johdonmukaiselta. Jos ohjainten käyttö on hankalaa tai niiden toiminta ei vastaa käyttäjän odotuksia, voi seurauksena olla turhautumista ja immersiiivisyyden vähenemistä. Tämä puolestaan voi lisätä kognitiivista kuormitusta ja altistaa käyttäjän VR-pahoinvoinnille. (Hameed ym. 2023.)

VR-ohjaimissa on tyypillisesti värinätoiminto, jonka avulla käyttäjälle voidaan antaa haptista palautetta VR-kokemuksessa tapahtuvista asioista. Haptinen palaute toimii osana moniaistillista informaatiota, jonka merkitystä korostaa **monimuototarkkuusteoria**. Teorian mukaan eri aistikanavien kautta saatu informaatio parantaa kokemuksen todentuntuisuutta ja vähentää pahoinvointia. (Chang ym. 2020.)

Liun ym. 2019 tutkimuksessa havaittiin, että päähän kiinnitetty, käyttäjän mukaan haptista palautetta antava laite vähensi VR-pahoinvointia verrattuna kontrolliryhmään. Tutkimuksessa haptista palautetta käytettiin simuloimaan kävellessä aiheutuvaa värähtelyä pään alueella. Myös VR-ohjainten välityksellä annettu haptinen palaute voi parantaa kokemuksen mukavuutta ja uskottavuutta. (Liu ym. 2019.)



Kuva 4. Perinteiset VR-ohjaimet (thaiprayboy, Adobe Stock).

## Käsien seuranta

Käsien seuranta hyödynnettäessä käyttäjä ohjaa VR-sovellusta omilla käsillään. Virtuaalilasien kamerrat kuvaavat käyttäjän käsiä, kädet tunnistetaan kuvasyötteestä sekä niiden liikkeitä ja eleitä seurataan ohjelmallisesti reaaliajassa.

VR-kokemuksen ohjaaminen käsillä voi joissain tapauksissa tuntua intuitiivisemmalta verrattuna erillisiin VR-ohjaimiin, sillä se vastaa paremmin ihmisen luonnollista vuorovaikutusta (Luong 2023).

Käsien seurantaan liittyy kuitenkin haasteita. Virtuaaliesineiden käsittely ilman fyysistä kontaktia voi tuntua epäluonnolliselta ja haptisen palautteen puute vähentää käyttäjälle tarjottavaa moniaistillista informaatiota. Lisäksi käsien seuranta ei ole välttämättä yhtä tarkkaa kuin ohjainten käyttö ja ei sen vuoksi sovellu tarkkuutta vaativiin ja nopeatempoihin tehtäviin. Esimerkiksi kun osoitetaan jotain kädestä tai ohjaimesta lähtevää sädetä käyttäen, ohjaimet ovat tarkempia ja niitä on helpompi käyttää. Sen sijaan suorassa kosketuksessa käsien seuranta tuntuu käyttäjistä luonnollisemmalta. (Hameed ym. 2023; Luong ym. 2023.)

Käsien seurannassa keskeistä on mahdollisimman tarkka ja luotettava seuranta sekä mahdollisimman pieni viive. Liian suuri viive tai seurannan epäluotettavuus voivat lisätä VR-pahoinvoinnin riskiä merkittävästi ja heikentää immersiota. Käsien seuranta vaatii

tyypillisesti enemmän prosessointia kuin erillisten ohjainten seuranta. Sen vuoksi käsien seurannan vasteaika (liike-fotonilatenssi) on usein pidempi ohjaimiin verrattuna. Taulukko 2 esittelee muutamien VR-laitteiden ohjainratkaisujen tyypillisiä vasteaikoja. Huomattavaa on, että käsien seurannan vasteaika voi olla yli kaksinkertainen ohjaimiin verrattuna.

**Taulukko 2.** VR-laitteiden ohjainratkaisujen vasteajat.

VR-laite	Ohjain- teknologia	Vasteaika ≈	Lisätietoa	Lähde
<b>HTC Vive</b>	VR-ohjaimet	39 ms	Riippuu liikkeen nopeudesta ja äkkinäisyydestä.	(Kelkkanen 2023)
<b>Meta Quest 3</b>	Käsien seuranta	70 ms	Voi pienentyä ohjelmistopäivitysten myötä	(Lang 2024)
<b>Apple Vision Pro</b>	Käsien seuranta	127 ms	Voi pienentyä ohjelmistopäivitysten myötä	(Lang 2024)

## Erikoisohjaimet

VR-kokemusten ohjaamiseen voidaan hyödyntää lukuisia erilaisia laitteita. Ohjaimia voidaan suunnitella myös yksittäisiä sovelluksia tai kokemuksia varten. Esimerkkejä erilaisista ohjaimista ovat perinteiset peliohjaimet, ratti- ja poljinjärjestelmät, VR-ohjaimiin kiinnitettävät lisäosat, juoksumatot sekä täysimittaiset ohjaamot, jotka jäljittelevät reaali maailman laitteita.

Erialaisten ohjainten vaikutusta VR-pahoinvointiin ei voida aina arvioida tarkasti etukäteen. Aiemmin esitettyjen teorioiden pohjalta voidaan kuitenkin johtaa yleisiä periaatteita, joita ohjainten suunnittelussa ja käytössä on syytä ottaa huomioon.

Keskeistä on varmistaa, etteivät ohjaimet aiheuta käyttäjälle aistiristiriitaa. Tämä tarkoittaa, että VR-kokemuksen visuaalisten elementtien täytyy vastata muita ohjainten tuottamia aistikokemuksia. Esimerkiksi tunto- ja liikeaistin sekä näköaistin välillä syntyy ristiriitaa, jos käyttäjä pitää fyysisesti kiinni ohjaimesta molemmin käsin mutta esine on virtuaali maailmassa vain toisessa kädessä.

Jos ohjaimet liikuttavat käyttäjää fyysisesti, on tärkeää, että liike vastaa virtuaali maailman liikkumista. Tällöin asento- ja liikeaistin tuottama informaatio on yhdenmukaista visuaalisten aistimusten kanssa, mikä vähentää aistien välistä ristiriitaa ja tukee immersiota. Esimerkiksi ajosimulaatioissa käyttäjä voi istua fyysisesti liikkuvassa penkissä, joka mukaillee virtuaali ajoneuvon liikkeitä.

Optimaalisesti suunnitellut ohjaimet tukevat käyttäjän visuaalisia ja auditiivisia aistimuksia aktivoimalla myös tunto-, liike- ja asentoaisteja. Tällainen moniaistillinen lähestymistapa voi johtaa syvempään immersioon ja vähentää VR-pahoinvoinnin riskiä.



*Kuva 5. Golf-mailaa jäljittelevä VR-ohjainratkaisu (kuva luotu tekoälyohjelmalla Gemini 2.5 Flash Image)*

## OPPIMISPISTE

Ohjainten valinnassa tärkeintä on varmistaa, että niiden käyttö on VR-kokemuksessa intuitiivista ja että käyttäjän virtuaalinen ja fyysinen toiminta vastaavat toisiaan mahdollisimman tarkasti ja viiveettömästi. Ohjainten antama haptinen palaute syventää kokemusta tarjoamalla moniaistillista informaatiota. Käsien seuranta voi joissain käyttötarkoituksissa tarjota ohjaimiin verrattuna luonnollisemman tuntuman, mutta sen suurempi viive, heikompi tarkkuus ja haptisen palautteen puute on otettava huomioon täsmällisyyttä vaativissa tehtävissä.

## Äänilaitteet

VR-laitteiston kanssa käytettävien äänilaitteiden on hyvä pystyä tuottamaan laadukasta, kolmiulotteista tilääntä. Lisäksi on suositeltavaa, että ulkoiset VR-kokemukseen kuuluttomat äänet pystytään eristämään tai vaimentamaan, sillä ne voivat häiritä käyttäjää ja vähentää kokemuksen immersiiivisyyttä (Kern & Ellermeier 2020).

Tilääntä tuottavat kuulokkeet tai kaiuttimet ovat yleensä sopivia äänilähteitä VR-kokemuksiin. Kuulokkeiden painoon ja istuvuuteen on tärkeää kiinnittää huomiota, jotta ne eivät aiheuta fyysistä epämukavuutta tai tarpeetonta rasitusta. Jos kuulokkeet ovat langattomat, on otettava huomioon, ettei ääni välity liian suurella viiveellä ja aiheuta sen vuoksi aistiristiriitaa.

Äänet tarjoavat VR-kokemuksen käyttäjälle lisäaisti-informaatiota, joka **monimuototarkkuusteorian** mukaan voi vähentää VR-pahoinvointia ja parantaa kokemuksen uskottavuutta (Chang ym. 2020). Tällä hetkellä on kuitenkin ristiriitaisia tuloksia siitä, miten äänet vaikuttavat VR-pahoinvointiin. Kaikissa tapauksissa äänen lisääminen kokemukseen ei ole vähentänyt VR-pahoinvointia. (Bosman ym. 2023.)

Lisää äänien vaikutuksesta VR-kokemukseen kerrotaan luvussa 4.4 Äänet VR-kokemuksessa.

## VR-kokemukseen vaikuttavat oheisvälineet

Oheisvälineillä tarkoitetaan tässä VR-laitteistoon kuulumattomia asioita, jotka voivat vaikuttaa käyttäjäkokemukseen ja VR-pahoinvointiin. Oheisvälineillä voidaan syventää aistitikomusta ja parantaa käyttäjän mukavuutta.

### Tuuletin

Käyttäjää kohti suunnattu tuuletin tai ilmastointilaitte parantaa ilmanvaihtoa ja lisää fyysistä mukavuutta VR-kokemuksen aikana. Ilmavirta toimii myös moniaistillisena ärsykeenä, joka tukee VR-kokemuksen uskottavuutta, jos se on kokemukseen soveltuva. Lisäksi ilmavirta auttaa käyttäjää hahmottamaan alitajuisesti oman sijaintinsa ja suuntansa reaali maailman tilassa. Nämä tekijät voivat osaltaan vähentää VR-pahoinvoinnin riskiä. (Park ym. 2024.)

## Tuoksut

Hajuaistiin vaikuttavat ärsykkeet voivat vaikuttaa kokemuksen immersiiivisyyteen. Tutkimuksen mukaan miellyttävät ja virtuaaliympäristöön sopivat tuoksut voivat lisätä kokemuksen uskottavuutta ja vähentää VR-pahoinvointia. Vastaavasti epämiellyttävät tai kontekstista irralliset hajut voivat heikentää immersiota ja lisätä epämukavuutta. (Reichl & Kocur 2024.)

## Käyttöalue

Fyysinen käyttöalue vaikuttaa käyttäjän turvallisuuden tunteeseen ja stressitason hallintaan. Jos käyttöalue on erotettu muusta tilasta poikkeavalla lattiapinnoitteella tai matolla, käyttäjän on helpompi hahmottaa käyttöalueen rajat VR-kokemuksen sisällä. Tämä vähentää huolta alueelta poistumisesta sekä seiniin ja esineisiin törmäämisestä. (van Gemert ym. 2025.)

## Istuin

Istuimen tyyppi ja ergonomia vaikuttavat suoraan käyttömukavuuteen, erityisesti pitkäkestoisissa VR-sessioissa. Hyvin suunniteltu istuin voi vähentää fyysistä kuormitusta ja tukea kehon asentoa, mikä osaltaan edistää kokemuksen kestävyttä ja vähentää virtuaalikokemuksen aiheuttamaa väsymystä. (Hong ym. 2018.)

### OPPIMISPISTE

Laadukas, viiveetön tilaääni ja häiriöäänien eristys vahvistavat immersiota. Oheisvälineet, kuten tuuletin, tuoksut, selkeästi rajattu käyttöalue ja ergonominen istuin, tukevat moniaistista kokemusta ja lisäävät mukavuutta. Tämä voi auttaa vähentämään VR-pahoinvointia.

## 4. SOVELLUSUUNNITTELU JA SEN VAIKUTUS VR-PAHOINVOINTIIN

Sovellussuunnittelun erilaisilla keinoilla voidaan merkittävästi vaikuttaa siihen, miten todennäköisesti ja miten paljon VR-kokemus aiheuttaa käyttäjille VR-pahoinvoinnin oireita. Pahoinvointiriskiin vaikuttavat esimerkiksi sovelluksen kuvataajuus, virtuaaliympäristön värimaailma ja se, miten käyttäjä liikkuu virtuaaliympäristössä.

Erityisesti kannattaa tarkastella sitä, miten käyttäjälle aiheutuvaa aistiritiriitaa ja vekiota eli tunnetta omasta liikkeestä paikallaan ollessa voidaan vähentää. Useat tässä luvussa esitetyt ohjeet VR-pahoinvoinnin vähentämiseksi liittyvät juuri näihin seikkoihin. Esimerkiksi näkökentän laajuuden pienentäminen vähentää katseen reuna-alueilla havaittavia, liikkeestä kertovia ärsykeitä, mikä puolestaan vähentää käyttäjän kokemaa vekiota.

Tärkeimmät seikat tässä osiossa ovat:

- **Vektion vähentäminen**

Hillitsemällä liikkeestä kertovia visuaalisia ärsykeitä, tekemällä liikkeestä ennakoitavaa ja poistamalla liikkeen välivaiheet esimerkiksi teleportaation avulla voidaan vähentää virtuaalisen liikkeen aiheuttamaa vekiota ja siitä johtuvaa pahoinvointia.

- **Aistiritiriidan välttäminen**

Synkronoimalla virtuaalinen liike fyysisen liikkeen kanssa ja lisäämällä moniaistillista informaatiota (ääni, tunto, liike) voidaan pienentää aistiritiriitoja.

- **Fyysisen ja kognitiivisen rasituksen sekä stressin hallinta**

Visuaalisesti miellyttävällä ja yhtenäisellä ympäristösuunnittelulla, rauhallisella rytmityksellä sekä selkeällä ja intuitiivisella käyttöliittymäsuunnittelulla voidaan vähentää VR-kokemuksen aiheuttamaa kokonaisrasitusta ja pienentää käyttäjän stressitasoa.

### Kuvataajuus

Kuvataajuus (*frame rate, frames per second*) määrittää, kuinka monta kuvaa sovellus tuottaa sekunnissa VR-lasien ruudulle. Kuvataajuus on keskeinen tekijä virtuaalitodellisuudessa, sillä se vaikuttaa suoraan liikkeen sulavuuteen ja siten kokemuksen miellyttävyyteen. Kuvataajuuteen pätevät samat periaatteet kuin VR-lasien näyttöjen virkistystaajuuteen: kuvataajuuden on oltava riittävän korkea, jotta kuvasarjan liike näyttää sulavalta ja luonnolliselta. (Kourtesis ym. 2019; Wang ym. 2023.)

Kuvataajuuden on hyvä olla vähintään yhtä suuri kuin VR-laitteiston virkistystaajuus, mutta suositeltava minimitaso on 90 ruutua sekunnissa. Tätä alhaisemmat arvot lisäävät VR-pahoinvoinnin riskiä erityisesti nopeatempoisissa VR-kokemuksissa. Tutkimusten mukaan VR-pahoinvoinnin todennäköisyys ja oireiden voimakkuus kasvavat kuvataajuuden laskiessa. (Wang ym. 2023.)

Myös kuvataajuuden epävakaas, kuten sen äkilliset laskut (*frame drop*), voi aiheuttaa epämukavuutta ja VR-pahoinvointia. Kuvataajuuden täytyy pysyä mahdollisimman tasaisena ja sen äkillisiä heilahteluita täytyy välttää. Vakaan ja riittävän kuvataajuuden ylläpito on keskeinen osa VR-sovelluksia ja täytyy ottaa huomioon osana suunnittelua. (Kelkkanen, 2023.)

## Virtuaalikamera

Virtuaalikamera toimii VR-kokemuksessa käyttäjän silminä ja määrittää, miten virtuaaliympäristö esitetään käyttäjälle. Koska VR-kokemukset ovat pääosin visuaalisia, virtuaalikameran ominaisuuksilla on merkittävä vaikutus kokemukseen ja VR-pahoinvoinnin syntyyn. (Chang ym. 2020.) Virtuaalikameran keskeisiä ominaisuuksia ovat liike, näkökentän laajuus, näkökenttään kiinnitetyt elementit ja syväterävyysalue.

### Virtuaalikameran liike

Virtuaalikameran on seurattava tarkasti VR-lasien eli käyttäjän pään liikkeitä. Lisäksi käyttäjällä on oltava jatkuva kontrolli kameran liikkeeseen. Jos kontrolli otetaan pois eikä käyttäjällä ole mahdollisuutta tutkia ympäristöä vapaasti, VR-pahoinvoinnin riski kasvaa merkittävästi. (Chang ym. 2020.)

VR-kokemuksessa ei siis kameraa liikuttamalla voida pakottaa käyttäjää katsomaan tiettyyn suuntaan, vaan käyttäjän täytyy pystyä vapaasti liikuttamaan näkökenttäänsä koko ajan. Sen sijaan käyttäjän virtuaalihahmon liikuttaminen kokonaisuutena on mahdollista, kunhan käyttäjän kontrolli virtuaalikameran liikkeeseen säilyy. (Chang ym. 2020.)

### Näkökentän laajuus

Mitä laajempi näkökenttä on, sitä enemmän käyttäjä kokee vektiota eli illuusiota omasta liikkeestä. Vektio lisää VR-pahoinvoinnin riskiä ja pahentaa jo alkaneita oireita. (Lin ym. 2002.)

Näkökenttää voidaan supistaa esimerkiksi tummentamalla tai sumentamalla VR-lasien ruutujen reunoja. Tämä toimenpide kuitenkin heikentää immersiota, joten kyseessä on kompromissi mukavuuden ja kokemuksen syvyyden välillä. (Lim ym. 2021.)

Suosittelavia menetelmiä käyttäjän näkökentän kontrollointiin, vaikuttamatta liikaa VR-kokemuksen immersivisyyteen, ovat:

- **Dynaaminen näkökentän supistaminen**, jossa näkökenttää pienennetään joko pimentämällä tai sumentamalla sen reunoja vain virtuaalisen liikkeen aikana. Näkökenttä palautetaan normaaliksi liikkeen päätyttyä. (Lim ym. 2021.)
- **Katsetta seuraava näkökentän supistaminen**, jossa hyödynnetään VR-lasien katseenseurantaominaisuutta. Kiinteä ja katsetta seuraava näkökentän rajoitin vähentää VR-pahoinvointia yhtä paljon, mutta liikkuva rajoitin antaa käyttäjille mahdollisuuden tarkastella laajempaa aluetta silmillään päätä kääntämättä. (Adhanom ym. 2020.)
- **Virtuaalikokemukseen sulautetut ratkaisut**, kuten virtuaaliset kypärät, lasit tai ohjaamot, jotka rajaavat näkökenttää luonnollisesti osana kokemusta (Chang ym. 2020).

Näkökentän laajuutta ei kannata muuttaa lähentämällä tai loitontamalla virtuaalikameran polttoväliä eli zoomaustasoa. Polttovälin on hyvä vastata silmien normaalia tasoa niin hyvin kuin mahdollista. Normaalista poikkeava polttoväli aiheuttaa näkökenttään joko kiikari- tai kalansilmävääristymän ja vaikeuttaa kehon liikkeiden hahmotusta. Tämä johtaa ennen pitkään VR-pahoinvointiin. (Chang ym. 2020.)



Kuva 6. Esimerkki näkökentän supistamisesta kuvan reuna-alueita pimentämällä (kuva luotu tekoälyohjelmalla Gemini 2.5 Flash Image)

## Grafiikan kiinnitys näkökenttään

Perinteisissä sovelluksissa grafiikkaa kiinnitetään usein ruudulle, jotta käyttäjä voi liikkueksaassa tarkastella elementtejä helposti. Esimerkiksi elämäpisteet, ammusmäärä ja pieni karttanäkymä asetetaan peleissä usein kiinteästi pelaajan ruudulle.

VR-kokemuksissa ruudulle kiinnitetty grafiikka voi kuitenkin aiheuttaa ongelmia. Graafiset elementit seuraavat silloin pään liikkeitä, eikä käyttäjä voi katsoa niistä pois vaikka yrittäisi. Erityisesti keskellä näkökenttää sijaitsevat elementit voivat häiritä näkemistä ja vähentää immersiota. Reunoilla olevat elementit voivat taas rasittaa silmiä, jos käyttäjä joutuu elementtejä tarkastellessaan liikuttamaan silmiään ääriasentoihin. (Meta 2024; Wibble ym. 2020).

Koko näkökentän peittävät ruutuun kiinnitetyt elementit, kuten kuvat tai videot, voivat irrottaa käyttäjän tilallisesta kokemuksesta kokonaan. Tällöin käyttäjä ei pysty päättämään, mihin hän katsoo, mikä lisää VR-pahoinvoinnin riskiä. Ruudulle kiinnitettyjen graafisten elementtien sijaan informaatio kannattaa sijoittaa osaksi virtuaaliympäristöä esimerkiksi kolmiulotteisille paneeleille, joita käyttäjä voi vapaasti tarkastella eri kulmista ja etäisyyksiltä. (Meta 2024). Käyttöliittymäratkaisuja käsitellään tarkemmin luvussa 4.7. *Käyttöliittymä*.

Poikkeuksena on näkökentän keskelle sijoitettu visuaalinen **tähtäinkuvio**. Won ja Kim (2021) sekä Seok ym. (2021) havaitsivat, että 30 % ruudun kuvasuhteesta kattava keskitetty graafinen kuvio vähentää merkittävästi huonovointisuutta ja sekavuutta VR-kokemuksessa.

**Virtuaalisen nenän** käyttöä on myös tutkittu, mutta sen vaikutus VR-pahoinvointiin ei ole merkittävä (Yip ym. 2024).



Kuva 7. Keskitetty tähtäinkuvio kiinnitettynä näkökenttään (kuva luotu tekoälyohjelmalla Gemini 2.5 Flash Image)

## Syväterävyysalue

Virtuaalikameran syväterävyysalueen säätelyllä voidaan vaikuttaa VR-kokemuksen luonnollisuuteen ja käyttömukavuuteen. Normaalisti ihmisen katse tarkentuu yhteen etäisyyteen kerrallaan, jolloin muu ympäristö näyttäytyy sumeana. Virtuaaliympäristössä tämä ilmiö ei luonnostaan toteudu, sillä käyttäjän katseen tarvitsee tarkentua vain VR-lasien ruutuun, jossa koko näkymä esitetään usein täysin tarkasti. (Carnegie & Rhee 2015.)

VR-lasien katseenseurantaominaisuuksia hyödyntämällä voidaan tunnistaa, mihin kohtaan ruutua käyttäjä kiinnittää huomionsa, ja säätää virtuaalikameran syväterävyysaluetta dynaamisesti sen mukaan (dynamic depth of field). Tällöin katseen kohteena oleva alue voidaan piirtää terävänä ja muu ympäristö sumeana, mikä vastaa ihmisen luonnollista näköaistimusta. Tämä vähentää näkökentän visuaalisia ärsykeitä, parantaa kokemuksen mukavuutta ja vähentää VR-pahoinvointia. (Carnegie & Rhee 2015.) Katseen kohteena oleva alue voidaan myös renderöidä tarkemmalla resoluutiolla verrattuna reuna-alueisiin, mikä säästää laskentatehoa ja parantaa sovelluksen suorituskykyä (Varjo 2025).

Syväterävyyttä voidaan säätää myös ilman katseenseurantaa esimerkiksi korostamalla kohteita, jotka vaativat käyttäjän huomiota ja sumentamalla muu ympäristö. Vaikka tämä ei täysin jäljittele luonnollista näköä, se voi vähentää visuaalista kuormitusta ja auttaa keskittymään olennaisiin elementteihin, mikä puolestaan voi parantaa VR-kokemuksen siedettävyyttä. (Carnegie & Rhee 2015.)



Kuva 8. Kuvan syväterävyyden tarkentaminen vain tiettyyn kohteeseen vähentää ympäristön visuaalisia ärsykeitä ja jäljittelee ihmissilmän toimintaa (kuva luotu tekoälyohjelmalla Gemini 2.5 Flash Image)

## OPPIMISPISTE

**VR-sovellusten** täytyy ylläpitää riittävän korkeaa ja tasaista kuvataajuutta (vähintään 90 ruutua sekunnissa). Nykivältä vaikuttava kuvataajuus tai sen äkilliset heilahtelut lisäävät merkittävästi pahoinvointiriskiä.

**Virtuaalikamera** toimii sovelluksessa käyttäjän silminä, ja sen on seurattava tarkasti käyttäjän pään liikkeitä. Käyttäjällä on aina oltava kontrolli siihen mihin suuntaan hän katsoo. Näkökenttää voidaan tarvittaessa supistaa liikkeen aikana pahoinvoinnin vähentämiseksi.

**Graafiset elementit** kannattaa sijoittaa osaksi virtuaaliympäristöä, ei kiinteästi näkökenttään, jotta ne eivät häiritse näkemistä, vähennä immersiota ja rasita silmiä. Syväterävyysalueen dynaaminen säätö – erityisesti katseenseurantaa hyödyntäen – mukailee luonnollista näköaistimusta, mikä parantaa käyttömukavuutta ja vähentää pahoinvointia.

## Liikkuminen VR-kokemuksessa

Liikkuminen virtuaaliympäristössä on yksi keskeisimmistä VR-pahoinvointiin vaikuttavista tekijöistä. Kehon todellisen liikkeen ja virtuaalisen, visuaalisesti havaitun liikkeen välinen aistiritiriita on omiaan laukaisemaan VR-pahoinvoinnin oireet. (Anua ym. 2023; Chang ym. 2020; Khundam 2021; Saredakis 2020.)

Liikkuminen virtuaalimaailmassa voidaan jakaa kahteen päätyyppiin

- **fyysiseen liikkeeseen**, joka synkronoidaan virtuaalisen liikkeen kanssa
- **virtuaaliseen liikkeeseen**, joka ei vastaa reaali maailman liikettä.

## Fyysisen ja virtuaalisen liikkeen synkronointi

VR-kokemuksissa käyttäjän fyysinen liike voidaan toisintaa virtuaaliympäristössä niin, että fyysisen ja virtuaalisen liikkeen välinen ero on mahdollisimman pieni. Synkronointi tapahtuu seuraamalla käyttäjän fyysisiä liikkeitä reaaliaikaisesti liikeseurantateknologian avulla. Saadun datan pohjalta kopioidaan liike ja saadaan se näkyväksi virtuaaliympäristössä. (Chang ym. 2020; Saredakis ym. 2020.)

Käyttäjää voidaan liikuttaa myös erilaisten laitteiden, kuten esimerkiksi liikealustallisen ajosimulaattorin, avulla. Laitteiden liike tosinnetaan virtuaaliympäristössä mahdollisimman tarkasti. Mitä paremmin fyysinen liike vastaa virtuaalista liikettä, sitä luonnollisempi ja immersivisempi virtuaalikokemus on käyttäjälle. Jos taas fyysinen liike ei vastaa virtuaalista liikettä, käyttäjälle voi aiheutua aistiristiriita, joka voi johtaa ennen pitkää VR-pahoinvointiin. (Chang ym. 2020; Saredakis ym. 2020.)

Käyttäjän fyysiseen liikkeeseen perustuvan liikkumisen haaste on, että liike vaatii tilaa todellisessa maailmassa. Esimerkiksi jos käyttäjälle annetaan VR-kokemuksessa mahdollisuus fyysisesti liikkuen vapaasti tutkia laajaa, jalkapallokentän kokoista virtuaalitilaa, vaatisi se pinta-alaltaan yhtä suuren tilan todellisessa maailmassa.

Myös erilliset käyttäjää fyysisesti liikuttavat laitteet vaativat tilaa ja ylläpitoa sekä voivat olla kalliita ja hankalia käyttää. Esimerkiksi virtuaalinen vuoristoratakokemus, jossa fyysinen liike on synkronoitu täysin virtuaalisen liikkeen kanssa, vaatii vastaavan todellisen vuoristoradan. Tämän vuoksi VR-kokemuksissa joudutaan tekemään usein kompromisseja fyysisen liikkeen synkronoinnin ja täysin virtuaalisen liikkeen välillä, jotta saavutetaan optimaalinen tasapaino immersivisyyden, mukavuuden ja käytännöllisyyden suhteen.

## Virtuaalinen liike

Virtuaalinen liike on merkittävin yksittäinen aistiristiriidan ja sitä kautta VR-pahoinvoinnin aiheuttaja. Virtuaalinen liike tarkoittaa liikettä, joka tapahtuu ainoastaan virtuaaliympäristössä ilman vastaavaa fyysistä liikettä. Tällainen liike on omiaan aiheuttamaan ristiriitaa visuaalisen ja kinesteettisen aistijärjestelmän välillä. Silloin käyttäjä havaitsee näköäistin perusteella liikkuvansa, mutta liike- ja tasapainoaistit eivät vahvista havaintoa. Tästä aiheutuva aistiristiriita voi johtaa voimakkaaseen vektion tunteeseen ja VR-pahoinvointiin erityisesti käyttäjillä, joilla ei ole paljoa kokemusta VR-sovelluksista. (Caserman ym. 2021; Chang ym. 2020.)

Erityisen ongelmallisia tilanteita ovat

- liikkeen nopeuden muutokset (kiihdytys ja hidastus)
- äkilliset ja odottamattomat liikkeet (törmäykset, suunnanmuutokset)
- vertikaalinen liike
- pyörimisliikkeet.

Tutkimusten mukaan horisontaalinen liike ja rotaatio ovat siedettävämpiä kuin vertikaalinen liike ja rotaatio. Hidas liike on siedettävämpää kuin nopea. Mitä nopeampaa, monimutkaisempaa ja ennakoimattomampaa liike on, sitä nopeammin ja voimakkaammin VR-pahoinvoinnin oireet ilmenevät. Erityisesti monisuuntainen pyörimisliike aiheuttaa herkästi pahoinvointia. (Chang ym. 2020.)

Jos virtuaalinen liike on olennainen osa VR-kokemusta, voidaan VR-pahoinvoinnin riskiä pienentää erilaisilla liikkumISRatkaisuilla, jotka auttavat vähentämään ongelmakohtia. Yleisesti käytettyjä ja hyväksi havaittuja liikkumISRatkaisuja ovat teleportaatio, tasainen jatkuva liike, asteittainen rotaatio ja fyysisiin eleisiin sidottu liike. Seuraavaksi käydään liikkumISRatkaisut tarkemmin läpi.

### **Teleportaatio**

Teleportaatio välttää virtuaaliseen liikkeeseen liittyvät ongelmat siirtämällä käyttäjän välittömästi lähtöpisteestä määränpäähän. Siirtymät voivat olla lyhyitä ja käyttäjän aktiivisesti ohjaamia tai ennalta määriteltyjä hyppyjä eri tilojen ja kohtausten välillä.

Hyvin lyhyet ja tiheät siirtymät, joita käyttäjä itse ohjaa, muistuttavat jatkuvaa liikettä mutta auttavat vähentämään VR-pahoinvointia. Pitkät siirtymät taas vähentävät VR-pahoinvointia merkittävästi jatkuvaan liikkeeseen verrattuna mutta voivat aiheuttaa käyttäjälle sekavuutta ja vähentää kokemuksen immersiiivisyyttä katkaisemalla liikkeen ja kokemuksen jatkuvuuden. Teleportaation mukavuutta ja immersiiivisyyttä voidaan parantaa visuaalisilla tehosteilla, kuten ruudun pimennyksellä tai sopivilla efekteillä. (Moore & Lages 2023; Khundam 2021; Prithul ym. 2024.)

#### **TAPAUSESIMERKKI**

Superhot-VR-pelissä pelaaja siirretään kohtauksesta seuraavaan automaattisesti ilman välivaiheita. Koska liikkeen välivaiheet saadaan tällä tavoin poistettua eikä käyttäjän tarvitse keskittyä virtuaalisen liikkeen ohjaamiseen, pysyy kokemus mukavana VR-pahoinvoinnin kannalta. Haittapuolena tässä ratkaisussa on, että pelaajan voi olla vaikea hahmottaa, mihin hänet on tilassa siirretty ja onko hän enää ensinkään samassa tilassa. (Superhot Team 2016.)

## Tasainen jatkuva liike

Tasainen jatkuva liike (*continuous movement* tai *smooth locomotion*) tarkoittaa liikettä, jossa kiihdytys- ja hidastusjaksot pidetään mahdollisimman lyhyinä ja tasaisina. Liike voi olla käyttäjän itsensä ohjaamaa tai käyttäjää voidaan liikuttaa automaattisesti. Liikkeen aikana vältetään äkillisiä ja yllättäviä suunnanmuutoksia sekä nopeuden vaihteluita. Esimerkiksi virtuaaliympäristössä oleviin esteisiin törmätessä kannattaa käyttäjän liikettä hidastaa hieman ennen törmäystä, jotta liike ei lopu liian yllättävästi. (Anua ym. 2023; Khundam 2021.)

Käyttäjän katseen suuntaan kulkeva liike on VR-pahoinvoinnin kannalta paremmin siedettyä kuin sivuttaissuuntainen liike. Liian hidaskäyttö tai nopea liikkumisnopeus lisää VR-pahoinvointia. Anua ym. 2023 havaitsivat, että optimaalinen liikkumisnopeus heidän VR-testiympäristössään on 4 km/h. Tätä ei voi kuitenkaan pitää yleispätevänä nopeutena, vaan optimaalinen nopeus riippuu ympäristöstä, jossa käyttäjä liikkuu. (Anua ym. 2023; Khundam 2021.)

Tasainen jatkuva liike altistaa käyttäjän VR-pahoinvoinnille huomattavasti teleportaatiota enemmän mutta ei vähennä kokemuksen immersivisyyttä yhtä paljon ja antaa käyttäjälle paremman kontrollin liikkumiseen. Tämä liikkumismuoto soveltuu erityisesti nopeampiin VR-kokemuksiin, joissa käyttäjän täytyy olla jatkuvasti tietoinen ympäristöstään ja valmis tekemään nopeita ratkaisuja liikkeen aikana. (Khundam 2021; Moore & Lages 2023; Saredakis ym. 2020; Prithul ym. 2024.)

### TAPAUSESIMERKKI

Pistol Whip -VR-rytmiampumtapelissa pelaajaa liikutetaan koko ajan automaattisesti eteenpäin tasaisella, kävelyvauhtia vastaavalla nopeudella. Pelin ympäristö on suhteellisen monimutkainen ja sisältää paljon efektejä sekä liikkuvia elementtejä, jotka lisäävät VR-pahoinvoinnin riskiä virtuaalisen liikkeen kanssa. Koska pelaajan liikkeen nopeutta tai suuntaa ei missään vaiheessa muuteta pelin aikana, pysyy liike ennakoitavana eikä käyttäjän tarvitse kiinnittää siihen erikseen huomiota. Tämä parantaa kokemuksen mukavuutta ja vähentää VR-pahoinvointia. (Cloudhead Games 2017.)

## Asteittainen rotaatio

Asteittainen rotaatio (snap turning) tarkoittaa, että käyttäjä kääntyy virtuaalimaailmassa tietyn astemäärän kerrallaan ilman välivaiheita. Tämä poistaa kääntymiseen liittyvät liikeärsykkeet ja vähentää VR-pahoinvointia. (Chang ym. 2020; Kelly ym. 2025.)

Asteittainen rotaatio sopii erityisesti käyttäjän itsensä ohjaamaan liikkeeseen, ja sitä voidaan käyttää sekä teleportaation että tasaisen jatkuvan liikkeen kanssa. Jos liike ei ole käyttäjän kontrollissa, asteittainen rotaatio voi vaikuttaa liian yllättävältä ja aiheuttaa sekavuutta. (Kelly ym. 2025.)

## Fyysisiin eleisiin yhdistetty liike

Virtuaalinen liike voidaan yhdistää fyysisiin eleisiin, jotka muistuttavat todenmukaista liikkumistapaa. Tällöin käyttäjän tekemä ele aloittaa virtuaalisen liikkeen ja ohjaa sen kulkua. (Anderton ym. 2024; Ang & Quarles 2023.) Taulukossa 3 esitellään muutamia esimerkkejä fyysisiin eleisiin yhdistetyistä liikeratkaisuista.

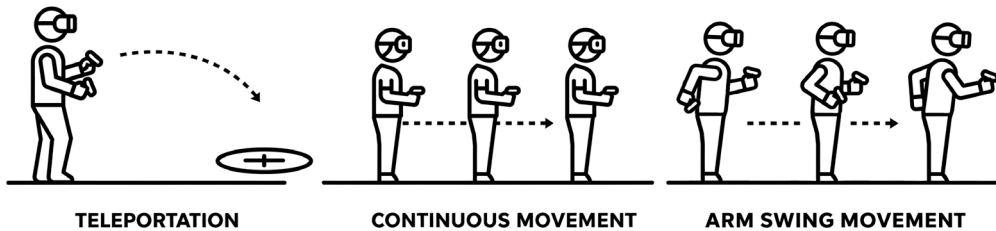
**Taulukko 3.** Fyysisiin eleisiin yhdistettyjä liikeratkaisuja

Fyysinen ele	Virtuaalinen liike	Lisätietoa	Mitä muistuttaa?	Lähde
<b>Käsien heiluttaminen edestakaisin vartalon sivuilla.</b>	Käyttäjät etenee maata pitkin katsomaansa suuntaan.	Käsien heilutusnopeus vaikuttaa liikkeen nopeuteen.	Muistuttaa kävellessä ja juostessa tapahtuvaa käsien liikettä.	(Khundam 2021.)
<b>Käsien ojentaminen, tarttuminen ja lähentäminen.</b>	Käyttäjät liikkuu raahaamalla itseään virtuaalikäsiensä avulla.	Liike tapahtuu siihen suuntaan johon käyttäjä vetää itseään.	Muistuttaa kiipeämistä.	(Anderton ym. 2024.)
<b>Käsien levittäminen sivuille ja liikuttaminen suorana.</b>	Käyttäjät liittää ilmassa virtuaalisiipien avulla.	Liike ja suunta määräytyvät kehon sekä käsien asennon ja liikkeen mukaan.	Muistuttaa lintujen lentämistä.	(Mashal ym. 2020.)

Virtuaalisen liikkeen yhdistäminen fyysiseen eleeseen parantaa kokemuksen immersiota, lisää liikkeen luonnollisuutta sekä vähentää aistiritiriitaa. Nämä tekijät voivat auttaa vähentämään kokemuksen aiheuttamaa VR-pahoinvointia. (Anderton ym. 2024; Ang & Quarles 2023; Khundam 2021.)

## TAPAUSESIMERKKI

Lone Echo -VR-seikkailupelissä pelaaja leijuu avaruusaluksessa nollapainovoi-  
maisessa tilassa sekä liikkuu tarttumalla ympäristöön ja vetäen tai työntäen  
itseään käsillään haluamaansa suuntaan. Tämä vastaa oikeaa tapaa, jolla ast-  
ronautit liikkuvat avaruusaluksessa tai avaruusasemalla ilman painovoimaa.  
Vaikka pelaaja pystyy vapaasti määrittämään liikkeen suunnan ja nopeuden, liik-  
kumistavan intuitiivisuus ja realismisuus auttavat lisäämään kokemuksen immer-  
siivisyyttä ja vähentämään VR-pahoinvointia. (Ready At Dawn 2019.)



Kuva 9. Käyttäjän ohjaama teleportaatio, jatkuva tasainen liike ja käsien heilutukseen pe-  
rustuva liike havainnollistettuna (kuva luotu tekoälyohjelmalla Gemini 2.5 Flash Image)

### Visuaalisten liikeärsykkeiden vähentäminen

Erialaisten liikkumisratkaisujen lisäksi VR-pahoinvointia voidaan vähentää myös keinoil-  
la, joilla pyritään hallitsemaan liikkeestä kertovia visuaalisia aistiärsykeitä eli optista  
virtausta (optic flow). Virtuaalisen liikkeen aikana optista virtausta voidaan vähentää esi-  
merkiksi muuttamalla valaistusta, himmentämällä taustaelementtejä, käyttämällä liikettä  
vastaan kulkevia partikkeliefektejä tai vähentämällä ympäristön visuaalista yksityiskoh-  
taisuutta. Tavoitteena on vähentää käyttäjän kokemaa vektiota ja sitä kautta lieventää  
VR-pahoinvointia. (Budhiraja ym. 2017; Carnegie & Rhee 2015; Lou ym. 2022; Senel ym.  
2023; Park ym. 2022.)

Virtuaalisen liikkeen tarvetta voidaan vähentää myös tuomalla keskeiset toiminnot, ob-  
jektit ja tapahtumat käyttäjän lähelle sen sijaan, että käyttäjä liikkuu itse. Hyvin suunnitel-  
tuna tällainen lähestymistapa voi poistaa virtuaalisen liikkeen tarpeen kokonaan ilman,  
että käyttäjän vuorovaikutus ympäristön kanssa kärsii. Esimerkiksi VR-rytmipeli Beat Sa-  
berissä pelin kannalta tarpeelliset elementit tuodaan musiikin tahtiin pelaajan ulottuville,  
eikä pelaajan itse tarvitse virtuaalisesti liikkua niiden luokse. (Szapak ym. 2020.)



*Kuva 10. Esimerkki korkeasta (ylempi kuva) ja matalasta optisesta virtauksesta. Optisen virtauksen voimakkuuteen vaikuttavat sekä liikkeen nopeus, että ympäristön yksityiskoh-  
taisuus (kuva luotu tekoälyohjelmalla Gemini 2.5 Flash Image)*

#### OPPIMISPISTE

VR-pahoinvoinnin syntyy liittyy usein vektio eli liikkeen illuusio paikallaan ollessa. Fyysisen ja virtuaalisen liikkeen tarkka vastaavuus ratkaisee ongelman mutta ei ole aina vaihtoehto. Etenkin nopeat, äkilliset, pyörivät ja monisuuntaiset virtuaaliset liikkeet ovat omiaan aiheuttamaan VR-pahoinvointia.

## OPPIMISPISTE

Erilaiset liikkumiskäsit, kuten teleportaatio, tasainen jatkuva liike, asteittainen kääntyminen, tasainen jatkuva liike, asteittainen kääntyminen sekä fyysisiin eleisiin sidottu liike, parantavat VR-kokemuksen siedettävyyttä. Lisäksi visuaalisten ärsykkeiden hallinta vähentää vektion kokemusta ja sitä kautta VR-pahoinvoinnin riskiä. Visuaalisia ärsykejä voidaan hallita esimerkiksi näkökenttää rajaamalla, taustaa himmentämällä tai vähentämällä ympäristön yksityiskohtia. Parhaimmillaan liikkuminen suunnitellaan niin, että se tukee luonnollista liikeaistimusta ja minimoi aistiritiriidat ilman, että immersio kärsii merkittävästi.

## Äänet VR-kokemuksessa

Äänillä on mahdollista syventää VR-kokemusta sekä tehdä siitä realistisempi ja miellyttävämpi (Bosman ym. 2023). Hyvin luotu äänimaailma tukee visuaalista ympäristöä ja tarjoaa käyttäjälle informaatiota ympäristön tapahtumista sekä käyttäjän vuorovaikutuksesta ympäristön kanssa. Auditivinen palaute vahvistaa tapahtumien havaitsemista ja ymmärtämistä erilaisissa tilanteissa. Esimerkiksi silloin kun käyttäjä on kosketuksissa virtuaaliobjektien kanssa, osuu esteeseen tai aktivoi painikkeen.

Äänillä on vaihtelevissa määrin vaikutusta VR-pahoinvoinnin riskiin. Monimuotovastavuusteorian mukaan monipuolinen ja realistinen äänimaailma, joka on tasapainossa visuaalisen ilmeen kanssa, voi vähentää VR-pahoinvointia (Chang ym. 2020).

Tutkimustulokset äänien vaikutuksesta VR-pahoinvointiin ovat kuitenkin vielä ristiriitaisia, eikä äänien lisääminen VR-kokemukseen ole yksiselitteisesti vähentänyt pahoinvointia. Sawada ym. 2020 esimerkiksi havaitsivat, että VR-ajokokemukseen yhdistetty fyysinen värinä sekä moottorin ääni auttoivat vähentämään VR-pahoinvointia. Sen sijaan värinä tai ääni yksistään ei vähentänyt pahoinvointia kontrolliin verrattuna.

Negatiiviksi mielletty, keinotekoiset, ihmisen toiminnasta aiheutuvat äänet, kuten liikenteen ja koneiden melu, voivat lisätä stressiä ja epämukavuutta. Sen sijaan luonnonläheiset äänet, kuten puron solina ja lintujen laulu, usein rentouttavat käyttäjiä. (Bosman ym. 2023.)

## Tiläänet

Tiläänellä tarkoitetaan ääntä, joka kuuluu tietyistä sijainnista kolmiulotteisessa ympäristössä. Reaalimaailmassa kaikilla äänillä on lähde, ja se, miten voimakkaana ääni kuullaan, vaihtelee kuulijan etäisyyden mukaan. Näitä ominaisuuksia kannattaa jäljitellä myös virtuaalimallinnuksessa. (Interaction Design Foundation – IxDF 2025.)

Tiläänet tukevat käyttäjän kykyä hahmottaa sijaintinsa suhteessa virtuaaliympäristöön sekä tunnistaa ympäristössä tapahtuvia ilmiöitä. Lisäksi tiläänet lisäävät kokemuksen todentuntuisuutta ja vahvistavat immersiota. Esimerkiksi puiden havina, veden kohina tai laitteiden humina voivat auttaa käyttäjää suunnistamaan virtuaaliympäristössä ja tekevät samalla kokemuksesta elävämmän. (Interaction Design Foundation – IxDF 2025.)

## Musiikki

Tutkimuksissa on havaittu, että miellyttävä ja virtuaaliympäristöön sopiva musiikki voi vähentää VR-pahoinvointia alentamalla käyttäjän stressitasoa ja lisäämällä kokemuksen mukavuutta. Vastaavasti musiikki, joka koetaan ahdistavaksi tai ei sovellu kontekstiin, voi aiheuttaa käyttäjälle kielteisiä reaktioita ja voimistaa VR-pahoinvointia. (Keshavarz & Hecht 2014.)

Musiikki voidaan soittaa joko tiläänenä tai tavallisena stereoäänenä. Tiläänenä musiikki kuuluu tietyistä pisteistä, esimerkiksi virtuaalikaiuttimesta, mikä vahvistaa tilallisuuden kokemusta. Tavallisena stereoäänenä sen voimakkuus ja suunta ei riipu käyttäjän sijainnista virtuaalitallassa, vaan musiikki toimii tunnelman luojana koko kokemukselle. (Interaction Design Foundation – IxDF 2025.)

### OPPIMISPISTE

Hyvin suunniteltu äänimaailma tukee visuaalista ympäristöä, vahvistaa immersiota ja auttaa käyttäjää hahmottamaan ympäristönsä tapahtumia. Tiläänet lisäävät todentuntua, kun taas musiikki voi luoda tunnelmaa ja vähentää stressiä. On hyvä muistaa, että luonnonläheiset, miellyttävät äänet auttavat käyttäjää rentoutumaan, mutta keinotekoiset tai häiritsevät äänet voivat aiheuttaa epämu-  
kavuutta.

# Tuntoaisti

Tuntoaistimusten yhdistäminen virtuaalitodellisuuskokemukseen lisää moniaistillista informaatiota mikä auttaa vähentämään VR-pahoinvoinnin riskiä sekä vahvistaa kokemuksen immersiota. Tuntoaistimusten täytyy olla yhteensopivia visuaalisten ja auditiivisten havaintojen kanssa. (Liu ym. 2019; Peng ym. 2020.)

Esimerkiksi VR-ohjainten värinätoimintoa voidaan hyödyntää informoimaan käyttäjää siitä, milloin hän osuu tai tarttuu esineisiin. Vaikka värinä ei kykene täysin jäljittelemään todellisia tuntemuksia, se tarjoaa kontekstiin sopivaa aisti-informaatiota. Huonosti sovitetut tuntoaistimukset voivat sen sijaan aiheuttaa aistiritiriitaa, mikä voi lisätä VR-pahoinvoinnin riskiä. (Liu ym. 2019; Peng ym. 2020.)

Erilaisilla lisälaitteilla voidaan tuottaa tarkempia tuntoaistimuksia eri puolille kehoa. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi haptisia ominaisuuksia sisältävät päähineet, hanskat, kengät, liivit tai haalarit. Näissä laitteissa tuntoaistimukset tuotetaan yleensä matalavoimakkuuksisten moottorien tai ihon läpi johdetun sähkövirran avulla. (Liu ym. 2019; Peng ym. 2020.)

Reaalimaailman tilat tai esineet voidaan myös toisintaa virtuaaliympäristöön, jolloin VR-kokemus tarjoaa käyttäjälle autenttisia tuntoaistimuksia. On kuitenkin hyvä ottaa huomioon, että poikkeavuudet oikeiden ja virtuaalisten asioiden sijainnin tai koon välillä voivat aiheuttaa aistiritiriitaa ja altistaa VR-pahoinvoinnille. (Chang ym. 2017.)

## OPPIMISPISTE

Tuntoaistimusten lisääminen VR-kokemukseen voi vahvistaa immersiota ja vähentää VR-pahoinvointia, jos ne ovat yhteensopivia muiden aistihavaintojen kanssa. VR-ohjainten värinä ja haptiset laitteet, esimerkiksi hanskat, liivit ja kokehon puvut, tarjoavat lisää aisti-informaatiota, mutta huonosti sovitetut tuntoaistimukset voivat aiheuttaa aistiritiriitaa ja lisätä pahoinvointia.

## Virtuaaliympäristö

Virtuaaliympäristöllä tarkoitetaan tässä yhteydessä VR-kokemuksen koko visuaalista sisältöä. Virtuaaliympäristöön liittyvät tekijät jaetaan kahdeksaan osa-alueeseen, joilla kaikilla on yksilöllinen vaikutus VR-pahoinvoinnin syntyyn: graafinen ilme, ympäristön liike, maasto, syvyytsvaikutelma, värimaailma, valot ja efektit, tunnelma ja rytmitys. Vaikka yksittäisten osa-alueiden vaikutus VR-pahoinvointiin saattaa olla vähäinen, niiden yhteisvaikutus voi muodostua merkittäväksi.

### Graafinen ilme

Pelkästään graafisen realismin lisäämisellä ei ole havaittu olevan vaikutusta immersion kasvamiseen tai VR-pahoinvoinnin vähenemiseen. Sen sijaan selkeä ja teräväpiirteinen grafiikka vähentää visuaalista kuormitusta ja voi siten ehkäistä VR-pahoinvointia. (Ang ym. 2023; Chang ym. 2020; Davis ym. 2015.)

Monimuototarkkuusteorian mukaan graafisen realismin lisääminen voi saada käyttäjän odottamaan realistisempaa toteutusta myös VR-kokemuksen muilta osa-alueilta. Näitä ovat esimerkiksi liikkuminen, ympäristön interaktiivisuus ja äänimaailma. Jos käyttäjän odotukset eivät täyty, immersiiivisyys voi heikentyä ja VR-pahoinvointi lisääntyä. (Ang ym. 2023; Chang ym. 2020; Davis ym. 2015.)



Kuva 11. Graafinen realismi ei välttämättä paranna kokemuksen immersiota tai mukavuutta (kuva luotu tekoälyohjelmalla Gemini 2.5 Flash Image)

## Ympäristön liike

Ympäristö ja sen elementit voivat liikkua eri tavoin. Voimakkaat, kaoottiset ja yllättävät liikkeet voivat aiheuttaa käyttäjässä hämmennystä, epämukavuutta ja vektion tunnetta, joka lisää VR-pahoinvointia. Jos koko virtuaaliympäristö liikkuu ympärillä, käyttäjän voi olla vaikeaa hahmottaa oma liikkeensä ja asentonsa suhteessa ympäristöön. Tämä voi aiheuttaa asennon epävakautta ja vektion tunnetta, jotka johtavat ennen pitkää VR-pahoinvointiin. (Chang ym. 2020; Park ym. 2022.)

Ympäristöön kannattaa sisällyttää kiintopisteitä, jotka pysyvät paikallaan suhteessa käyttäjään. Kiintopisteitä voivat olla esimerkiksi maasto, paikallaan pysyvät objektit, kulukuvälineen ohjaamo ja taustaelementit, kuten maiseman horisontti tai pilvinen taivas. Kiintopisteiden avulla käyttäjä pystyy seuraamaan omaa asentoaan ja liikettään suhteessa ympäristöön, mikä parantaa kokemuksen mukavuutta. (Chang ym. 2020; Park ym. 2022.)

## Maasto

Maasto vaikuttaa käyttäjän liikkeeseen riippuen liikkumistavasta. Jos käyttäjä liikkuu maaston muotoja mukailien, on varmistettava, ettei maasto aiheuta epämiellyttäviä liikemuutoksia. Esimerkiksi epätasainen maasto, kynnykset, reunamat ja portaat voivat aiheuttaa töksähtelevää ja pahoinvointia lisäävää vertikaalista liikettä. (Ang & Quarles 2022; Dorado & Figueroa 2014.)

Harkitulla ympäristösuunnittelulla voidaan lisätä koko kokemuksen mukavuutta. Epätasaista ja korkeuseroja sisältävää maastoa voidaan välttää kokonaan alueella, jolla käyttäjä liikkuu. Jos tämä ei käy päinsä, voidaan korkeussuunnassa liikkua esimerkiksi teleportaation avulla tai vaikka umpinaisella hissillä. Myös tasaisten ramppien on havaittu aiheuttavan vähemmän VR-pahoinvointia kuin portaiden. (Ang & Quarles 2022; Dorado & Figueroa 2014.)

Epätasaisen maaston tai portaiden kohdalle on mahdollista sijoittaa näkymätön tasaisempi pinta, jota käyttäjän liike noudattaa sen sijaan, että se seuraisi tarkasti visuaalisia pinnanmuotoja. Näin voidaan ylläpitää ympäristön visuaalinen ilme mutta minimoida sen pahoinvointia lisäävät vaikutukset. (Ang & Quarles 2022; Dorado & Figueroa 2014.)



*Kuva 12. Epätasainen maasto ja korkeuserot voivat aiheuttaa epämukavaa vertikaalista liikettä silloin, kun liike mukailee pinnanmuotoja (kuva luotu tekoälyohjelmalla Gemini 2.5 Flash Image)*

#### OPPIMISPISTE

Maasto voi altistaa VR-pahoinvoinnille myös muilla tavoin. Esimerkiksi korkealla sijaitsevat ja visuaalisesti epävakailta vaikuttavat alustat voivat aiheuttaa epämukavuutta ja stressiä tai laukaista korkean paikan kammon. Pienet ja ahtaat tilat voivat puolestaan aiheuttaa ahtaanpaikankammosia. Stressaavat maasto-osuudet on hyvä pitää lyhyinä ja hallittuina VR-pahoinvoinnin ehkäisemiseksi. (Yu ym. 2018.)

## Syvyysvaikutelma

Syvyysvaikutelma kuvaa sitä, miten kolmiulotteiselta virtuaaliympäristö vaikuttaa. Suppea syvyysvaikutelma vähentää käyttäjän immersiota ja lisää VR-pahoinvointia. (Bigoin ym. 2004.)

Syvyysvaikutelmaa saa parannettua ympäröimällä käyttäjä kolmiulotteisilla objekteilla, jotka sijaitsevat eri etäisyyksien päässä käyttäjästä. Hänellä täytyy olla myös mahdollisuus liikkua, jotta hän voi havaita parallaksin eri etäisyyksien päässä olevien objektien välillä. Jos VR-kokemus perustuu staattiseen 360 asteen kuvaan tai videoon, ympäristön syvyysvaikutelma jää usein suppeaksi. (Arshad ym. 2022; Bigoin ym. 2004.)

Arshadin ym. (2022) tekoälypohjaisessa menetelmässä käyttäjät liikkuvat 360 asteen kuvan pohjalta luodussa kolmiulotteisessa ympäristössä. Tulokset osoittavat, että VR-pahoinvoinnin oireet vähenevät merkittävästi verrattuna perinteiseen 360 asteen kuvaan perustuvaan VR-ympäristöön.

## Värimaailma

Miellyttävä ja hillitty värimaailma voi lieventää visuaalista kuormitusta ja virtuaaliympäristön aiheuttamaa stressiä sekä näin auttaa vähentämään VR-pahoinvoinnin riskiä. Eri-tyisesti räikeiden värien ja toistuvien pienten kuvioden käyttöä on syytä välttää, sillä ne voivat aiheuttaa myös visuaalista häiriötä ja välkäntää VR-lasien ruudulla liikkeen aikana. (Kim ym. 2016.)

Värien kontrastisuhteeseen on kiinnitettävä huomiota erityisesti tekstin ja muiden informatiivisten elementtien kohdalla. Heikko kontrasti voi rasittaa silmiä ja vaikeuttaa sisällön hahmottamista. Toisaalta suuret kontrastierot aiheuttavat tarpeetonta kuormitusta näköaistille, jos niitä käytetään liikaa. Suuria kontrastieroja kannattaa käyttää maltillisesti käyttäjän huomiota vaativissa kohteissa. (Zhang ym. 2024.)



Kuva 13. Räikeä värimaailma voi rasittaa silmiä ja aiheuttaa epämukavuutta (kuva luotu tekoälyohjelmalla Gemini 2.5 Flash Image)

## Valot ja efektit

Valoilla ja efekteillä voidaan vahvistaa VR-kokemuksen tunnelmaa ja immersiota, mutta niiden liiallinen käyttö voi lisätä VR-pahoinvoinnin riskiä. Esimerkiksi kirkkaat, välkkyvät ja liikkuvat valot sekä voimakkaat efektit voivat aiheuttaa käyttäjälle epämukavuutta ja stressiä, mikä voi lisätä VR-pahoinvoinnin riskiä. Varsinkin valoherkät henkilöt ovat riskiryhmää. Lisäksi kannattaa kiinnittää huomiota siihen, etteivät monimutkaiset valot tai partikkeliefektit heikennä sovelluksen suorituskykyä ja aiheuta kuvataajuuden putoamista. (Kim ym. 2016; Senel ym. 2023.)

Myös ympäristön valoisuus itsessään voi vaikuttaa VR-pahoinvoinnin riskiin. Senel ym. 2023 havaitsivat, että jos käyttäjät altistetaan aluksi hämärälle virtuaaliympäristölle ja valoisuutta lisätään vähitellen, he kokevat vähemmän VR-pahoinvointia verrattuna käyttäjiin, jotka altistetaan heti kirkkaalle ympäristölle. Tutkimuksen perusteella käyttäjät kannattaa totuttaa kirkkauteen asteittain kokemuksen mukavuuden parantamiseksi.

## Tunnelma

Virtuaaliympäristön tunnelma ja sen herättämät tunteet vaikuttavat käyttäjän kokemukseen. Pelottava, hektinen tai muuten stressaava tunnelma voi aiheuttaa ahdistusta ja epämukavuutta, mikä voi johtaa VR-pahoinvointiin. Näitä tunteita voivat aiheuttaa esimerkiksi pimeys, säikäytykset ja aikarajoitteiset tehtävät. (Yu ym. 2018.)

Rauhallinen ja miellyttävä tunnelma sen sijaan vähentää stressiä ja auttaa käyttäjää rentoutumaan. Nopeatempoiset ja ahdistusta aiheuttavat osiot kannattaakin pitää lyhyinä ja tarjota käyttäjälle välissä mahdollisuus palautumiseen. (Yu ym. 2018.)

## Rytmitys

VR-kokemuksen rytmitys kuvaa sisällön esittämisen tahtia ja kokemuksen etenemistä. Liiallinen informaatiomäärä lyhyessä ajassa voi estää käyttäjää prosessoimasta saamaansa tietoa. Tämä voi johtaa informaatiohäikyyn, aiheuttaa stressiä ja lisätä VR-pahoinvointia. (Breves & Stein 2023; Nisiotis & Elia 2025.)

Käyttäjälle on hyvä tarjota mahdollisuus tutustua sisältöön asteittain, ja virtuaaliympäristön kannattaa aluksi olla selkeä ja helposti hahmotettava (Adhanom ym. 2022).

### OPPIMISPISTE

Virtuaaliympäristön kokonaisvaltainen suunnittelu vaikuttaa ratkaisevasti VR-pahoinvointiin. Selkeä, hallittu ja miellyttävä visuaalinen toteutus sekä käyttäjän orientoitumista tukevat elementit vähentävät pahoinvointia. Sen sijaan kaoottiset liikkeet, räikeät värit ja efektit, stressaava tunnelma ja sekava kokonaisuus voivat lisätä sitä.

## Käyttöliittymä VR-kokemuksessa

Virtuaaliodellisuussovellusten käyttöliittymä (User Interface, UI) muodostaa keskeisen osan käyttäjäkokemuksesta ja voi vaikuttaa merkittävästi sekä VR-kokemuksen immersivisyyteen että VR-pahoinvoinnin riskiin (Duan ym. 2023; Mehmedova ym. 2025). Käyttöliittymä voidaan määritellä kokonaisuutena, joka kattaa sekä tiedon esittämisen käyttäjälle että käyttäjän vuorovaikutuksen VR-sovelluksen kanssa.

Perinteisissä näytöllä käytettävissä sovelluksissa käyttöliittymäelementit, kuten valikot, painikkeet ja tekstikentät, voidaan sijoittaa suoraan ruudulle ilman, että ne häiritsevät sovelluksen käyttöä. VR-ympäristössä tällainen lähestymistapa ei kuitenkaan ole suoraan sovellettavissa. VR-kokemusta ohjataan ikään kuin sovelluksen sisältä käsin ja VR-lasien näytöt toimivat käyttäjän näkökenttänä. Staattiset elementit silmien edessä voivat häiritä ympäristön havainnointia, aiheuttaa visuaalista kuormitusta ja lisätä VR-pahoinvoinnin riskiä. VR-kokemuksessa informaatio kannattaakin esittää osana virtuaaliympäristöä. (Mehmedova ym. 2025; Meta 2024; Wibble ym. 2020.)

VR-käyttöliittymä voidaan jakaa kahteen päätyyppiin:

- **käyttöliittymäpaneelit** – erilliset, rajatut alueet, joissa esitetään tietoa ja tarjotaan vuorovaikutusmahdollisuuksia
- **virtuaaliympäristöön integroitu käyttöliittymä** – käyttöliittymäelementit sulautuvat osaksi ympäristöä esimerkiksi esineisiin tai tiloihin.

Seuraavaksi käydään läpi tarkemmin molemmat VR-käyttöliittymätyypit.

## Käyttöliittymäpaneelit

Käyttöliittymäpaneelilla (UI-paneeli) tarkoitetaan rajattua aluetta, jossa käyttäjälle esitetään informaatiota ja tarjotaan vuorovaikutusmahdollisuuksia esimerkiksi painikkeiden ja säätimien avulla. Käyttöliittymäpaneelit ovat erityisen hyödyllisiä, kun käyttäjälle täytyy esittää paljon tietoa, kuvia ja videoita tai kun valintamahdollisuuksia on runsaasti. Lisäksi käyttäjällä on usein ennestään kokemusta kaksiulotteisten käyttöliittymien käytöstä, joten paneelit voivat tukea siirtymistä kaksiulotteisista sovelluksista VR-ympäristöön. (Meta 2024.)

Perinteisissä sovelluksissa UI-paneelit voidaan avata suoraan ruudulle muun sisällön päälle tai pitää ne jatkuvasti näkyvillä. Esimerkkejä tällaisista paneeleista ovat pelien asetukset, kartat, inventaariovalikot ja tekstiruudut hahmojen repliikkejä varten.

VR-kokemuksessa VR-lasien ruudut toimivat käyttäjän silminä, joten suoraan näkökenttään kiinnitetyt paneelit voivat estää ympäristön havainnointia ja aiheuttaa silmien rasiutusta. Tämän vuoksi UI-paneelit kannattaa irrottaa näkökentästä ja sijoittaa kolmiulotteisina objekteina osaksi virtuaaliympäristöä. Paneeli voi näkyä esimerkiksi virtuaalisella näytöllä tai leijua ilmassa erillisenä ikkunana. Tärkeää on, että käyttäjä voi tarkastella paneelia eri kulmista ja etäisyyksiltä. (Mehmedova ym. 2025; Meta 2024.)

Jos paneelin halutaan olevan jatkuvasti käyttäjän näkyvillä, se kannattaa sijoittaa sopivan matkan päähän käyttäjästä ja sen kannattaa seurata hänen liikkeitään viiveellä. Tällöin tilallinen kokemus säilyy paneelia tarkasteltaessa ja vuorovaikutus paneelin kanssa on helpompaa. (Mehmedova ym. 2025; Meta 2024.)

### **Käyttöliittymäpaneelien suunnitteluperiaatteet**

- **Selkeys ja intuitiivisuus:** Käyttöliittymän on oltava mahdollisimman selkeä ja helpokäyttöinen. Monimutkainen käyttöliittymä voi aiheuttaa turhautumista ja stressiä, mikä nostaa VR-pahoinvoinnin riskiä. (Duan ym. 2023.) Tekstin täytyy olla riittävän suurta ja fontin selkeä. Liiallinen tekstimäärä ja liian pieni teksti rasittavat silmiä. (Zhang ym. 2024.)

- **Sijoittelu:** Paneelit eivät saa sijaita liian lähellä tai kaukana käyttäjästä. Sopiva etäisyys on 0,4–1 metriä vuorovaikutustavan mukaan. Ne pitäisi sijoittaa mukavalle korkeudelle, jotta käyttäjä ei joudu kääntämään päätään tai viemään käsiään liian ylös tai alas. (Jeon ym. 2020; Mehmedova ym. 2025.)
- **Mukautettavuus:** Käyttäjälle voidaan tarjota mahdollisuus säätää käyttöliittymän kokoa ja sijaintia yksilöllisten tarpeiden mukaan (Meta 2024).
- **Syvyysvaikutelma:** Paneeleita ei kannata sijoittaa seinien tai objektien taakse niin, että ne renderöidään päällimmäiseksi. Tämä voi häiritä syvyysvaikutelman hahmotamista, aiheuttaa sekavuutta ja silmien rasitusta. Jos paneeli halutaan renderöidä muiden objektien päälle, ympäristö kannattaa himmentää, sumentaa tai piilottaa taustalta. (Meta 2024.)
- **Vuorovaikutus:** Käyttäjän ja käyttöliittymän vuorovaikutuksen täytyy olla helppoa ja ergonomista. Jos käyttäjä joutuu pitämään käsiään pitkään ojennettuna, tekemään laajoja liikkeitä tai olemaan epämukavassa asennossa, hän voi kokea fyysistä rasitusta, mikä voi lisätä VR-pahoinvoinnin riskiä. Epäluotettava tai monimutkainen vuorovaikutustapa voi aiheuttaa turhautumista. Käyttäjälle kannattaa mahdollisuuksien mukaan tarjota erilaisia vuorovaikutustapoja, kuten suora käsikäyttö, käsistä lähtevä osoitin, katse, eleet ja puhe. (Jeon ym. 2020; Mehmedova ym. 2025; Meta 2024.)

#### OPPIMISPISTE

Hyvä keino on sitoa käyttöliittymäpaneeli käyttäjän käteen niin, että paneeli seuraa käden liikkeitä ja tulee esiin esimerkiksi silloin, kun käyttäjä nostaa käden eteensä. Näin käyttöliittymä on aina tarvittaessa käyttäjän saatavilla.



Kuva 14. Käyttöliittymä, joka koostuu leijuvista, käsikäyttöisistä UI-paneeleista (kuva luotu tekoälyohjelmalla Gemini 2.5 Flash Image)

## Virtuaaliympäristöön sulautettu käyttöliittymä

Virtuaaliympäristöön sulautettu käyttöliittymä tarkoittaa käyttöliittymäratkaisua, jossa informaatio ei esiinny erillisinä paneelina vaan on integroitu osaksi virtuaaliympäristön objekteja ja toimintamalleja. Vuorovaikutus tällaisen käyttöliittymän kanssa tapahtuu saumattomasti ja intuitiivisesti, ilman keinotekoisia näppäinkomentoja tai valikoiden selaamista. (Anuyahong & Pengnate 2023.)

Luontevinta on, kun käyttöliittymä mukailee reaalimaailman toimintoja, jolloin käyttäjällä on sisäänrakennettu ymmärrys, miten hänen kuuluu toimia eri tilanteissa. Esimerkiksi ovi aukaistaan kääntämällä kahvasta, laite käynnistetään painamalla napista ja koneen osa vaihdetaan ottamalla se irti ja laittamalla uusi tilalle. Tietoa voi esittää esimerkiksi selatavien kirjojen tai kasettisoittimella toistettavien ääninauhujen avulla.

Parhaimmillaan virtuaaliympäristöön sulautettu käyttöliittymä on opettavainen kokemus. Esimerkiksi virtuaalinen akkuporakone voi olla käyttöliittymäelementti, jota tarkastelemalla käyttäjä saa selville laitteen, tehon, vääntömomentin, kunnon, pyörimissuunnan

sekä miten paljon koneessa on virtaa ja mikä terä siinä on kiinni. Tällä tavalla tietoa ei siis tarvitse esittää erillisissä valikoissa. Koneen terän ja akun vaihtaminen voidaan toteuttaa reaali maailmaa mukailleen niin, että käyttäjä avaa laitteesta terän ja akun lukituksen, vetää ne irti, ottaa toiset vastaavat käteen, asettaa ne paikoilleen ja varmistaa, että ne ovat kiinni. Näin toteutettuna käyttäjä perehtyy samalla laitteen oikeaan toimintaan ja voi hyödyntää oppimaansa todellisessa tilanteessa.

Virtuaaliympäristöön sulautettu käyttöliittymä ei sovellu kaikkiin tilanteisiin. Jos käyttäjälle on esitettävä suuri määrä tietoa ja valikoita tai käyttöliittymä vaatii monimutkaisia toimintoja, joilla ei välttämättä ole reaali maailmassa vastinparia, erilliset UI-paneelit voivat soveltua tarkoitukseen paremmin. Sulautettu käyttöliittymä on myös usein työläämpi suunnitella ja toteuttaa sekä vaatii käyttäjältä enemmän liikettä ja aikaa kuin UI-paneelit. (Anuyahong & Pengnate 2023; Mehmedova ym. 2025.)



Kuva 15. Käyttöliittymä kannattaa sulauttaa osaksi virtuaaliobjekteja. Objekteihin voidaan yhdistää myös UI-paneeleja (kuva luotu tekoälyohjelmalla Gemini 2.5 Flash Image)

## TAPAUSESIMERKKI

Walking Dead: Saints & Sinners -VR-peli yhdistää järkevästi sekä käyttöliittymäpaneeleja että ympäristöön sulautettua käyttöliittymää. Pelin päävalikot ovat osoittimella käytettäviä käyttöliittymäpaneeleita. Näin pelimekaniikkaan, grafiikkaan ja ääneen liittyviä valintoja voi muuttaa helposti ja käyttäjälle voidaan esittää kerralla suuri määrä vaihtoehtoja. (Skydance Interactive 2020.)

Itse pelin aikana suuri osa käyttöliittymästä yhdistyy ympäristön elementteihin. Tekstit ja kuvat esitetään muistikirjassa tai papereissa, joita voi tarkastella kädessä. Ääniohjeita voi kuunnella laittamalla radion päälle ja valitsemalla oikean taajuuden. Rannekellossa näkyy pelimaailman aika ja muuta pelaajan kannalta tärkeää tietoa. Lisää elämänpisteitä saa kietomalla sideharsoa käteen. Pelaajan selässä olevaan reppuun voi laittaa ja varastoida tavaroita myöhempää käyttöä varten. (Skydance Interactive 2020.)

Käyttöliittymäpaneeleita käytetään myös pelin aikana. Esimerkiksi hahmojen puheet saa näkyviin paneeliin, joka löyhästi seuraa pelaajan pään liikkeitä. Esineiden yhteydessä näytetään tietopaneeli, joka tulee näkyviin, kun käyttäjä ottaa esineen käteensä ja katsoo sitä. Repussa on käyttöliittymäpaneeli, joka näyttää repun sisällön siistissä ruudukossa, josta pelaajan on helppo valita ja ottaa käteensä tarvitsemansa asia. (Skydance Interactive 2020.)

## OPPIMISPISTE

**Hyvä VR-käyttöliittymä** on selkeä, intuitiivinen ja tukee kokemuksen immersiota kuormittamatta käyttäjää. Käyttöliittymäelementit kannattaa integroida osaksi virtuaaliympäristöä tai sijoittaa ympäristöön kolmiulotteisina objekteina. Näin vuorovaikutus käyttöliittymän kanssa tuntuu luonnolliselta ja VR-pahoinvoinnin riski pienenee.

**UI-paneelit** voidaan liittää ympäristön objekteihin ja aktivoida vain silloin, kun käyttäjä on esimerkiksi ensimmäistä kertaa vuorovaikutuksessa niiden kanssa. Näin saadaan yhdistettyä kummankin käyttöliittymän hyödyt immersiota rikkomatta.

## 5. MUUT VR-PAHOINVOINTIIN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

VR-pahoinvointiin vaikuttaa useita sellaisia tekijöitä, jotka eivät liity suoraan laitteistoon tai sovellussuunnitteluun. Osa niistä on suunnittelijan tai käyttäjän hallittavissa, kun taas osaan on vaikeampi vaikuttaa.

Keskeisimmät asiat tässä osiossa ovat:

- **Fyysinen ja henkinen kuormitus lisää pahoinvointioireiden todennäköisyyttä.**  
Pitkäkestoinen, intensiivinen tai kognitiivisesti vaativa VR-käyttö kasvattaa pahoinvoinnin riskiä. Tautot ja palautumismahdollisuudet ovat keskeisiä oireiden hallinnassa.
- **Käyttäjän vireystaso ja olotila vaikuttavat kokemuksen siedettävyyteen.**  
Väsymys, stressi ja kehon rasitus heikentävät kykyä sopeutua virtuaaliympäristöön, mikä voi johtaa pahoinvointiin erityisesti haastavissa tai epämukavissa VR-kokemuksissa.
- **Yksilölliset erot määrittävät pahoinvointiherkkyyttä.**  
Aiempi kokemus VR-sovelluksista, alttius matkapahoinvoinnille ja demografiset tekijät, kuten ikä ja sukupuoli, vaikuttavat siihen, miten todennäköisesti käyttäjä kokee pahoinvointia VR-kokemusten parissa.

### Aika

VR-kokemuksessa vietetty aika on yksi keskeisimmistä VR-pahoinvointia lisäävistä tekijöistä. Yleisesti voidaan todeta, että mitä pidempään käyttäjä altistuu VR-kokemukselle, sitä todennäköisemmin pahoinvointi alkaa tai voimistuu. Oireet voivat alkaa jo lyhyen, noin 5–15 minuutin altistuksen jälkeen. Jos käyttö jatkuu pahoinvoinnin oireista huolimatta, ne saavuttavat ensimmäisen huippunsa usein 40–60 minuutin kohdalla, minkä jälkeen ne saattavat hetkellisesti lievittyä. Jos VR-kokemus edelleen jatkuu, oireet voimistuvat pian uudelleen. (Chen & Weng, 2022).

Useat VR-laittevalmistajien ohjeistukset suosittelevat säännöllisiä taukoja. Tutkimusten mukaan lyhyet tauot (5–20 minuuttia) eivät riitä ehkäisemään oireiden alkamista tai poistamaan jo alkaneita oireita. Sen sijaan pitkät yli 40 minuutin tauot ovat tehokkaampia oireiden lievittämisessä (Clark ym. 2021; Jasper ym. 2020; Szpak ym. 2022).

Jasper ym. (2020) tutkimuksessa tehtyjen havaintojen mukaan lepo ja rauhoittuminen ovat tehokkaimpia keinoja oireiden poistamiseen, mutta käsi-silmäkoordinaatiota vaativien tehtävien tekeminen levon aikana ei nopeuta palautumista.

Lisäksi VR-ympäristössä pidettävät tauot vähentävät oireita mutta eivät niin tehokkaasti kuin ilman VR-laseja pidetyt tauot. Tämä viittaa siihen, että antamalla käyttäjälle VR-ympäristössä aikaa rauhoittua toiminnallisten osuukien välillä VR-pahoinvoinnin alkamista voi siirtää ja lievittää sen oireita. (Jasper ym. 2020.)

## Väsymys

Fyysinen ja henkinen väsymys eivät yksinään aiheuta VR-pahoinvointia, mutta ne lisäävät oireiden todennäköisyyttä ja voimakkuutta. Väsymykseen vaikuttavat muun muassa käytetty laitteisto, sovelluksen sisältö ja VR-ympäristössä vietetty aika. Unenpuute on erityisen merkittävä riskitekijä, ja siksi VR-laitteiden käyttöä on hyvä välttää valmiiksi väsyneenä. (Altena ym. 2019)

### Fyysinen väsymys

Fyysinen väsymys aiheutuu lihasten ja kehon rasituksesta ja heikentää kehon kykyä ylläpitää vakaata asentoa. Se voi lisätä VR-pahoinvoinnin riskiä erityisesti intensiivisissä ja runsaasti liikettä vaativissa kokemuksissa. Raskaat, epätasapainoiset tai huonosti istuvat VR-lasit voivat lisätä lihasrasitusta erityisesti niskan ja pään alueella. Tilanne pahenee, jos käyttäjä joutuu liikuttamaan paljon päätään VR-sovellusta käyttäessään. (Yan ym. 2019.)

VR-pahoinvoinnin ehkäisemiseksi varsinkin intensiivisten kokemusten kestoa kannattaa rajoittaa tai antaa käyttäjälle mahdollisuus lepo hetkiin. Myös istuma-asennossa toteutettavat VR-kokemukset vähentävät fyysistä kuormitusta ja parantavat kehon vakautta verrattuna seisoma-asentoon. (Yan ym. 2019; Zielasko & Riecke 2020.)

### Henkinen väsymys

Henkinen väsymys tarkoittaa kognitiivista ylikuormitusta, joka ilmenee tavallisesti ärtyneisyytenä, turhautumisena ja heikentyneenä suoriutumisenä. Henkinen väsymys voi lisätä VR-pahoinvointia erityisesti tilanteissa, joissa VR-kokemus vaatii voimakasta keskittymistä, nopeaa päätöksentekoa tai monimutkaista ajattelua. (Breves & Stein 2023; Nisiotis & Elia 2025.)

Merkittävin tekijä henkiseen väsymykseen on VR-kokemuksessa vietetty aika. Stressaavat, ahdistavat ja turhauttavat kokemukset voivat nopeuttaa henkisen kuormituksen

kertymistä. VR-kokemusten suunnittelussa pitäisikin tunnistaa elementit, jotka lisäävät kognitiivista kuormitusta, ja tarjota käyttäjälle mahdollisuus rauhoittumiseen ja palautumiseen. (Chattha ym. 2020; Jasper ym. 2020; Saredakis ym. 2020.)

## Ympäristön olosuhteet

Todellisen ympäristön olosuhteet vaikuttavat jossain määrin VR-kokemuksen laatuun ja VR-pahoinvoinnin riskiin. Keskeisiä tekijöitä ovat

- **lämpötila ja ilmanvaihto:** Liian kuuma tai huonosti tuuletettu tila voi lisätä epämukavuutta ja pahoinvointia. (Park ym. 2024.)
- **taustääänet:** Häiritsevät äänet voivat aiheuttaa aistiritiriitä ja stressiä sekä heikentää immersiota.
- **turvallinen käyttöalue:** Käyttöalueen täytyy olla riittävän suuri ja esteetön. Turva-alueen asianmukainen määrittely vähentää käyttäjän alitajuista varovaisuutta ja tukee immersiiivistä kokemusta. (van Gemert ym. 2025.)



Kuva 16. Ympäristön olosuhteet voivat lisätä VR-kokemuksen epämukavuutta (kuva luotu tekoälyohjelmalla Gemini 2.5 Flash Image)

## Yksilölliset tekijät

VR-pahoinvoinnin esiintymiseen vaikuttavat useat yksilölliset ominaisuudet. Näistä keskeisimpiä ovat herkkyys matkapahoinvoinnille, aiempi kokemus VR-sovelluksista ja peleistä, ikä sekä sukupuoli.

### Herkkyys matkapahoinvoinnille

Yksilön taipumus kokea matkapahoinvointia on merkittävä VR-pahoinvoinnin riskitekijä. Henkilöt, jotka kokevat voimakasta matkapahoinvointia, ovat muita todennäköisemmin alttiita myös voimakkailla VR-pahoinvointioireille. (Chang ym. 2020; Grassini ym. 2021.)

Matkapahoinvoinnin hoitoon käytettävät lääkkeet voivat lievittää myös VR-pahoinvoinnin oireita (Chaumillon ym. 2017). Kaikki lääkkeet voivat aiheuttaa haittavaikutuksia. Siksi on perusteltua arvioida, onko VR-kokemuksen käyttö mielekästä, jos se edellyttää lääkinnällistä tukea ollakseen siedettävää.

Inkivääriä on tutkittu matkapahoinvoinnin lievittäjänä, ja sen on havaittu vähentävän oireita joillakin henkilöillä. Inkiväärin käyttöä on kokeiltu myös VR-pahoinvoinnin yhteydessä, mutta sen tehosta ei ole saatu vakuuttavaa tutkimusnäyttöä. (Lien ym. 2003.)

## **Aiempi kokemus VR-sovelluksista ja simulaatioista**

Aiempi kokemus VR-sovelluksista vähentää VR-pahoinvoinnin riskiä ja lieventää oireiden voimakkuutta (Kourtesis ym. 2024). Myös aiemmat kokemukset perinteisistä simulaatioista ja videopeleistä voi tarjota suojaavaa vaikutusta (Dvořák ym. 2024).

Palmisanon ja Constablen (2022) mukaan aiemman kokemuksen vaikutus on osittain sovelluskohtainen. Entuudestaan tuntematon VR-sovellus voi siis aiheuttaa enemmän pahoinvointia kuin sovellus, josta käyttäjällä on aiempaa kokemusta. Kuitenkin lyhytkin kokemus yksinkertaisista ja rauhallisista VR-sovelluksista voi helpottaa siirtymistä monimutkaisempiin ja nopeatempoisempiin kokemuksiin (Adhanom ym. 2022).

## **Ikä**

Ikä vaikuttaa jossain määrin VR-pahoinvoinnin riskiin, mutta tutkimustulokset ovat sen suhteen ristiriitaisia. Joidenkin tutkimusten mukaan alle 40-vuotiaat testihenkilöt raportoivat keskimäärin vähemmän pahoinvointiin liittyviä oireita kuin yli 40-vuotiaat (Islam & Lim 2024; Kim ym. 2021). Toisissa tutkimuksissa taas on havaittu, että 40–60-vuotiaat testihenkilöt kokevat vähemmän pahoinvointioireita kuin nuoremmat (Drazich ym. 2023; Saredakis ym. 2020). Lisää tutkimusta tarvitaan siitä, miten ikä vaikuttaa VR-pahoinvoinnin syntyyn.

## **Sukupuoli**

Joidenkin tutkimusten mukaan naiset ovat hieman alttiimpia VR-pahoinvoinnille kuin miehet. Syitä tähän ei ole toistaiseksi pystytty yksiselitteisesti selittämään, ja tutkimustulokset ovat osin ristiriitaisia. Mahdollisiksi syiksi on esitetty muun muassa naisten laajempaa näkökenttää, hormonaalisia eroja, vähäisempää peli- ja VR-kokemusta sekä sitä, että VR-testilaitteistossa on huonosti kohdistettu silmien välinen etäisyys. (Bannigan ym. 2024; Firdaus ym. 2024; Grassini ym. 2021; Rangelova ym. 2020; Stanney ym. 2020.)

## OPPIMISPISTE

VR-pahoinvointi ei riipu pelkästään laitteista tai sovelluksesta vaan myös ympäristön olosuhteista ja käyttäjään liittyvistä tekijöistä. Mitä pidempään ja kuormittavammassa olosuhteissa VR-kokemuksia käytetään, sitä suurempi on pahoinvoinnin riski. Myös käyttäjän kokemattomuus ja pahoinvointiherkyys lisäävät riskiä. Hyvä palautuminen ja käyttäjän yksilöllisten ominaisuuksien ottaminen huomioon ovat keskeisiä oireiden hallinnassa.

## 6. YHTEENVETO JA TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

Virtuaalitodellisuuspahoinvointi on monimuotoinen ilmiö, joka syntyy pääasiassa ristiriidasta virtuaaliympäristön ja todellisen maailman aistimusten välillä.

VR-pahoinvointia selittävät keskeisiä teorioita ovat aistikonfliktiteoria, asennon epävaikausteoria ja monimuototarkkuusteoria, jotka tarjoavat kattavan viitekehyksen VR-pahoinvoinnin ymmärtämiseen. Teorioiden mukaan pahoinvointi syntyy, kun visuaaliset, kinesteettiset eli liikeaistimukseen liittyvät ja auditiiviset aistimukset eivät vastaa käyttäjän odotuksia reaali maailman kokemuksista, eivät tarjoa tarpeeksi luotettavaa informaatiota kehon tasapainon ylläpitämiseen tai eivät ole keskenään laadullisesti johdonmukaisia. Nämä teoriat eivät kuitenkaan selitä VR-pahoinvoinnin syntyä kaikissa tapauksissa, minä vuoksi lisää tutkimusta tarvitaan.

On olennaista käyttää teoreettista viitekehystä apuna tunnistamaan tilanteet, jotka voivat aiheuttaa aistiristiriitaa ja sitä kautta pahoinvointia käyttäjälle. Tärkeimpiä käytännön ratkaisuja ovat muun muassa korkean virkistystaajuuden ja matalan latenssin varmistaminen, näkökentän laajuuden hallinta, monimuotoisen ja yhdenmukaisen aistipalautteen tarjoaminen sekä liikkumisratkaisujen huolellinen valinta, esimerkiksi teleportaatio, asteittainen rotaatio. Lisäksi erilaiset käyttöliittymäratkaisut vaikuttavat merkittävästi käyttäjän mukavuuteen ja VR-pahoinvoinnin syntyyn.

VR-pahoinvoinnin ehkäisyyn VR-kokemuksissa ei ole yksittäistä helppoa tietä, vaan se vaatii kokonaisvaltaista suunnitteluprosessia. Suunnittelijan on perehdyttävä muun muassa laitteiston ominaisuuksiin, sovelluksen sisältöön sekä käyttäjien fyysiseen ja kognitiiviseen kuormitukseen ja yksilöllisiin eroihin. Kun nämä ovat osa suunnittelijan työtä, VR-kokemuksista saadaan mahdollisimman saavutettavia ja miellyttäviä laajalle käyttäjäkunnalle.

VR-tekniikan kehittyessä korostuvat adaptiivisten, käyttäjäkohtaisesti mukautuvien ratkaisujen merkitys. VR-lasien, haptista palautetta antavien laitteiden ja uudenlaisten ohjainten kehitys mahdollistavat entistä immersivisempien kokemusten luomisen. Seuraava askel on kehittää älykkäitä järjestelmiä, jotka tunnistavat käyttäjän pahoinvointialttiuden reaaliaikaisesti ja mukauttavat kokemusta sen mukaan. Näin voidaan edistää VR-tekniikan laajempaa käyttöönottoa esimerkiksi koulutuksessa, terveydenhuollossa ja simulaatiopohjaisessa oppimisessa.

## 7. HANKEYHTEISTYÖ

Tämä julkaisu on tehty osana Game Tech Kymenlaakso -hanketta. Julkaisuun kerättyjä oppeja hyödynnetään hankkeen virtuaaliympäristöissä ja tuodaan myös avoimesti kaikkien saataville.

Game Tech Kymenlaakso -hankkeessa kehitetään Kotkan kaupungista virtuaalinen kaupunkimalli, joka toimii älykkään suunnittelun, simulaatioiden ja teknologisten ratkaisujen alustana. Mallia hyödynnetään myös hankkeessa toteutettavan ambulanssisimulaattorin harjoitteluympäristönä. Ambulanssisimulaattori käyttää fyysistä ajosimulaattorijärjestelmää yhdessä XR-tekniikan kanssa, mikä mahdollistaa realistiset ja turvalliset harjoitusskenaariot. Hankkeessa toteutetaan lisäksi pienempiä peliteknologisia ratkaisuja Kotkan kantatasaman ja laajemmin Kymenlaakson yritysten tueksi.

Game Tech Kymenlaakso -hanke on Euroopan unionin osarahoittama ja saa rahoitusta Kymenlaakson liitolta. Hanketta toteuttaa Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Hankkeen kokonaisbudjetti on 681 943 euroa, josta Euroopan unionin rahoitusosuus on 477 360 euroa.

Hankkeen kesto: 1.9.2024–31.12.2026.



**Euroopan unionin  
osarahoittama**

**KYMEN  
LAAKSON  
LIITTO**



# LÄHTEET

Adhanom, I., Griffin, N., MacNeillage, P., & Folmer, E. 2020. The Effect of a Foveated Field-of-view Restrictor on VR Sickness. *IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. Verkkojulkaisu. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/VR46266.2020.00087> [viitattu 11.8.2025].

Adhanom, I., Halow, S., Folmer, E. & MacNeillage, P. 2022. VR Sickness Adaptation With Ramped Optic Flow Transfers From Abstract To Realistic Environments. *Frontiers in Virtual Reality* 3, 848001. Verkkojulkaisu. Saatavissa: <https://doi.org/10.3389/frvir.2022.848001> [viitattu 10.12.2024].

Alanko, Suvi. 2023. Comparing Inside-out and Outside-in Tracking in Virtual Reality. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Tieto- ja viestintätekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2023120434086> [viitattu 11.8.2025].

Altena E., Daviaux Y. & Sanz-Arigita E. 2019. How sleep problems contribute to simulator sickness: Preliminary results from a realistic driving scenario. *Journal of Sleep Research*, 28:e12677. Verkkojulkaisu. Saatavissa: <https://doi.org/10.1111/jsr.12677> [viitattu 19.8.2025].

amolyus. s.a. Apple Vision Pro VR Headset side view - isolated transparent PNG. Education license, Editorial Use Only. Adobe Stock. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://stock.adobe.com/fi/images/apple-vision-pro-vr-headset-side-view-isolated-transparent-png/716084090?prev\\_url=detail](https://stock.adobe.com/fi/images/apple-vision-pro-vr-headset-side-view-isolated-transparent-png/716084090?prev_url=detail) [viitattu 11.8.2025].

Anderton, C., Creed, C., Sarcar, S. & Theil, A. 2024. From Teleportation to Climbing: A Review of Locomotion Techniques in the Most Used Commercial Virtual Reality Applications. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 41(4), 1946–1966. Verkkojulkaisu. Saatavissa: <https://doi.org/10.1080/10447318.2024.2372151> [viitattu 19.8.2025].

Ang S. & Quarles J. 2023. Reduction of cybersickness in head mounted displays use: A systematic review and taxonomy of current strategies. *Frontiers in Virtual Reality*, Volume 4. Verkkojulkaisu. Saatavissa: <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1027552> [viitattu 21.8.2025].

Ang, S. & Quarles, J. 2022. You're in for a Bumpy Ride! Uneven Terrain Increases Cybersickness While Navigating with Head Mounted Displays. *2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, 428–435. Konferenssijulkaisu. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/VR51125.2022.00062> [viitattu 21.8.2025].

Anua, M., Ismail, I., Shapri, N., Hamzah, W., Amin, M. & Karim, F. 2023. Validate the Users' Comfortable Level in the Virtual Reality Walkthrough Environment for Minimizing Motion Sickness. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)* 14, 539–547. Verkkolehti. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2023.0140459> [viitattu 9.12.2024].

Anuyahong, B. & Pengnate, W. 2023. Exploring the Impact of User Interface Design on User Experience in Unity VR Games. *International Journal of Scientific Research in Computer Science and Engineering*, 11(4). Verkkolehti. Saatavissa: <https://ijsrcse.isroset.org/index.php/j/article/view/535> [viitattu 25.8.2025].

Arshad, I., De Mello, P., Ender, M., McEwen, J. & Ferré, E. 2022. Reducing Cybersickness in 360-Degree Virtual Reality. *Multisensory Research* 35, 203–219. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1163/22134808-bja10066> [viitattu 9.12.2024].

Bannigan, G., de Sousa, A., Scheller, M., Finnegan, D. & Proulx, M. 2024. Potential factors contributing to observed sex differences in virtual-reality-induced sickness. *Experimental Brain Research* 242, 463–475. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s00221-023-06760-0> [viitattu 11.12.2024].

Bigoin, N., Porte, J., Kartiko, I. & Kavakli, M. 2004. Effects of Depth Cues on Simulator Sickness. *1st International ICST Conference on Immersive Telecommunications & Workshops*. Konferenssijulkaisu. Saatavissa: <https://doi.org/10.4108/ICST.IM-MERSCOM2007.2278> [viitattu 21.8.2025].

Bos, J., Bles, W. & Groen, E. 2008. A theory on visually induced motion sickness. *Displays* 1, 47–57. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.displa.2007.09.002> [viitattu 11.12.2024].

Bosman, I., Buruk, O., Jørgensen, K. & Hamari, J. 2023. The effect of audio on the experience in virtual reality: a scoping review. *Behaviour & Information Technology*, 43(1), 165–199. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1080/0144929X.2022.2158371> [viitattu 21.8.2025].

Breves P. & Stein J. 2023. Cognitive load in immersive media settings: the role of spatial presence and cybersickness. *Virtual Reality*, 27, 1077–1089. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s10055-022-00697-5> [viitattu 19.8.2025].

Brown, R. 2025. VRcompare - The Internet's Largest VR & AR Headset Database. Verkkosivusto. Saatavissa: <https://vr-compare.com/> [viitattu 20.10.2025].

Budhiraja, P., Miller, M., Modi, A. & Forsyth, D. 2017. Rotation Blurring: Use of Artificial Blurring to Reduce Cybersickness in Virtual Reality First Person Shooters. arXiv:1710.02599. Verkkójulkaisu. Saatavissa: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1710.02599> [viitattu 21.8.2025].

Carnegie, K. ja Rhee, T. 2015. Reducing Visual Discomfort with HMDs Using Dynamic Depth of Field. *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 35, no. 5. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/MCG.2015.98> [viitattu 8.8.2025].

Caserman, P., Garcia-Agundez, A., Gámez Zerban, A. & Göbel, S. 2021. Cybersickness in current-generation virtual reality head-mounted displays: systematic review and outlook. *Virtual Reality* 4, 1153–1170. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00513-6> [viitattu 10.12.2024].

Chang, E., Kim, H., & Yoo, B. 2020. Virtual Reality Sickness: A Review of Causes and Measurements. *International Journal of Human–Computer Interaction* 17, 1658-1682. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1778351> [viitattu 9.12.2024].

Chang, J. S.-K., Yeboah, G., Doucette, A., Clifton, P., Nitsche, M., Welsh, T. & Mazalek, A. 2017. TASC: Combining Virtual Reality with Tangible and Embodied Interactions to Support Spatial Cognition. *Proceedings of the 2017 Conference on Designing Interactive Systems*. Konferenssijulkaisu. Saatavissa: <https://doi.org/10.1145/3064663.3064675> [viitattu 14.10.2025].

Chattha, U., Janjua, U., Anwar, F., Madni, T., Cheema, M. & Janjua, S. 2020. Motion Sickness in Virtual Reality: An Empirical Evaluation. *IEEE Access*, 8. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3007076> [viitattu 10.12.2024].

Chen, S. & Weng, D. 2022. The temporal pattern of VR sickness during 7.5-h virtual immersion. *Virtual Reality* 26, 817-822. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00592-5> [viitattu 10.12.2024].

Clark, R., Szpak, A., Michalski, S. & Loetscher, T. 2021. Rest Intervals during Virtual Reality Gaming Augments Standing Postural Sway Disturbance. *Sensors* 20, 6817. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/s21206817> [viitattu 11.12.2024].

Cloudhead Games. 2019. Pistol Whip. Videopeli. Kanada: Cloudhead Games [viitattu 15.12.2025].

Conner, N., Freeman, H., Jones, J., Luczak, T., Carruth, D., Knight, A., & Chander, H. 2022. Virtual Reality Induced Symptoms and Effects: Concerns, Causes, Assessment & Mitigation. *Virtual Worlds* 2, 130-146. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/virtualworlds1020008> [viitattu 9.12.2024].

Davis, S., Nesbitt, K. & Nalivaiko, E. 2015. Comparing the onset of cybersickness using the Oculus Rift and two virtual roller coasters. *Proceedings of the 11th Australasian Conference on Interactive Entertainment (IE 2015), Sydney*. Konferenssijulkaisu. Saatavissa: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:54877139> [viitattu 21.8.2025].

Dorado, J. & Figueroa, P. 2014. Ramps are better than stairs to reduce cybersickness in applications based on a HMD and a Gamepad. *2014 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)*, 47–50. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/3DUI.2014.6798841> [viitattu 21.8.2025].

Drazich, B., Gorman, E., McPherson, R., Galik, E., Resnick, B., Chan, T. & Teleb, J. 2023. In too deep? A systematic literature review of fully immersive virtual reality and cybersickness among older adults. *Journal of the American Geriatrics Society* 12, 3906-3915. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1111/jgs.18553> [viitattu 11.12.2024].

Duan, J., Li, C., Yang, G., Qu, C., Chang, E., Zhang, Z., & Che, X. 2023. Study of Cybersickness in Augmented Reality Railway Inspections Applications. *IEEE Access* 12, 143252-143262. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3421660> [viitattu 10.12.2024].

Dvořák, M., Holub, O., Lochmannová, A. & Hořejší, P. 2024. Virtual Reality Sickness and its Impact on the Effectiveness of Virtual Reality Training. *J. Electrical Systems* 20-10s, 2469-2477. Verkkolehti. Saatavissa: [https://www.researchgate.net/publication/383311510\\_Virtual\\_Reality\\_Sickness\\_and\\_its\\_Impact\\_on\\_the\\_Effectiveness\\_of\\_Virtual\\_Reality\\_Training](https://www.researchgate.net/publication/383311510_Virtual_Reality_Sickness_and_its_Impact_on_the_Effectiveness_of_Virtual_Reality_Training) [viitattu 9.12.2024].

Firdaus, R., Tantri, A. & Manggala, S. 2024. Factors Influencing Virtual Reality Sickness in Emergency Simulation Training. *Medical Science Educator*. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s40670-024-02102-z> [viitattu 11.12.2024].

Grassini, S., Laumann, K. & Luzi, A. K. 2021. Association of Individual Factors with Simulator Sickness and Sense of Presence in Virtual Reality Mediated by Head-Mounted Displays (HMDs). *Multimodal Technologies and Interaction* 5, 7. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/mti5030007> [viitattu 11.12.2024].

Hameed, A., Möller, S. & Perkis, A. 2023. How good are virtual hands? Influences of input modality on motor tasks in virtual reality. *Journal of Environmental Psychology*, 92. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2023.102137> [viitattu 12.8.2025].

Hong, Y., MacQuarrie, A. & Steed, A. 2018. The effect of chair type on users' viewing experience for 360-degree video. *Proceedings of the 24th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, Article 30, 1–11. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1145/3281505.3281519> [viitattu 12.8.2025].

Hypervision. 2025. VR/MR Evolution to Pancake Lenses. Verkkosivusto. Saatavissa: <https://www.hypervision.ai/tech-research/pancake-lens-principle> [viitattu 8.8.2025].

Interaction Design Foundation - IxDF. 2025. What is Spatial Audio? Verkkosivusto. <https://www.interaction-design.org/literature/topics/spatial-audio> [viitattu 12.8.2025].

Islam M. & Lim S. 2024. Sex and Age Differences in Virtual Reality (VR) Sickness Susceptibility in Forklift Driving Simulation. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 68(1), 1206–1208. Konferenssijulkaisu. Saatavissa: <https://doi.org/10.1177/10711813241268855> [viitattu 19.8.2025].

Jasper, A., Cone, N., Meusel, C., Curtis, M., Dorneich, M. & Gilbert, S. 2020. Visually Induced Motion Sickness Susceptibility and Recovery Based on Four Mitigation Techniques. *Frontiers in Virtual Reality* 1, 582108. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3389/frvir.2020.582108> [viitattu 10.12.2024].

Jeon, H., Park, S., Lee, Y., Kim, H. K., Hussain, M. & Park, J. 2020. Factors Affecting Motion Sickness in an Augmented Reality Environment. *ACHI 2020: The Thirteenth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions*, 439–442. Konferenssijulkaisu. Saatavissa: [https://personales.upv.es/thinkmind/ACHI/ACHI\\_2020/achi\\_2020\\_5\\_510\\_20200.html](https://personales.upv.es/thinkmind/ACHI/ACHI_2020/achi_2020_5_510_20200.html) [viitattu 9.12.2024].

Kelkkanen, V., Lindero, D., Fiedler, M. & Zepernick, H.-J. 2023. Hand-Controller Latency and Aiming Accuracy in 6-DOF VR. *Advances in Human-Computer Interaction*. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1155/2023/1563506> [viitattu 10.12.2024].

Kelly, J., Doty, T., Gilbert, S. & Dorneich, M. 2025. Field of View Restriction and Snap Turning as Cybersickness Mitigation Tools. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 31(9), 5704–5712. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/TVCG.2024.3470214> [viitattu 19.8.2025].

Kern, A. & Ellermeier, W. 2020. Audio in VR: Effects of a Soundscape and Movement-Triggered Step Sounds on Presence. *Frontiers in Robotics and AI*, 7:20. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3389/frobt.2020.00020> [viitattu 12.8.2025].

Keshavarz, B. & Hecht, H. 2014. Pleasant music as a countermeasure against visually induced motion sickness. *Applied Ergonomics*, 45(3), 521–527. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.07.009> [viitattu 12.8.2025].

Keshavarz, B., Murovec, B., Mohanathas, N., & Golding, J.F. 2023. The Visually Induced Motion Sickness Susceptibility Questionnaire (VIMSSQ): Estimating Individual Susceptibility to Motion Sickness-Like Symptoms When Using Visual Devices. *Human Factors* 1, 107–124. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1177/00187208211008687> [viitattu 9.12.2024].

Khundam, C. 2021. A study on usability and motion sickness of locomotion techniques for virtual reality. *ECTI Transactions on Computer and Information Technology* 3, 347-362. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.37936/ecti-cit.2021153.240834> [viitattu 9.12.2024].

Kim, H., Kim, D. J., Chung, W., Park, K.-A., Kim, J., Kim, D., Kim, K. & Jeon, H. 2021. Clinical predictors of cybersickness in virtual reality (VR) among highly stressed people. *Scientific Reports* 11, 12139. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-91573-w> [viitattu 11.12.2024].

Kim, J., Kim, S. & So, G. 2016. The Modeling of Color Fatigue in 3-Dimensional Stereoscopic Video. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, 8(3). Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.7763/IJCTE.2016.V8.1049> [viitattu 21.8.2025].

Kourtesis, P., Collina, S., Dumas, L.A.A. & MacPherson, S.E. 2019. Technological Competence Is a Pre-condition for Effective Implementation of Virtual Reality Head Mounted Displays in Human Neuroscience: A Technological Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Human Neuroscience* 13:342. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00342> [viitattu 8.8.2025].

Kourtesis, P., Papadopoulou, A. & Roussos, P. 2024. Cybersickness in Virtual Reality: The Role of Individual Differences, Its Effects on Cognitive Functions and Motor Skills, and Intensity Differences during and after Immersion. *Virtual Worlds* 1, 62-93. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/virtualworlds3010004> [viitattu 11.12.2024].

Kundu, R., Rahman, A. & Paul, S. 2021. A study on sensor system latency in VR motion sickness. *Journal of Sensor and Actuator Networks* 10, 53. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/jsan10030053> [viitattu 9.12.2024].

Lang, B. 2024. Vision Pro and Quest 3 Hand-tracking Latency Compared. Road to VR. WWW-dokumentti. Päivitetty 28.3.2024. Saatavissa: <https://www.roadtovr.com/apple-vision-pro-meta-quest-3-hand-tracking-latency-comparison/> [viitattu 10.12.2024].

Lien H.C., Sun W.M., Chen Y.H., Kim H., Hasler W. & Owyang C. 2003. Effects of ginger on motion sickness and gastric slow-wave dysrhythmias induced by circularvection. *American Journal of Physiology - Gastrointestinal and Liver Physiology*, 284, 3. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00164.2002> [viitattu 19.8.2025].

Lim, K., Lee, J., Won, K., Kala, N. & Lee, T. 2021. A novel method for VR sickness reduction based on dynamic field of view processing. *Virtual Reality* 25, 331–340. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00457-3> [viitattu 9.12.2024].

Lin, J., Duh, H., Parker, D., Abi-Rached, H. & Furness, T. 2002. Effects of field of view on presence, enjoyment, memory, and simulator sickness in a virtual environment. *Proceedings IEEE Virtual Reality 2002*, 164–171. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/VR.2002.996519> [viitattu 13.8.2025].

Liu, S.-H., Yu, N.-H., Chan, L., Peng, Y.-H., Sun, W.-Z. & Chen, M. 2019. PhantomLegs: Reducing Virtual Reality Sickness Using Head-Worn Haptic Devices. *IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces*, 817–826. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/VR.2019.8798158> [viitattu 12.8.2025].

Lou, R., Mérienne, F., So, R., Chan, T.-T. & Bechmann, D. 2022. Geometric simplification for reducing optic flow in VR. *2022 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)*, 682–685. Konferenssijulkaisu. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/ISMAR-Adjunct57072.2022.00142> [viitattu 21.8.2025].

Luong, T., Cheng, Y., Möbus, M., Fender, A., & Holz, C. 2023. Controllers or Bare Hands? A Controlled Evaluation of Input Techniques on Interaction Performance and Exertion in Virtual Reality. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. Verkkolehti. Saatavissa: [https://siplab.org/projects/Controllers\\_or\\_Bare\\_Hands](https://siplab.org/projects/Controllers_or_Bare_Hands) [viitattu 12.8.2025].

Mashal, S., Kranz, M. & Hölzl, G. (2020). Do You Feel Like Flying? A Study of Flying Perception in Virtual Reality for Future Game Development. *IEEE Computer Graphics and Applications*. pp. 1-1. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/MCG.2020.2997870> [viitattu 12.8.2025].

Mehmedova, E., Berrezueta-Guzman, S. & Wagner, S. 2025. Virtual Reality User Interface Design: Best Practices and Implementation. *arXiv:2508.09358v1*. PDF-Dokumentti. Saatavissa: <https://arxiv.org/abs/2508.09358v1> [viitattu 22.8.2025].

Meta. 2024. Key considerations. Verkkosivusto. Saatavissa: <https://developers.meta.com/horizon/design/mr-design-guideline/> [viitattu 30.12.2024].

Moore, C., & Lages, W. S. (2023). Planning Locomotion Techniques for Virtual Reality Games. In *29th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST 2023)*, October 09–11, 2023, Christchurch, New Zealand. ACM. Konferenssijulkaisu. Saatavissa: <https://doi.org/10.1145/3611659.3615711> [viitattu 10.12.2024].

Ng, A., Chan, L. & Lau, H. 2020. A study of cybersickness and sensory conflict theory using a motion-coupled virtual reality system. *Displays*, 61, 101922. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.displa.2019.08.004> [viitattu 10.12.2024].

Nisiotis L. & Elia K. 2025. Evaluating a VR Game Featuring Optical Illusion Challenges: A Study on Workload, VR Sickness, and User Experience. *IEEE Transactions on Games*. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/TG.2025.3594061> [viitattu 19.8.2025].

Palmisano, S. & Constable, R. 2022. Reductions in sickness with repeated exposure to HMD-based virtual reality appear to be game-specific. *Virtual Reality* 26, 1373–1389. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s10055-022-00634-6> [viitattu 9.12.2024].

Park, M., Yun, K. & Kim, G. 2022. Focused Area of Movement as an Effective Rest Frame for Reducing VR Sickness. *2022 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)*, 712–713. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/ISMAR-Adjunct57072.2022.00149> [viitattu 21.8.2025].

Park, S., Han, B. & Kim, G. 2022. Mixing in Reverse Optical Flow to Mitigate Vection and Simulation Sickness in Virtual Reality. *CHI 2022 - Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Artikkelin 189. Konferenssijulkaisu. Saatavissa: <https://doi.org/10.1145/3491102.3501847> [viitattu 21.8.2025].

Park, S., Son, S., Kim, J. & Kim, G. 2024. The Effect of Directional Airflow toward Vection and Cybersickness. *IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, 839–848. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/VR58804.2024.00103> [viitattu 12.8.2025].

Peng, Y., Yu, C., Liu, S., Wang, C., Taelle, P., Yu, N. & Chen, M. 2020. WalkingVibe: Reducing Virtual Reality Sickness and Improving Realism while Walking in VR using Unobtrusive Head-mounted Vibrotactile Feedback. *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Konferenssijulkaisu. Saatavissa: <https://doi.org/10.1145/3313831.3376847> [viitattu 21.8.2025].

PixieMe. s.a. Meta oculus quest 3 vr headset. Education license, Editorial Use Only. Adobe Stock. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://stock.adobe.com/fi/images/meta-oculus-quest-3-vr-headset/759191233> [viitattu 11.8.2025].

Prithul, A., Lynam, H. & Folmer, E. 2024. Performance and Navigation Behavior of using Teleportation in VR First-Person Shooter Games. *ACM Games* 3, 24. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1145/3661133> [viitattu 10.12.2024].

Rangelova, S., Rehm, K., Diefenbach, S., Motus, D., & André, E. 2020. Gender Differences in Simulation Sickness in Static vs. Moving Platform VR Automated Driving Simulation. In H. Krömker (Ed.), *HCI 2020: Human-Computer Interaction. Interaction in Context*, 146-165. Springer. Konferenssijulkaisu. Saatavissa: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-50523-3\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-50523-3_11) [viitattu 11.12.2024].

Ready At Dawn. 2017. Lone Echo. Videopeli. Irvine, Kalifornia, Yhdysvallat: Ready At Dawn [viitattu 15.12.2025].

Reason, J. T. 1969. Motion sickness—some theoretical considerations. *International Journal of Man-Machine Studies*, 1(1), 21–38. Verkkolehti. Saatavissa: [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(69\)80009-X](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(69)80009-X) [viitattu 11.12.2024].

Riccio, G. & Stoffregen, T. 1991. An ecological Theory of Motion Sickness and Postural Instability. *Ecological Psychology* 3, 195-240. Verkkolehti. Saatavissa: [https://doi.org/10.1207/s15326969eco0303\\_2](https://doi.org/10.1207/s15326969eco0303_2) [viitattu 11.12.2024].

Ronni, O. 2025. *WiFi Streaming in Virtual Reality Headset Applications: Technical Challenges and Solutions*. Opinnäytetyö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202503264974> [viitattu 8.8.2025].

Saredakis, D., Szpak, A., Birkhead, B., Keage, H., Rizzo, A., & Loetscher, T. 2020. Factors Associated With Virtual Reality Sickness in Head-Mounted Displays: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Human Neuroscience* 14, 96. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00096> [viitattu 9.12.2024].

Sawada, Y., Itaguchi, Y., Hayashi, M., Aigo, K., Miyagi, T., Miki, M., Kimura, T. & Miyazaki, M. 2020. Effects of synchronised engine sound and vibration presentation on visually induced motion sickness. *Scientific Reports* 10, 7553. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64302-y> [viitattu 10.12.2024].

Senel, G., Oliva, R., Sanchez-Vives, M. & Slater, M. 2023. Moderating Virtual Reality Simulator Sickness by Changes in Brightness. *Event Lab, University of Barcelona*. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://publicationslist.org/data/melslater/ref-424/paper3.pdf> [viitattu 9.12.2024].

Seok, K.-H., Kim, Y., Son, W. & Kim, Y. 2021. Using Visual Guides to Reduce Virtual Reality Sickness in First-Person Shooter Games: Correlation Analysis. *JMIR Serious Games* 3, e18020. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.2196/18020> [viitattu 10.12.2024].

Simón-Vicente, L., Rodríguez-Cano, S., Delgado-Benito, V., Ausín-Villaverde, V. & Cubo Delgado, E. 2024. Cybersickness. A systematic literature review of adverse effects related to virtual reality. *Neurología* 39(8), 701–709. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2022.04.009> [viitattu 9.12.2024].

Skydance Interactive. 2020. *The Walking Dead: Saints & Sinners*. Videopeli. Marina del Rey, Kalifornia, Yhdysvallat: Skydance Interactive [viitattu 15.12.2025].

Song, Y., Liu, Y. & Yan, Y. 2019. The Effects of Center of Mass on Comfort of Soft Belts Virtual Reality Devices. *Advances in Ergonomics in Design. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 777. Konferenssijulkaisu. Saatavissa: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-94706-8\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-319-94706-8_35) [viitattu 11.8.2025].

Stallo, P., Kardong-Egren, S. & Bauman, E. 2024. The Impact of Virtual Reality Headset Selection on Cybersickness Severity. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ssih.org/news/impact-virtual-reality-headset-selection-cybersickness-severity> [viitattu 8.8.2025].

Stanney K., Fidopiastis C. & Foster L. 2020. Virtual Reality Is Sexist: But It Does Not Have to Be. *Frontiers in Robotics and AI*, Volume 7. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3389/frobt.2020.00004> [viitattu 19.8.2025].

Stanney, K. & Hale, K. 2014. *Handbook of Virtual Environments: Design, Implementation, and Applications*, Second Edition. Boca Raton: CRC Press. E-kirja. Saatavissa: <https://doi.org/10.1201/b17360> [viitattu 11.8.2025].

Stauffert, J.-P., Niebling, F. & Latoschik, M. 2020. Latency and Cybersickness: Impact, Causes, and Measures. A Review. *Frontiers in Virtual Reality* 1, 582204. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3389/frvir.2020.582204> [viitattu 10.12.2024].

Superhot Team. 2016. *Superhot VR*. Videopeli. Lodz, Puola: Superhot Team [viitattu 15.12.2025].

Szpak, A., Michalski, S. & Loetscher, T. 2020. Exergaming With Beat Saber: An Investigation of Virtual Reality Aftereffects. *Journal of Medical Internet Research* 10, e19840. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.2196/19840> [viitattu 9.12.2024].

Szpak, A., Richards, A., Michalski, S. & Loetscher, T. 2022. Getting the Most out of Virtual Reality: Evaluating Short Breaks to Reduce Cybersickness and Cognitive Aftereffects. *IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VRW)*. Konferenssijulkaisu. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/VRW55335.2022.00119> [viitattu 11.12.2024].

thaiprayboy. s.a. Adult Man Holding Virtual Reality Game Controllers on iSolated White Background, Futuristic Game Innovation. Education license, Editorial Use Only. Adobe Stock. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://stock.adobe.com/images/adult-man-holding-virtual-reality-game-controllers-on-isolated-white-background-futuristic-game-innovation/594643167?prev\\_url=detail](https://stock.adobe.com/images/adult-man-holding-virtual-reality-game-controllers-on-isolated-white-background-futuristic-game-innovation/594643167?prev_url=detail) [viitattu 11.8.2025].

van Gemert, T., Knibbe, J. & Velloso, E. 2025. How your Physical Environment Affects Spatial Presence in Virtual Reality. *Proceedings of the 2025 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Article 606, 1–16. Konferenssijulkaisu. Saatavissa: <https://doi.org/10.1145/3706598.3714114> [viitattu 12.8.2025].

Varjo. 2025. What is Foveated Rendering? Verkkosivusto. Saatavissa: <https://varjo.com/learning-hub/foveated-rendering/> [viitattu 8.8.2025].

Wang, J., Shi, R., Xiao, Z., Qin, X. & Liang, H.-N. 2022. Effect of Render Resolution on Gameplay Experience, Performance, and Simulator Sickness in Virtual Reality Games. *Proceedings of the ACM on Computer Graphics and Interactive Techniques*, Vol. 5, No. 1. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1145/3522610> [viitattu 8.8.2025].

Wang, J., Shi, R., Zheng, W., Xie, W., Kao, D. & Liang, H.-N. 2023. Effect of Frame Rate on User Experience, Performance, and Simulator Sickness in Virtual Reality. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 29, no. 5. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/TVCG.2023.3247057> [viitattu: 8.8.2025].

Warburton, M., Mon-Williams, M., Mushtaq, F. & Morehead, J. 2023. Measuring motion-to-photon latency for sensorimotor experiments with virtual reality systems. *Behaviour Research Methods*. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3758/s13428-022-01983-5> [viitattu 11.8.2025].

Warwick-Evans, L., Symons, N., Fitch, T. & Burrows, L. 1998. Evaluating sensory conflict and postural instability: Theories of motion sickness. *Brain Research Bulletin*, 47(5), 465-469. Verkkolehti. Saatavissa: [https://doi.org/10.1016/S0361-9230\(98\)00090-2](https://doi.org/10.1016/S0361-9230(98)00090-2) [viitattu 11.12.2024].

Watson, A. 2018. The Field of View, the Field of Resolution, and the Field of Contrast Sensitivity. *Journal of Perceptual Imaging* 1, 010505-1–010505-11. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.2352/J.Percept.Imaging.2018.1.1.010505> [viitattu 17.12.2024].

Won, J.-H., & Kim, Y. S. 2021. A Study on Visually Induced VR Reduction Method for Virtual Reality Sickness. *Applied Sciences* 14, 6339. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/app11146339> [viitattu 10.12.2024].

Yan, Y., Chen, K., Xie, Y., Song, Y. & Liu, Y. 2019. The Effects of Weight on Comfort of Virtual Reality Devices. *Advances in Ergonomics in Design*. Verkkolehti. Saatavissa: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-94706-8\\_27](https://doi.org/10.1007/978-3-319-94706-8_27) [viitattu 11.8.2025].

Yip, S., Ng, A., Lau, H. & Saunders, J. 2024. Preregistered test of whether a virtual nose reduces cybersickness. *Cognitive Research: Principles and Implications* 9:74. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1186/s41235-024-00593-3> [viitattu 20.12.2024].

Yu, C., Lee, H. & Luo, X. 2018. The effect of virtual reality forest and urban environments on physiological and psychological responses. *Urban Forestry & Urban Greening*, 35, 106–114. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.08.013> [viitattu 21.8.2025].

Zhang, J., Che, X., Chang, E., Qu, C., Di, X., Liu, H. & Su, J. 2024. How different text display patterns affect cybersickness in augmented reality. *Scientific Reports* 14, 11693. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-62338-y> [viitattu 9.12.2024].

Zielasko D. & Riecke B. 2020. Sitting vs. Standing in VR: Towards a Systematic Classification of Challenges and (Dis)Advantages. *IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, pp. 297–298. Verkkolehti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/VRW50115.2020.00067> [viitattu 19.8.2025].

Zyxwv99. 2014. FOV both eyes. CC-BY-SA-4.0. Wikimedia Commons. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:FOV\\_both\\_eyes.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:FOV_both_eyes.svg) [viitattu 28.10.2025]



