

# **Virtuaalisen luontokokemuksen elvyttävä vaikutus**

Korpi Solutions Oy:n validaatiotutkimus

Psykologian pro gradu -tutkielma

Laatija:

Samu Jokiaho

Ohjaaja:

Mika Koivisto

19.05.2023

Turku

Pro gradu -tutkielma

**Oppiaine:** Psykologia

**Tekijä:** Samu Jokiahho

**Otsikko:** Virtuaalisen luontokokemuksen elvyttävä vaikutus  
Korpi Solutions Oy:n validaatiotutkimus

**Ohjaaja:** Mika Koivisto

**Sivumäärä:** 56 sivua

**Päivämäärä:** 19.05.2023

Tietotyön yleistymisen, arjen digitalisoituminen ja maailman urbanisoituminen ovat laajoja, pitkän aikavälin trendejä, joista kaikilla on stressiä lisäävät ja kognitiivisesti kuluttavat vaikutuksensa. Kysyntä kognitiivisia ja emotionaalisia resursseja elvyttävälle kustannustehokkaille ja saavutettaville interventioille lisääntyy. Luontokokemuksilla on havaittu myönteisiä vaikutuksia psyykkiseen terveyteen ja digitaalisen teknologian kehitys on lisännyt kiinnostusta myös virtuaalisen luonnon terapeuttiseen potentiaaliin. Aihealueen aiempi tutkimus viittaa siihen, että myös virtuaalisesti toteutetut luontokokemukset toimivat elvyttävästi.

Tämän pro gradu -tutkielman tarkoituksena oli selvittää auttaako turkulaisen Korpi Solutions Oy:n virtuaalinen luontokokemus työpäivänaikaisesta stressistä ja kuormituksesta palautumisessa. Yrityksen tuottama virtuaalinen luontokokemus toteutui näytöltä katsottavan, viisi minuuttia kestävän videoidun luontokävelyn kautta. Video on kuvattu Kytäjä-USmin ulkoilualueella Hyvinkäällä aurinkoisena kesäpäivänä. Kontrolliärsykkeenä käytettiin säätiedotusvideota. Tutkimusaineisto koostui 30 turkulaisesta korkeakouluopiskelijasta ja Turun ammattikorkeakoulun työntekijästä. Stressiä ja kognitiivista kuormitusta pyrittiin aikaansaamaan matemaattisella päässälaskutehtävällä ja numerosarjat taaksepäin -työmuistitehtävällä. Koeasetelma oli vastabalansoitu koehenkilöiden sisäisen vertailun asetelma, jossa puolet koehenkilöistä näki luontovideon ensin ja kontrollivideon toisena, ja puolet kontrollivideon ensin ja luontovideon toisena. Itsearvioitua palautumista tutkittiin Restorative outcome scale (ROS) -skaalalla ja fysiologista palautumista tutkittiin aivosähkökäyrällä (EEG). Elpymisen ohella tutkittiin itsearvioidun luontoyhteyden mahdollista moderoivaa vaikutusta. Luontoyhteyttä mitattiin Extended inclusion of nature in self -skaalalla.

Tutkimuksen tulokset viittaavat Korpi Solutions Oy:n virtuaalisen luontokokemuksen kykyyn palauttaa työpäivän aikaisesta kuormituksesta. Itsearvioitua elpyneisyyttä mittaava ROS-pistemäärä kasvoi interventiotilanteessa, mutta ei kontrollitilanteessa, tilastollisesti merkitsevästi. EEG:llä mitatun theta-aktivaation yläkaistan (6–8 Hz) sekä alfa-aktivaation alakaistan (8–10 Hz) absoluuttinen voima kasvoi interventiotilanteessa, mikä viittaa fysiologiseen rentoutumiseen. Luontoyhteys moderoi itsearvioitua elpymistä, mutta ei EEG:llä havaittua rentoutumista. Jatkossa tulisi selvittää, miten käytetyn intervention teho säilyy toistuvien katsomiskertojen yhteydessä.

**Avainsanat:** virtuaalinen luonto, digitalisaatio, kognitiivinen kuormitus, stressi, elpyminen, palautuminen

## Sisällysluettelo

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>4</b>
1.1	<b>Kognitiivinen kuormitus ja stressi modernissa maailmassa</b>	<b>4</b>
1.1.1	Urbanisaatio ja tietotyö	4
1.1.2	Stressi	5
1.1.3	Elpyminen	7
1.2	<b>Luonnon ja virtuaalisen luonnon elvyttävyyys</b>	<b>7</b>
1.2.1	Luonto evolutiivisena kehitysympäristönä: Tarkkaavaisuuden elpymisen teoria ja stressistä palautumisen teoria	8
1.2.2	Yksilön suhde luontoon: luontoyhteys ja ehdollistuneen palautumisen teoria	10
1.2.3	Fyysisen luonnon terveysedut	11
1.2.4	Virtuaalisen luonnon terveysedut	12
1.2.5	Luontoyhteyden merkitys	15
1.3	<b>Aivosähkökäyrä elpyneisyyden mittarina</b>	<b>16</b>
1.4	<b>Tutkimuksen tarkoitus ja hypoteesit</b>	<b>20</b>
<b>2</b>	<b>Menetelmät</b>	<b>21</b>
2.1	<b>Koehenkilöt</b>	<b>21</b>
2.2	<b>Materiaalit ja laitteisto</b>	<b>21</b>
2.2.1	Ärsykkeet	21
2.2.2	Koehenkilöiden kuormitus	22
2.2.3	Laitteisto	23
2.2.4	Restorative outcome scale-kysely	23
2.2.5	Extended inclusion of nature in self-kysely	24
2.2.6	Aivosähkökäyrän mittaus ja datan käsittely	25
2.3	<b>Tutkimuksen asetelma ja kulku</b>	<b>27</b>
2.4	<b>Tilastoanalyysit</b>	<b>28</b>
<b>3</b>	<b>Tulokset</b>	<b>29</b>
3.1	<b>Intervention vaikutus itsearvioituun elpyneisyyteen</b>	<b>29</b>
3.2	<b>Intervention vaikutus aivosähkökäyrään</b>	<b>31</b>
3.2.1	Alfa-aktivaation alakaista	31
3.2.2	Theta-aktivaation yläkaista	33
3.2.3	Alfa-aktivaation yläkaista	34
<b>4</b>	<b>Pohdinta</b>	<b>36</b>
4.1	<b>Itsearvioitu elpyneisyys</b>	<b>36</b>
4.2	<b>Fysiologinen elpyneisyys</b>	<b>38</b>
4.3	<b>Tutkimuksen vahvuudet ja rajoitukset sekä jatkotutkimus</b>	<b>40</b>
4.4	<b>Lopuksi</b>	<b>43</b>
	<b>Lähteet</b>	<b>45</b>

# 1 Johdanto

Maailma urbanisoituu ja digitalisoituu (Musik & Bogner, 2019; United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2018). Kummankin ilmiön on havaittu olevan yhteydessä psyykkiseen kuormittuneisuuteen ja stressiin, mikä lisää tarvetta kustannustehokkaille interventioille (Ventriglio ym., 2021). Luontoympäristöjen terveysedut on tiedostettu jo vuosituhsien ajan ja kiinnostus niitä kohtaan näkyy psykologian ja lääketieteen ohella arkkitehtuurin, kaupunkisuunnittelun ja sisutuksen aloilla (van den Berg ym., 2019; van den Berg & Joye, 2019). Urbanisoituvassa maailmassa fyysiset luontoympäristöt ovat kuitenkin jatkuvasti kauempana. Informaatioteknologian kehitys on mahdollistanut luonnon kokemisen virtuaalisessa muodossa, mikä on herättänyt kiinnostuksen virtuaalisten luontokokemusten terapiapotentialiaa kohtaan (White ym., 2018). Turkulainen Korpi Solutions Oy on kehittänyt virtuaalisen luontokokemuksen, joka toteutuu näytöltä katsottavan videoidun luontokävelyn kautta. Tuote on suunnattu ensisijaisesti tietotyöläisille työpäivän tauotuksen avuksi. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, toimiiko Korpi Solutions Oy:n virtuaalinen luontokokemus stressiä elvyttävänä interventiona.

## 1.1 Kognitiivinen kuormitus ja stressi modernissa maailmassa

### 1.1.1 Urbanisaatio ja tietotyö

YK:n (2018) julkaiseman urbanisaation tulevaisuudennäkymiä koskevan raportin mukaan hieman yli neljä miljardia ihmistä asuu urbaaneissa ympäristöissä, ja luvun ennustetaan kasvavan kuuteen miljardiin seuraavan 20 vuoden aikana. Kehittyneissä maissa väestön keskittyminen urbaaneihin ympäristöihin on kehittyviä maita voimakkaampaa. Kaupungit vetävät puoleensa, sillä ne tarjoavat maaseutua paremmat mahdollisuudet laadukkaaseen terveydenhuoltoon, kouluttautumiseen, työllistymiseen, yritystoimintaan ja kaupankäyntiin sekä kulttuurilliseen ja poliittiseen toimintaan (United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2018). Urbaanien ympäristöjen yhteys terveyteen on kuitenkin monimutkainen. Syntyminen ja asuminen urbaanissa ympäristössä, verrattuna maaseutuun, lisäävät riskiä mielenterveyden ongelmien ilmenemiseen (Ancora ym., 2022; Ventriglio ym., 2021). Tämä yhteys toteutuu sosiaalisten, ekonomisten ja ympäristöllisten mekanismien välityksellä, joista tämän tutkielman kannalta keskeisimpiä ovat puhtaasti ympäristön fyysisiin piirteisiin liittyvät tekijät. Tällaisia urbaanien ympäristöjen stressitekijöitä ovat

esimerkiksi saasteet, melu, ruuhkaisuus ja liikenne sekä urbaaniin elämäntapaan liittyvä aikapaine (Ancora ym., 2022; Ventriglio ym., 2021).

Toinen tämän tutkielman kannalta keskeinen yhteiskunnallinen trendi on arjen digitalisoituminen, erityisesti tietotyön lisääntyminen. Digitalisaation määritelmä on kaksinainen. Sillä voidaan viitata muutokseen tavoissa esittää ja käsitellä informaatiota (Parviainen ym. 2017), minkä lisäksi se viittaa informaatioteknologian aikaansaamaan muutokseen ihmisten ajankäytössä, tavassa olla vuorovaikutuksessa ja tavassa työskennellä (Vuori ym., 2019). Tietotyö on työtä, joka tuottaa arvoa luomalla, jakamalla ja hyödyntämällä tietoa (Leon, 2015), ja joka sisältää toistuvasti työntekijälle entuudestaan tuntemattomia, monimutkaisia ongelmanratkaisutilanteita (Jacobs, 2017). Tietotyöntekijöille tyypillistä on korkea koulutustaso, asiantuntijuus, kyky monimutkaiseen sosiaaliseen kommunikaatioon, hyvät edellytykset uuden oppimiselle, kyky kriittiseen ajatteluun, innovatiivisuus ja joustavuus sekä informaatioteknologian sujuva käyttö (Surawski, 2019). Digitalisaation myötä kommunikaatio, vapaa-ajan aktiviteetit ja työn tekeminen ovat aiempaa riippumattomampia fyysisestä sijainnista ja ajankohdasta (Vuori ym., 2019). Digitalisaation katsotaankin tehostaneen kaikkia näitä elämän osa-alueita ja lisänneen yksilöiden vaikutusmahdollisuuksia arjessaan (Burr ym., 2020). Samaan aikaan arjen kuormitustekijät, erityisesti tietotyön vaatimukset, kohdistuvat aiempaa korostuneemmin yksilön psykologisiin resursseihin (Burr ym., 2020; Dragano & Lunau, 2020). Esimerkiksi vaatimus jatkuvasta uusien tietojen ja taitojen oppimisesta sekä valvonnan tehostuminen lisäävät työn stressaavuutta.

### 1.1.2 Stressi

Stressi on kattokäsite kokemuksille, joissa ympäristön odotukset ylittävät yksilön oletetut tai todet psykologiset ja fysiologiset selviytymiskyvyt (Crosswell & Lockwood 2020). Stressireaktio on affektien, kognition ja käytöksen tasolla ilmenevää autonomisen hermoston aktivaatiota (Siegrist & Rödel 2006), jolla yksilö vastaa hyvinvoinnin haasteisiin, stressitekijöihin (Baum ym., 1985). Stressiä fysiologisena ilmiönä välittää pääasiassa kaksi biologista systeemiä: sympatoadrenaalinen järjestelmä (SAM-akseli) ja hypothalamus-aivolisäke-lisämunuaiskuori-akseli (HPA-akseli) (Godoy ym., 2017). Fysiologista stressiä mitataan pääasiassa näiden kahden järjestelmän markkereiden kautta (Morera ym., 2019). SAM-akselin aktivaatio nostaa kehon adrenaliini- ja noradrenaliinitasoja, mikä näkyy

esimerkiksi kohonneena sykkeenä ja lisääntyneenä verenkiertona (Kondo ym., 2018). HPA-akselin aktivaatio heijastuu vastaavasti kortisolitasoihin, jotka noudattavat luontaista vuorokausirytmää. Tämä rytmi on herkkä stressin vaikutukselle ja poikkeavuuksien on todettu olevan yhteydessä moniin fysiologisiin ja psykologisiin terveyshaittoihin (Kondo ym., 2018). Stressin psykologista ilmenemistä mitataan pääasiassa itsearviointilomakkeilla, jotka voivat koskea sekä stressitekijöitä että subjektiivista stressireaktiota (Crosswell & Lockwood, 2020).

Useimmat arkielämän stressaavat tilanteet ja lyhyet stressireaktiot eivät yksittäistapauksina ole terveydelle haitallisia – monet niistä muodostuvat jopa eteenpäin vieviksi kasvukokemuksiksi (McEwen, 2017). Stressin terveyshaitat liittyvät suurimmaksi osaksi kroonistuneeseen stressireaktioon, jolloin yksilö ei ennätä palautua stressin aiheuttamasta uupumuksesta. Kroonistunut stressireaktio altistaa itsessään sairastumiselle, minkä lisäksi se aiheuttaa kehossa pysyvämpiä, stressitekijöihin sopeuttavia muutoksia, kuten ahdistuneen valppauden lisääntymistä (McEwen, 2017). Yksi keskeinen kroonisen stressin lähde on työ. Työstressillä viitataan työn, työpaikkojen ja organisaatioiden vahingollisten ja luotaantyöntävien piirteiden aikaansaamiin affektiivisiin, kognitiivisiin, behavioraalisiin ja fysiologisiin reaktioihin (Cox ym., 2000). Tutkimuksissa on löydetty useita lähteitä työstressille, ja ne voivat koskea esimerkiksi yksilön roolia, ihmissuhteita, toimijuutta, kompensatiota sekä työn piirteitä kuten työn määrää, pysyvyyttä ja ergonomiaa (Burman & Goswami, 2018). Rigo ja kumppanit (2020) tutkivat työstressin kehitystä aikavälillä 1995–2015 ja totesivat työhön liittyvän stressin lisääntyneen tällä aikajaksolla. Heidän mukaansa tämä trendi aiheutui ensisijaisesti työn psykologisesta vaativuudesta. Työstressin tunnettuja terveyshaittoja yksilölle ovat muun muassa toiminnanohjauksen heikentyminen, uniongelmat, mielialaongelmat sekä kivut ja väsymys, kun taas yrityksille se aiheuttaa tuottavuuden laskua sekä työntekijöiden poissaoloja ja lisääntyntä vaihtuvuutta (Burman & Goswami, 2018). Hassard ja kumppanit (2018) tutkivat valtioille koituvia työstressistä johtuvia kustannuksia EU-15 maissa, USA:ssa, Kanadassa, Sveitsissä ja Australiassa ja totesivat että kustannukset lasketaan sadoissa miljoonissa tai jopa sadoissa miljardeissa vuosittain. Tältä pohjalta on selvää, että arjessa toimivat stressiä vähentävät interventiot ovat perusteltu tutkimuksen ja tuotekehityksen alue.

### 1.1.3 Elpyminen

Elpyminen on kattokäsite prosesseille, joiden kautta ihminen voi täydentää fyysisiä, psykologisia ja sosiaalisia resurssejaan, jotka ovat kuluneet sopeuduttaessa ympäristön asettamiin tai itseasetettuihin vaatimuksiin (Hartig, 2017). Elpyminen on myös uupumisen vastakohta (Ulrich, 1991), minkä vuoksi sitä voidaan mitata samoilla mittareilla kuin stressiä ja itsearvioitua psykologista väsymystä.

Elpyminen voi alkaa vasta kun yksilö saa etäisyyttä arjessa ilmeneviin vaatimuksiin ja ympäristöihin, joissa vaatimukset ilmenevät (Hartig, 2017). Stressitekijöiden puutteen ohella ympäristöllä voi olla myös elpymistä edistäviä piirteitä. Ympäristöä, josta stressaavat tekijät puuttuvat ja jonka piirteet tekevät resurssien täydentymisestä nopeampaa tai pitkäkestoisempaa, kutsutaan kirjallisuudessa elvyttäväksi ympäristöksi. Tunnetuin ja tutkituin esimerkki ovat erilaiset viherympäristöt, kuten puistot ja metsät. Lisäksi muun muassa luostareiden, museoiden ja toriaukioiden on todettu tuottavan elvyttäviä vaikutuksia (Collado ym., 2017).

## 1.2 Luonnon ja virtuaalisen luonnon elvyttävyys

Tässä osiossa käsittelen luontokokemusten terveysvaikutusten tutkimusta sekä alan taustateorioita. Tutkimusta on tehty sekä fyysisen että virtuaalisen luonnon avulla. “Virtuaalinen” ja “virtuaalinen luonto” saavat kirjallisuudessa monia merkityksiä. Tässä tutkielmassa “virtuaalinen” viittaa muuhun kuin todellisen maailman fyysiseen vastineeseen, ja “virtuaalinen luonto” viittaa ärsykkeisiin, jotka koetaan vähintään visuaalisen, mutta usein multimodaalisen aisti-informaation välityksellä. Toisin sanoen “virtuaalinen luonto” voi tarkoittaa yhtä lailla luontovalokuvaa kuin interaktiivista audiovisuaalista virtuaalitodellisuusluontosimulaatiota. Käytän myös termejä “virtuaalinen luonto” ja “simuloitu luonto” toistensa synonyymeina. Niin ikään fyysinen “luontoympäristö” kattaa kirjallisuudessa suuren kirjon oikean maailman ympäristöjä. Tässä tutkielmassa käytän sanaa “luontoympäristö” kuvaamaan asutuskeskusten ulkopuolisia, luontoelementtejä sisältäviä ympäristöjä, esimerkiksi metsiä. Termi “viherympäristö” puolestaan sisältää sekä “luontoympäristöt” että puistot, puutarhat ja muut luontoelementtejä sisältävät ympäristöt.

Fyysisen luonnon terveysetuja välittävät osaltaan puhtaasti biologiset mekanismit, kuten liikunta ja saasteiden suhteellinen vähyys. Alla kuvatut teoriat ja niiden pohjalta tehty tutkimus lähtevät kuitenkin näkemyksestä, jonka mukaan osa terveyseduista on psykologiamme välittämiä. Tämä lähtökohta toimii pohjana ajatukselle, että myös virtuaaliset luontokokemukset voivat toimia terveyttä edistävästi.

### 1.2.1 Luonto evolutiivisena kehitysympäristönä: Tarkkaavaisuuden elpymisen teoria ja stressistä palautumisen teoria

Teoreettisesti ei-uhkaavan luonnon terveysetuja lähestytään pääasiassa kahden teorian kautta. Nämä ovat stressistä palautumisen teoria (engl. Stress reduction theory, tästä lähtien SRT) (Ulrich ym., 1983, Ulrich ym., 1991) ja tarkkaavaisuuden elpymisen teoria (engl. Attention restoration theory, tästä lähtien ART) (Kaplan & Kaplan, 1989). Molemmat teoriat pohjaavat psykoevolutiiviseen näkemykseen, jonka mukaan ihmiselle on kehittynyt preferenssi ympäristöjä kohtaan, jotka ovat tarjonneet puitteet selviytymiselle ja hyvinvoinnille evolutiivisessa historiassamme. Tällaisten ympäristöjen oletetaan herättävän positiivisia ja vähentävän negatiivisia tunteita, ja olevan kognitiivisesti kevyempiä kuin ympäristöt, joissa hyvinvointia edistäviä elementtejä ei ole. Teoriat eroavat hieman elvyttävien elementtien käsitteissään, mutta molempien mukaan keskeisiä piirteitä elvyttävissä ympäristöissä ovat esimerkiksi rauhallisuus, vehreys, tilavuus ja turvallisuus. Myös veden läsnäolo nousee usein esille. Teoriat jakavat myös näkemyksen sekä modernin elämän, että urbaanien, rakennettujen ympäristöjen epäedullisesta vaikutuksesta psyykkiseen terveyteen. Kuormittavia tekijöitä ovat esimerkiksi saasteet, ruuhkaisuus, melu sekä tekijät, jotka vaativat jatkuvaa mentaalista sopeutumista, kuten liikenne ja tietotyö. Teoriat eroavat myös näkemyksissään elpymisen mekanismeista, mutta kummankin teorian mukaan luontokontakti on edullista sekä fyysiselle että psyykkiselle terveydelle. Eroavuuksistaan huolimatta molempien teorioiden pohjalta tehty tutkimus hyödyntää useita kognitiivisia, emotionaalisia ja fysiologisia mittareita uupumuksen ja elpymisen arvioimisessa, ja usein molemmat teoriat mainitaankin tutkimusten taustateorioina.



### *1.2.1.1 Psyko-evoluutiivinen stressistä palautumisen teoria: SRT*

Stressi on prosessi, jolla yksilö vastaa hyvinvoinnin haasteisiin, ja hyvinvointia uhkaavissa tilanteissa stressireaktio ohjaa psykofyysisiä resursseja tilanteen ratkaisemiseen (Ulrich ym., 1991). SRT:n mukaan moderni elämä altistaa pitkittyneille stressireaktioille, mikä uuvuttaa nämä resurssit. Tämä näkyy toimintakyvyn ja mielialan laskuna, negatiivisina tunnekokemuksina sekä fysiologisina oireina. SRT:n mukaan luonnon terveysvaikutuksia välittävät automaattiset, nopeat ja tiedostamattomat positiiviset emotionaaliset reaktiot. Erotuksena ART:hen, SRT:n mukaan nämä välittömät emotionaaliset reaktiot edeltävät kognitiivista elpymistä (Ulrich, 1983). Luontosuhde ja aiempi oppiminen vaikuttavat näiden reaktioiden ilmenemiseen, mutta Ulrichin (1983) mukaan evoluutiivisen historiamme takia kaikilla ihmisillä on sisäsyntyinen taipumus oppia palautumaan edullisissa luontoympäristöissä. Koska stressi ilmenee sekä psyykkisesti että fyysisesti, tulee myös palautumisen ilmetä moninaisesti. SRT painottaakin konvergenttia validiteettia, ja sekä stressin että elpymisen mittaamista kognitiivisilla, emotionaalisilla ja fysiologisilla mittareilla.

### *1.2.1.2 Tarkkaavaisuuden elpymisen teoria: ART*

ART keskittyy spesifimmin informaation käsittelyyn ja kognitiivisiin resursseihin. Tämän teorian mukaan tarkkaavaisuuden tahdonalainen ja pitkitetty ylläpito johtaa kognitiiviseen uupumiseen, mikä näkyy esimerkiksi alentuneena toimintakykynä ja ärtyneisyytenä (Kaplan, 1995; Kaplan, 2001). Luonnollisten ympäristöjen visuaalisten piirteiden oletetaan evoluutiivisen tuttuutensa vuoksi olevan helpompia havainnoida kuin urbaanien ympäristöjen piirteiden. Luonnon terveysetuja välittää "vaihtoehtoinen tarkkaavaisuuden tila", jossa yksilö kykenee päästämään irti keskittymistä vaativista tehtävistään ja antautumaan spontaanin tarkkaavaisuuden ja reflektion tilaan. Ympäristön kyky saada aikaan tämä elvyttävä tarkkaavaisuuden tila nojaa ART:n mukaan neljään tekijään: 1) poissa oleminen (engl. being away), joka viittaa arkisten tehtävien hetkelliseen sivuun jättämiseen, 2) pehmeä kiehtovuus (engl. soft fascination), joka viittaa luonnon elementtien kiinnostavuuteen ja niiden prosessoinnin helppouteen, 3) ympäristön ulottuvuus ja koherenssi (engl. extent & coherence), joka viittaa luonnon suuruuteen ja luonnon elementtien yhteenkuuluvuuteen sekä 4) ympäristön ja yksilön yhteensopivuus (engl. compatibility), jolla viitataan siihen, miten hyvin ympäristö vastaa yksilön sille asettamiin odotuksiin (Kaplan, 1995; Kaplan & Kaplan,

1989). ART:n mukaan kognitiivisten resurssien elpyminen edeltää affektiivista ja fysiologista elpymistä (Kaplan, 1995; Kaplan, 2001).

### 1.2.2 Yksilön suhde luontoon: luontoyhteys ja ehdollistuneen palautumisen teoria

Konstruktivistinen näkökulma ihmisen tiedonkäsittelyyn esittää, että ihminen on tiedon ja merkitysten aktiivinen luoja (Hruby & Roegiers, 2012). Tämä näkemys painottaa, että ärsykkeet eivät sisällä ainoastaan objektiivisia, kaikkiin samalla tavalla vaikuttavia merkityksiä, vaan ihmisen yksilölliset piirteet ohjaavat havaintoja ja kokemuksia. Yksilön arvot ja tieto- ja merkitysrakenteet ovat myös jatkuvasti kehittyviä.

Konstruktivismiin pohjaava ja edellisiä teorioita täydentävä näkemys koskee yksilöiden henkilökohtaista suhdetta luontoon ja sitä, kuinka tämä suhde moderoi luonnon terveysvaikutuksia. Luontoyhteyden tutkimuksessa on käytetty monia ilmauksia kuten ”luontosuhde”, ”yhteys luontoon”, ”emotionaalinen mieltymys luontoon”, ”luonnon sisällyttäminen osaksi itseä” (Restall & Conrad, 2015) ja ”ympäristöidentiteetti” (Balunde ym., 2019). Luontoyhteys kuvaa yksilön kokemusta tai ymmärrystä siitä, mikä hänen paikkansa on luonnossa, kuinka hänen tekonsa vaikuttavat luontoon ja millaisen arvon hän luonnolle antaa (Schultz, 2002). Luontoon liittyvien lapsuuden kokemusten on todettu olevan positiivisessa yhteydessä luontoyhteyteen (Hinds & Sparks, 2008), samoin toistuvan luontoympäristöissä vierailun (Mayer & Frantz, 2004). Muovautuvuudestaan huolimatta luontoyhteyttä pidetään suhteellisen pysyvänä, piirremäisenä ominaisuutena (Mayer & Frantz, 2004).

Evoluutiivisten argumenttien suurpiirteisyyttä kritisoiva ehdollistuneen palautumisen teoria (engl. Conditioned restoration theory, tästä lähtien CRT) ehdottaa, että elpyminen on pääosin klassisen ehdollistumisen aikaansaannosta (Egner ym., 2020). CRT:n mukaan suuri osa luonnollisten ympäristöjen ja ärsykkeiden kyvystä elvyttää seuraa kaksivaiheista prosessia, jossa ihminen ensin ehdollistuu yhdistämään luonnon ja rentoutuneisuuden, minkä vuoksi myöhemmät kontaktit luontoon viittaavien ärsykkeiden kanssa aiheuttavat rentouttavan reaktion. Teoria kyseenalaistaa luonnon synnynnäiset psykologiset terveysvaikutukset ja toteaa, että vastaavanlainen oppimisprosessi voi tehdä muistakin stressitekijöistä vapaista ympäristöistä, kuten olohuoneista, elvyttäviä (Egner ym., 2020). Teorian mukaan luonnon elvyttävä maine seuraa lähtökohtaisesti siitä, että moderni ihminen viettää luonnossa lähinnä

vapaa-aikaa, mikä assosioi luonnon rentoutuneeseen olotilaan. Egner ja kumppanit (2020) kuitenkin myöntävät, että evolutiivinen historia vaikuttaa vinouttavan ihmisen taipumusta ehdollistua, ja tämä vinouma voi tehostaa luontoympäristöjen ja rentoutuneisuuden välistä ehdollistumaa. Egner ja kumppanit toteavat myös, että luontoyhteyden ja emotionaalisen ehdollistumisen eroa on vaikea tutkia toisistaan erillään ja ehdottavat, että CRT voi osaltaan selittää yksilöiden välistä vaihtelua luontoyhteydessä.

### 1.2.3 Fyysisen luonnon terveysedut

“Fyysinen luonto” tarkoittaa tässä yhteydessä konkreettista, todellisen maailman luontoa ja toimii “virtuaalisen luonnon” vastinparina. Suurin osa luonnon terveysvaikutuksia koskevasta tutkimuksesta toteutetaan luontoympäristön ja kontrolliympäristön vaikutuksia vertailemalla. Kontrolliympäristöt ovat useimmiten urbaaneja ympäristöjä tai sisätiloja. Esittelen tässä osiossa lyhyesti alaa koskevat tuoreet meta-analyttiset tulokset.

Tutkimus tukee näkemystä, jonka mukaan luontokontakti edistää ihmisen terveyttä (Bowler ym., 2010; Bratman ym., 2019). Oleskelu vihreissä tiloissa, sekä koskemattomissa että rakennetuissa, on edullisessa yhteydessä lukuisiin fysiologisiin terveyden indikaattoreihin, kuten syljen kortisolipitoisuuteen, sykkeeseen, diastoliseen verenpaineeseen ja eliniänodotteeseen (Kondo ym., 2018; Mygind ym., 2019; Twohig-Bennett & Jones, 2018; Yao ym., 2021). Luontoympäristöjen on todettu lisäävän positiivisia ja vähentävän negatiivisia tunnereaktioita (Bratman ym., 2021; Corazon, 2019; McMahan & Estes, 2015), parantavan työmuistin ja tarkkaavaisuuden toimintaa (Ohly ym., 2016; Mason ym., 2021; Stevenson ym., 2018) sekä itsekoettua hyvinvointia (MacKerron & Mourato, 2013). Itse raportoidun terveyden ja kotiseudun vihreyden välillä on myös havaittu yhteys (Maas, 2006).

“Luonnollinen” ja “urbaani” sisältävät tutkimuksessa varsin heterogeenisen joukon ympäristöjä, ja spesifimpiä elementtejä koskeva tutkimus on huomattavasti vähäisempää (Velarde, 2007). Erilaisten viheraluetyyppien luokittelu on myös epäyhtenäistä (Houlden ym., 2019). Näiden syiden takia on vaikea arvioida, millaiset luontoympäristöt ovat elvyttävimpiä ja millaiset urbaanit ympäristöt ovat kuluttavimpia.

#### 1.2.4 Virtuaalisen luonnon terveysedut

Virtuaalisia luontokokemuksia voidaan tuottaa valokuvoin, maalauksin, tavanomaisin videoin, 360° videoin ja tietokonesimulaatioin käyttäen fyysisiä valokuvia/julisteita, perinteisiä näyttöpäätteitä tai virtuaalidellisuusvälineistöä (Stone ym., 2014). Simuloidun luonnon etuna on sen saavutettavuus (Browning ym., 2021). Virtuaalisten kokemusten kautta luonnon terveysetuihin onkin mahdollista päästä käsiksi minuuteissa, suoraan kotoa tai työpisteeltä. Miljoonien kaupungeissa asuvien ihmisten mahdollisuudet arkiseen luontokontaktiin ovat rajatut, minkä lisäksi fyysinen luonto voi olla saavuttamaton useille marginaalisille populaatioille, kuten liikuntarajoitteisille, sairaaloiden potilaille ja vangeille (Browning ym., 2020; Browning ym., 2021). Virtuaalisia luontokokemuksia koskevaa tutkimusta on tehty paljon, mutta metodologiset vajavuudet ovat leimanneet tutkimusta (Browning ym., 2021; Wang ym., 2022). Erityisesti neutraalien kontrolliympäristöjen puute tekee virtuaalisten luontokokemusten ja elpymisen kausaalisen yhteyden tarkastelemisesta ongelmallista. Valtaosa käytetyistä instrumenteista on itsearviointi-instrumentteja, jotka ovat alttiita vastausvinoimalle (Corazon ym., 2019), minkä lisäksi suurin osa tutkimuksista ei sisällä koehenkilöitä uuvuttavaa tai stressaavaa tehtävää (Stevenson ym., 2018). Tulokset ovat toistaiseksi myös ristiriitaisia. Etenkin aihealueen tuoreet meta-analyysit asettavat simuloidun luonnon terveysedut kyseenalaisiksi. Simuloidut luontoympäristöt näyttäytyvätkin lupaavana, joskin keskeneräisenä interventioiden alueena (White ym., 2018). Tiivistän tähän osioon affektiivisten, kognitiivisten ja fysiologisten resurssien elpymistä koskevat uusimmat katsaukset ja meta-analyysit.

Affektiivisiä resursseja mitataan pääasiassa itsetäytettävillä kyselylomakkeilla ennen ja jälkeen intervention. Browning ja kumppanit (2021) toteuttivat laajan katsauksen virtuaalisten luontokokemusten psykologisia terveysvaikutuksia koskevasta tutkimuksesta. Katsauksessa todettiin sadan tutkimuksen tukevan ajatusta, jonka mukaan simuloitu luonto saa aikaan positiivisia muutoksia affektiivisissä resursseissa. Hieman aiemmin McMahan ja Estes (2015) toteuttivat luontokontaktin ja tunteiden välistä yhteyttä tutkivan meta-analyysin 32 tutkimusartikkelin avulla, joista 16 käytti virtuaalista luontoärsykettä. Heidän mukaansa lyhyet luontokokemukset lisäsivät itsearvioituja positiivisia tunteita verrattuna kontrollitilanteiden aiheuttamiin tunteisiin. Efekti oli vahvempi fyysisen luonnon yhteydessä, mutta keskinkertainen efekti löytyi myös simuloitujen luontokontaktien yhteydessä. Näyttöä

löytyi myös negatiivisten tunteiden vähenemisestä. Efekti oli heikko, eikä ärsykkeen tyyppin (fyysinen/virtuaalinen) vaikutusta efektiin kyetty arvioimaan.

Toisenlaisiakin tuloksia on raportoitu. Browning ja kumppanit (2020) tutkivat luontokokemusten kykyä elvyttää affektiivisiä resursseja meta-analyysissä, jossa verrattiin samaa luontoympäristöä sekä fyysisenä että virtuaalisena. Katsaus sisälsi kuusi tutkimusartikkelia. Meta-analyysin mukaan fyysinen luonto lisäsi positiivisia tunteita, mutta virtuaalinen ei. Odotusten vastaisesti virtuaaliset versiot jopa lievästi vähensivät positiivisia tunteita. Sekä fyysinen että virtuaalinen asetelma laskivat negatiivisia tunteita. Fyysinen luonto oli tälläkin mittarilla mitattuna tehokkaampi, mutta efekti oli molemmissa asetelmissa vaatimaton. Yhdenkään tutkimuksen asetelmaan ei kuitenkaan kuulunut koehenkilöiden kuormittaminen eikä kontrolloiminen (muu kuin luontoympäristö), mikä vaikeuttaa interventioiden elvyttävyyden arviointia. Myös Frost ja kumppanit (2022) kyseenalaistivat virtuaalitodellisuuslaitteistolla toteutettujen luontokokemusten aikaansaamat psykologiset terveysedut 21 tutkimusartikkelia koonneessa tuoreessa meta-analyysissään. Artikkelit on julkaistu vuosien 2015–2020 välillä. Frost ja kumppanit eivät löytäneet näyttöä virtuaalisten luontokokemusten kyvystä lisätä positiivisia tunteita vertailuryhmään verrattuna. Negatiivisia tunteita koskevat löydökset olivat ristiriitaisia: kirjoittajien mukaan on näyttöä siitä, että virtuaaliset luontokokemukset voivat vähentää, jättää vähentämättä tai voivat lisätä negatiivisia tunnekokemuksia. Tutkimuksissa ilmenneitä virtuaalisten luontokokemusten haitallisia vaikutuksia voi osaltaan selittää virtuaalitodellisuuslaitteiston aikaansaama pahoinvointi (LaViola, 2000). Virtuaalitodellisuuslaitteisto oli käytössä valtaosassa edellä mainittujen katsauksien käsittelemissä artikkeleissa.

Kognitiivisten resurssien elpyminen on mielialan ohella tutkituimpia luonnon terveysvaikutuksia. Tämän tutkimusalueen mittarit ovat pääasiassa tietokoneavusteisia kognitiivisen suorituskyvyn testejä, jotka tehdään ennen ja jälkeen intervention. Tämänkään alueen tutkimus ei yksiselitteisesti tue ajatusta, jonka mukaan virtuaaliset luontokokemukset olisivat tehokas tapa elvyttää psyykkisiä resursseja. Ohlyn ja kumppaneiden (2016) meta-analyysi kattoi 24 tutkimusartikkelia, joista seitsemässä käytettiin ärsykkeensä virtuaalista luontoympäristöä. Näistä seitsemästä artikkelista neljässä löydettiin tukea virtuaalisen luontokokemuksen tarkkaavaisuutta elvyttävälle vaikutukselle. Efektin löytäneistä tutkimuksista kaksi on myöhemmin pyritty replikoimaan suuremmilla otoksilla siinä onnistumatta (Johnson ym., 2021 [ks. myös vastine Berman ym., 2021]; Neilson ym., 2020).

Stevenson ja kumppanit (2018) pyrkivät täydentämään Ohlyn ja kumppaneiden (2016) katsauksen tuloksia, muun muassa analysoimalla kuinka luontoärsykkeen tyyppi (fyysinen/virtuaalinen) välittää mahdollista efektiä. Meta-analyysin mukaan luontokokemukset tyypistä riippumatta elvyttivät heikosti tai keskinkertaisesti työmuistia ja kognitiivista joustavuutta sekä mahdollisesti tahdonalaista tarkkaavaisuutta. Nämä tulokset eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä, kun huomioitiin vain virtuaaliset kokemukset. Johnson ja kumppanit (2021) keskittyivät tuoreessa replikaatio- ja meta-analyysiartikkelissaan tahdonalaiseen tarkkaavaisuuteen. He eivät onnistuneet replikoimaan Bermanin ja kumppaneiden (2008) laajalti siteerattua tulosta luontokuvien tarkkaavaisuutta elvyttävästä vaikutuksesta, minkä lisäksi neljäntoista tutkimuksen meta-analyysi viittasi siihen, että simuloitu luonto ei elvytä tahdonalaisen tarkkaavaisuuden resursseja urbaania vastinettaan paremmin.

Edellä mainitut katsaukset sisältävät kuitenkin myös tutkimuksia, joissa simuloitu luonto tuottaa edullisia vaikutuksia. Tutkimuksissa on huomattavia metodologisia eroja, minkä lisäksi efektikoot vaihtelevat suuresti. On mahdollista, että sekoittavat tekijät ja metodologiset erot vaikuttavat tuloksiin tavoilla, joita ei vielä ymmärretä. Käsitellyissä meta-analyyseissa toistuu myös havainto, että myös virtuaalisesti välitetyt luontoympäristöt tuottavat urbaaneja ympäristöjä parempia tuloksia, vaikka nämä tulokset eivät aina ole tilastollisesti merkitseviä.

Menardo ja kumppanit (2021) toteuttivat meta-analyysin viherympäristöjen ja urbaanien ympäristöjen vaikutuksista itsekoettuun elvyttävyyteen. Katsaus sisälsi useita itsearviointi-instrumentteja ja elvyttävyys koski näissä instrumenteissa sekä mielialaa että kognitiivisia resursseja. Katsauksen 22 tutkimuksesta 16 toteutettiin laboratoriossa näytöltä katsottujen valokuvien ja videoiden sekä virtuaaliodellisuuslaitteiston avulla. Meta-analyysin mukaan viherympäristöt koetaan urbaaneja ympäristöjä elvyttävämpinä. Ärsyketyypin vaikutus efektiin ei tässä meta-analyysissä ollut tilastollisesti merkitsevä.

Fysiologisten stressi-indikaattoreiden avulla tehtyä tutkimusta on vähemmän. Stone ja kumppanit (2014) toteuttivat narratiivisen katsauksen virtuaalisten luontokokemusten sovellettavuudesta terveydenhuollossa. Katsauksessa esiteltiin viitteellistä, mutta lupaavaa tutkimusnäyttöä luontovideoiden ja -valokuvien vaikutuksista fysiologisiin stressi-indikaattoreihin. Syed Abdullahin ja kumppaneiden (2021) meta-analyysi sisälsi 14 fysiologisia mittareita käyttänyttä tutkimusta, joista puolet raportoi merkitsevän eron luonto-

ja kontrolliympäristön välillä. Frostin ja kumppaneiden (2022) meta-analyysi käsitteli yhteensä kymmentä tutkimusta, joissa käytettiin useita erilaisia fysiologisia mittareita. Tutkimuksista kuudessa havaittiin tilastollisesti merkitsevä edullinen vaikutus virtuaalisen luontokokemuksen ja stressin välillä vähintään yhdellä mittarilla mitattuna. Kuitenkin samoista kymmenestä tutkimuksesta kahdeksassa tällaista yhteyttä joko ei löydetty tai löydettiin tilastollisesti merkitseviä epäedullisia vaikutuksia vähintään yhdellä mittarilla mitattuna. Tutkimusnäyttö jää siis tälläkin alueella ristiriitaiseksi.

Kuten on todettu, virtuaalisen luonnon välittämiseen voidaan käyttää lukuisia erilaisia ärsyke-tekniologia-yhdistelmiä. On oletettavaa, että esimerkiksi simulaatioiden immersiokykyyn liittyvät erot vaikuttavat kokemusten terapeutiseen potentiaaliin. Digitaalisten teknologioiden yhteydessä immersio tarkoittaa teknologian kykyä tuottaa ihmisen aistein koettuna uskottava illuusio todellisuudesta (Slater & Wilbur, 1997). Tutkimuksen paljoudesta huolimatta ei ole selvää, mikä on paras tapa välittää virtuaalisia luontokokemuksia. Virtuaalitodellisuuslaitteisto on immersiokyvyltään perinteisiä näyttöjä parempi, mutta sen käyttö sisältää useita ongelmakohtia (Souchet ym., 2022). Tutkimusnäyttö tämän teknologian paremmuudesta simuloitujen luontoympäristöjen välittäjänä on ristiriitaista (Li ym., 2021b), ja ainakin toistaiseksi perinteinen kaksiulotteinen ruutu näyttäytyy kilpailukykyisenä teknologiana virtuaalisten luontokokemusten välittämisessä (Knaust ym., 2021; Yeo ym., 2020).

### 1.2.5 Luontoyhteyden merkitys

Bratman ja kumppanit (2021) toteuttivat luontokokemusten affektiivisia terveysvaikutuksia koskevan yleisen katsauksen. Katsauksessa esitetään, että yhteyden kokeminen luontoon voi vastata ihmiselle perustavanlaatuisen yhteenkuulumisen tarpeeseen. Kirjoittajat esittävät ajatuksen tueksi joukon tutkimuksia ja meta-analyysyjä. Tulokset viittaavat luontoyhteyden korreloivan koetun hyvinvoinnin kanssa yleisesti ja välittömästi luontokokemuksen jälkeen sekä olevan yhteydessä eudaimoniseen ja hedoniseen hyvinvointiin. Koivistoa ja kumppaneita (2022) mukailen, luontoyhteyden ja luonnon vaikutusten välillä näyttäisi olevan yhteys: luontokokemukset ovat positiivisessa yhteydessä luontoyhteyteen ja luontoyhteys on positiivisessa yhteydessä luonnon terveysetuihin, mikä oletettavasti lisää todennäköisyyttä hakeutua luontoon. On kuitenkin huomionarvoista, että luontoyhteyttä koskevan tutkimuksen aineisto koostuu pääosin yksilöistä, joiden luontoyhteys on korkea (Barrable & Booth, 2022).

On viitteitä siitä, että vaikka ihmiset jotka eivät koe lainkaan yhteyttä luontoon ovat todennäköisemmin tyytymättömämpiä elämäänsä, itsearvioidun terveyden suhteen tämä marginaalinen populaatio ei eroa muista (Barramble & Booth, 2022).

### 1.3 Aivosähkökäyrä elpyneisyyden mittarina

Stressi ja palautuminen ovat sekä kokemuksellisia että fysiologisia ilmiöitä, ja niillä on sekä psykologisia että fysiologisia vasteita. Osa stressin ja palautumisen fysiologisista vasteista on mitattavissa aivoista, ja virtuaalisen luonnon terveysetujen tutkimusta on tehty esimerkiksi aivosähkökäyrän avulla. Fysiologisena indikaattorina aivotoiminnan muutoksia pidetään psykologisia menetelmiä objektiivisempänä mittarina interventioiden vaikutuksille.

Aivotoiminta pohjaa aivosolujen sähköisiin aktivaatiopiikkeihin, aktiopotentiaaleihin, joiden aikana solun pintajännite kohoaa ja laskee nopeasti palautuen lopulta lepojännitteeseen. Aivosolujen voidaan katsoa toimivan oskillaattorien kaltaisesti (Stiefel & Ermentrout, 2016). Tällä viitataan neuronien sähköisen aktivaation aaltomaiseen käytökseen, oskillaatioihin. Laajempien neuronipopulaatioiden synkronoituja oskillaatioita kutsutaan aivoaalloiksi ja niitä voidaan mitata aivosähkökäyrän avulla.

Elektroenkefalografia (tästä lähtien EEG) eli aivosähkökäyrä on noninvasiivinen menetelmä, joka mittaa aivojen sähköistä toimintaa kallon läpi, päänahan pinnalta ja tuottaa sähköisestä aktivaatiosta tulosteen (Teplan, 2002). Tarkemmin EEG:n ajatellaan mittaavan aivokuoren uloimpien kerrosten pyramidisten neuronipopulaatioiden post-synaptista sähkövirtaa, joka syntyy aktiopotentiaalivapauttamien kemiallisten yhdisteiden kohdatessa vastaanottavan solun dendriitit (Biasiucci ym., 2019). Post-synaptinen sähkövirta on aktiopotentiaaleja hitaampaa, minkä vuoksi se on helpommin mitattavissa. Vaikka aktiopotentiaalit itsessään ovat liian lyhytikäisiä mitattavaksi EEG:llä, yleisesti ottaen menetelmän etuna pidetään sen temporaalista herkkyyttä. EEG:n spatiaalinen herkkyys on puolestaan heikko (Cohen, 2017). Neuronien ja elektrodien välissä olevien kerrosten vuoksi EEG:llä havaittavan potentiaalivirtauksen tuottaminen vaatii tuhansien tai miljoonien samalla alueella sijaitsevien samansuuntaisten neuronien synkronoitua aktivaatiota, minkä lisäksi monet kehon ulkopuoliset lähteet heikentävät signaalin laatua (Louis ym., 2016).



Post-synaptisesta sähkövirrasta on mahdollista laskea eri nopeudella toistuvien oskillaatioiden voima. Oskillaatiota per sekunti kutsutaan hertsiksi (Hz). Aivojen sähköisen aktivaation spektri jaetaan kirjallisuudessa yleensä viiteen taajuusalueeseen: delta (0.5–4 Hz), theta (4–8 Hz), alfa (8–13 Hz), beta (13–30 Hz) ja gamma (30–70 Hz). Yksinkertaistaen aivoaaltojen aallonpituuksien katsotaan korreloivan vireystilan ja aktivaatiotason kanssa siten, että korkeat taajuudet ovat yhteydessä kiihtyneempään ja aktiivisempaan tilaan ja matalat taajuudet ovat yhteydessä matalampaan vireystilaan (Abo-Zahhad ym., 2015; Wagner, 1975). Muutokset yksilön tietoisessa tilassa (kuten uni ja valve) ovat johdonmukaisessa yhteydessä aivojen sähköisen aktivaation tilaan. EEG:tä onkin sovellettu muun muassa anestesian monitoroinnissa (Louis ym., 2016), minkä lisäksi EEG:n eri taajuusalueilla on havaittu yhteyksiä eri kognitiivisiin prosesseihin (Ward, 2003) sekä tunnereaktioihin (Gable ym., 2021).

Tämän tutkielman kannalta keskeisimmät taajuusalueet ovat alfa ja theta. Yleisesti ottaen stressin on havaittu näkyvän EEG:ssä alfataajuuksien voiman laskuna (Choi ym., 2015; Giannakakis ym., 2019). Stressistä palautumisen tulisi siis näkyä tämän taajuusalueen voiman lisääntymisenä. Alfaan voiman onkin havaittu lisääntyvän esimerkiksi erilaisten meditaatioharjoitusten yhteydessä (Lomas ym., 2015). Grassinin ja kumppaneiden (2019) luontovalokuvien elvyttävyyttä koskeneessa tutkimuksessa edellä mainittua jakoa tarkennettiin: luontovalokuvien havaittiin vahvistavan pääläen alueelta mitattujen matalampien alfataajuuksien (8–11 Hz) voimaa, kun taas ylemmät alfataajuudet (11–13 Hz) käyttäytyivät enemmän betataajuuksien kaltaisesti, eli niiden voima ei vahvistunut. Tulos antaa olettaa, että matalat alfa taajuudet soveltuvat korkeita paremmin rentoutuneisuuden indikaattoreiksi. Thetakaistan voima, etenkin pääläen keski- ja etuosissa, on puolestaan yhdistetty kognitiiviseen kontrolliin ja epävarmojen tilanteiden prosessointiin (Cavanagh & Shackman, 2015). Grassini ja kumppanit (2022) havaitsivat, että etenkin thetan yläkaista käyttäytyy alfa alakaistan kaltaisesti luontoärsykkeiden yhteydessä.

Virtuaalisten luontokokemusten vaikutusta aivosähkökäyrään on tutkittu huomattavasti psykologisia mittareita vähemmän. Ulrich (1981) löysi pioneeritutkimuksessaan näyttöä luontokuvien alfa-aaltoja voimistavasta vaikutuksesta verrattaessa kuviin urbaaneista ympäristöistä. Chang ja Chen (2005) vertasivat kuuden erilaisen toimistoympäristön vaikutuksia aivosähkökäyrään ja totesivat kasvien ja luontomaisemaan aukeavan ikkunan läpi katsomisen olevan positiivisessa yhteydessä alfa voimaan oikeassa etuoslohkossa. Sekä

urbaaniin- että luontomaisemaan aukeavan ikkunan läpi katselu oli positiivisessa yhteydessä myös vasemman etuotsalohkon alfan voimaan. Myös Roe ja kumppanit (2013) hyödynsivät valokuvia ja EEG:tä tutkiessaan luonnon elvyttävyyttä. Tutkimuksessa käytettiin laitevalmistajan ”tunteiden tunnistus” -ohjelmistoa, joka kääntää EEG:n eri aallonpituuksia erilaisiksi affektiivisiksi tiloiksi (ks. Aspinal ym., 2013). Tutkimuksen mukaan urbaanien kuvien katsominen korreloi virittyneisyyden (engl. arousal) kanssa ja luontokuvien katsominen korreloi kiinnostuneisuuden (engl. interest) kanssa. Latenttiluokka-analyysin mukaan meditaatio (engl. meditation), kiihtymys (engl. excitement) ja virittyneisyys erottelivat kuvatyyppejä merkitsevästi siten, että luontokuvien katsominen oli positiivisessa yhteydessä meditaatioon ja negatiivisessa yhteydessä virittyneisyyteen, ja urbaanien kuvien katsominen positiivisessa yhteydessä virittyneisyyteen.

Sahni ja Kumar (2020) tutkivat luontovideoiden vaikutusta tarkkaavaisuuden hermostollisiin korrelaatioihin EEG:n avulla. Tutkimuksen mukaan luontovideon katsominen lisäsi theta-aaltojen voimaa otsalohkon alueiden päällä sekä alfa-aaltojen voimaa otsalohkon ja pääläen alueiden päällä. Tutkijoiden mukaan thetan voimistuminen viittaa lisääntyneeseen tarkkaavaisuuden kontrolliin ja alfan voimistuminen vireystilan laskuun. Myös Grassini ja kumppanit (2022) löysivät tukea oletukselle luontovideoiden elvyttävästä vaikutuksesta. Koehenkilöt katsoivat videoita urbaaneista ympäristöistä ja luontoympäristöistä, minkä lisäksi kontrollitilanteena toimi näytönsäästäjän kaltaiset hitaasti liikkuvat abstraktit kuviot. Tutkimuksen mukaan matalien alfa-aaltojen (8–11 Hz) voima oli keskimäärin suurempaa luontovideoiden aikana verrattuna muihin tilanteisiin kaikkialla kallon pinnalla, kun taas kontrollitilanteen aikana matalan alfan voima oli alimmillaan. Luontotilanteen aikainen matalan alfan voima keskisten pääläen alueiden päältä mitattuna oli tilastollisesti suurempaa kuin urbaanin tilanteen vastaava. Keskisten alueiden päällä luontovideot tuottivat myös muita tilanteita vahvemman thetan ylätaajuuksien (7–8 Hz) voiman. Kontrollitilanteen ja luontotilanteen ero matalan alfan suhteen näkyi tilastollisesti merkitsevästi takaraivolohkon ja ohimolohkon elektrodeissa. Luonto- ja urbaani tilanne eivät eronneet takaraivolohkon elektrodeissa minkään taajuusalueen suhteen. Tutkijoiden mukaan havainnot viittaavat luontovideoiden aikaansaamaan elvyttävään vaikutukseen, jota valikoivan tarkkaavaisuuden inhibointi mahdollisesti välittää (lue Foxe & Snyder, 2011).

Uudempi tutkimus on hyödyntänyt virtuaalitodellisuuslaitteistolla välitettyjä luontokokemuksia. Wang ja kumppanit (2020) tuottivat kolme seinää ja lattian peittävällä

CAVE-virtuaalitodellisuusjärjestelmällä kaksi virtuaalista ympäristöä, jossa koehenkilöt liikkuvat kuntopyörän avulla. Ensimmäinen oli monipuolinen luonnollinen viherympäristö, jonka läpi kulki tie, ja toisessa tilanteessa seinille ja lattiaan heijastettiin abstrakteja maalauksia. Tutkimuksen mukaan alfan voima kasvoi molemmissa ryhmissä, minkä lisäksi luontotilanteen aikaansaama alfan kasvu oli tilastollisesti suurempaa kuin verrokkitilanteen. Tutkimuksen sisäänottokriteerinä oli yleistynyt ahdistushäiriödiagnoosi. Zhang ja kumppanit (2023) vertasivat virtuaalitodellisuuslaseilla katsottujen 360 asteisen luontovideon ja 360 asteisen toimistovideon vaikutuksia EEG:hen. Tutkimuksen mukaan luontotilanne oli yhteydessä toimistotilannetta vahvempaan theta-aaltojen voimaan pääläen alueen päällä, mikä tutkijoiden mukaan viittaa vahvempaan tarkkaavaisuuden valmiuteen luontotilanteessa. Tutkimuksen mukaan myös aivojen funktionaalinen yhdistyneisyys (engl. functional connectivity) oli luontotilanteessa suurempaa, mikä tutkijoiden mukaan viittaa suurempaan kognitiiviseen joustavuuteen luontotilanteessa. Gao ja kumppanit (2019) tutkivat virtuaalitodellisuuslaseilla katsottujen valokuvien elvyttävää vaikutusta EEG:n avulla kuudessa eri tilanteessa. Harmaasta, sinisestä ja neljä eri tiheyksistä metsää käsittävistä viherympäristöistä yksikään ei eronnut toisistaan alfan voiman suhteen. Silmät kiinni tapahtunut rentoutuminen tuotti kuitenkin kaikkia tilanteita vahvemman alfan voiman, minkä tutkijat tulkitsivat viittaavaan silmien kiinni pitämisen elvyttävämpään vaikutukseen. Li ja kumppanit (2021a) tutkivat ihmisistä tyhjän urbaanin, passiivisen viherympäristön sekä kolmen interaktiivisen viherympäristön elvyttävyyttä aivosähkökäyrän avulla. Tutkijat muodostivat EEG:n tehospektritiheyden pohjalta kolme psykologista indeksiä: valppaus (engl. alertness), sitoutuneisuus (engl. engagement) ja rauhallisuus (engl. calmness). Tutkimuksen mukaan eri ympäristöt erosivat toisistaan vain valppauden suhteen. Lisäksi kolme tilannetta viidestä (urbaani-, passiivinen viher- ja yksi interaktiivinen viherympäristö) saivat aikaan valppauden ja sitoutuneisuuden nousua ja rauhallisuuden laskua. Tutkijoiden mukaan tämä viittaa virtuaalitodellisuusympäristöjen kykyyn parantaa kognitiivisia toimintoja ja kognitiivista elpymistä.

Tutkimuksia on metodologisten eroavaisuuksiensa vuoksi vaikea vertailla keskenään. Kaikki tutkimukset eivät esimerkiksi keskittyneet alfan arvoihin ja osa hyödynsi laite- ja ohjelmistovalmistajien luomia data-analyysityökaluja. Myös elektrodien sijainti ja määrä vaihteli suuresti (1–64 elektrodi). Suurin osa tutkimuksesta kuitenkin tukee oletusta, jonka mukaan virtuaaliset luontokokemukset saavat aikaan fysiologista elpymistä. Virtuaalisten luontoympäristöjen ohella myös fyysisten viherympäristöjen elvyttävää vaikutusta on tutkittu

liikuteltavien EEG-laitteiden avulla (Aspinall ym., 2013; Bailey ym., 2018; Neale ym., 2017; Tilley ym., 2017). Tutkimus on vielä vähäistä, mutta alustava näyttö on yhtenevää laboratoriotutkimusten kanssa.

#### 1.4 Tutkimuksen tarkoitus ja hypoteesit

Tämän tutkimuksen ensisijainen tarkoitus on tutkia, kykeneekö Korpi Solutions Oy:n tuottama virtuaalinen luontokokemus elvyttämään työpäivän aikaista kuormitusta tietotyötä tekevillä. Kyseisen ärsykkeen tutkimisen ohella pyrin vahvistamaan virtuaalisten luontokokemusten tutkimusta vahvoilla metodologisilla valinnoilla. Tämän tutkimuksen vahvuuksia ovat kaksi erilaista palautumisen mittaria, koehenkilöiden uuvutus, erityisesti palautumista silmällä pitäen tuotettu ärsyke sekä yksilöllisen luontosuhteen moderaation huomioiminen.

Intervention elvyttävä potentiaali pyritään määrittämään sekä itsearvioinnin että objektiivisemmän aivosähkökäyrän avulla. Tutkimuksen ensimmäinen pääkysymys on, kokevatko koehenkilöt luontokokemuksen elvyttävänä. Aiemman tutkimuksen ja teorian perusteella asetan hypoteesin, että Korpi Solutions Oy:n virtuaalinen luontokokemus lisää itsearvioitua elpyneisyyttä: Restorative outcome scale -pistemäärä kasvaa virtuaalisen luontokokemuksen seurauksena ja on luontokokemuksen jälkeen korkeampi kuin kontrolliärsykkeen jälkeen. Tutkimuksen toinen pääkysymys on, näkyykö luontovideon mahdollinen elvyttävä vaikutus koehenkilöiden aivosähkökäyrässä. Videoiden aikana mitattu aivosähkökäyrä jaettiin viiteen yhden minuutin mittaiseen jaksoon. Aiemman tutkimuksen ja teorian pohjalta asetan hypoteesin, että luontovideon katsominen on yhteydessä matalien alfa-aaltojen (8–10 Hz) voiman lisääntymiseen: alfan voima kasvaa luontovideon aikana, mutta ei kontrollivideon aikana ja on luontovideon jälkeen suurempi kuin kontrollivideon jälkeen. Käytän alfan alakaistan raja-arvoina Koiviston ja kumppaneiden (2022) määrittämiä arvoja. Tutkin myös thetan yläkaistaa (6–8 Hz) ja alfan yläkaistaa (10–13 Hz) osana analyysiä, mutta en aseta näille taajuuksialueille erityistä hypoteesia. Aiemman tutkimuksen perusteella voisi olettaa thetan yläkaistan reagoivan alfan alakaistan kaltaisesti, mutta thetan yläkaistaa on tutkittu elpymisen yhteydessä vähemmän, eikä mahdollisille muutoksille ole yhtä selvää tulkintaa. Alfan yläkaistalle taas tulisi esittää nollahypoteesi, joka on vaikea osoittaa todeksi. Pääkysymysten ohella tarkastelen eksploratiivista kysymystä siitä, moderoiko luontoyhteys virtuaalisen luontokokemuksen mahdollista efektiä.

## 2 Menetelmät

Tutkimus toteutettiin Korpi Solutions Oy:n, Turun ammattikorkeakoulun ja Turun yliopiston yhteistyönä.

### 2.1 Koehenkilöt

Koehenkilöiksi (n=30) rekrytoitiin nuoria aikuisia turkulaisia korkeakouluopiskelijoita ja ammattikorkeakoulun henkilökuntaa (19 miestä, 11 naista). Koehenkilöiden ikäjakauma oli 18–38, iän keskiarvo oli 26 vuotta. Rekrytointi ja mittaukset suoritettiin Turun ammattikorkeakoulun toimesta. Mittaukset tehtiin toukokuun ja kesäkuun aikana. Korpi Solutions Oy kohdentaa tuotteensa tietotyöntekijöille, ja opintojensa vuoksi korkeakouluopiskelijat ovat edustava otos kohdepopulaatiosta (Burr ym., 2020). Korkeakouluopiskelun ja tietotyön arkiset vaatimukset ovat hyvin samankaltaiset (Broberg, 2001). Opiskelu on jatkumo entuudestaan tuntemattomia ongelmanratkaisutilanteita, jotka sekä vaativat että kehittävät kommunikaatiokykyjä, kriittistä ajattelua ja informaatioteknologian sujuvaa käyttöä. Sisäänottokriteereinä oli ikä väliltä 18–39. Poissulkukriteereitä olivat vakavat neurologiset- ja psykiatriset häiriöt sekä keskushermostoon vaikuttavien lääkkeiden käyttö. Kokeeseen osallistuminen oli vapaaehtoista ja osallistumista kompensoitiin elokuvateatterilipulla. Koehenkilöillä oli oikeus keskeyttää koe syytä ilmoittamatta. Tutkimuksen ennakoarvioi Turun ammattikorkeakoulun tutkimuseettinen toimikunta.

### 2.2 Materiaalit ja laitteisto

#### 2.2.1 Ärsykkeet

Interventiotilanteessa ärsykkeenä käytettiin Korpi Solutions Oy:n tuottamaa videoitua luontokävelyä (Kuva 1) (<https://vimeo.com/765401682>). Video on kuvattu aurinkoisena kesäpäivänä Kytäjä-USmin ulkoilualueella Hyvinkäällä ja kestää kokonaisuudessaan viisi minuuttia. Video on kuvattu ensimmäisestä persoonasta ja simuloi kävelyä metsäpolulla sekä muutamaa lyhyttä pysähdystä maiseman ja veden äärelle. Äänimaisema on koostettu paikan päällä äänitetyistä luonnon äänistä. Videon resoluutio on 1920x1080. Kontrollitilanteen ärsykkeenä käytettiin useasta säätiedotuksesta koostettua videota, jossa esiintyi useita

tiedottajia ja erilaisia ennustettuja sääoloja. Kontrolliärsyke valittiin sen arkisuuden ja neutraaliuden perusteella. Myös kontrolliärsykkeen kesto oli viisi minuuttia.



**Kuva 1.** Kuvakaappaus interventiona käytetystä videosta.

## 2.2.2 Koehenkilöiden kuormitus

Tietotyön kuormittavia vaikutuksia pyrittiin mallintamaan kahdella kuormitustehtävällä, joiden tarkoitus oli uuvuttaa koehenkilöiden kognitiivisia resursseja ja lisätä stressiä. Aritmeettisen kuormitustehtävän aikana koehenkilölle esitettiin ensimmäisen asteen yhtälöitä, joihin hänen tuli vastata nopeasti ”oikein” tai ”väärin” -vaihtoehtoista. Puolet yhtälöistä oli oikein, puolet väärin. Kunkin yhtälön ratkaisuun oli käytettävissä kolme sekuntia ja ajan kulumisen esitettiin visuaalisesti. Vastauksesta sai välittömän palautteen ”oikein”, ”väärin” tai ”liian hidas”. Tehtävän kokonaiskesto oli kolme minuuttia. Numerosarjat taaksepäin on työmuistitehtävä, jossa koehenkilön tulee pitää mielessään kuulemansa numerosarja ja toistaa se päinvastaisessa järjestyksessä. Numerosarjojen pituus kasvoi tehtävän edetessä alkaen kolmesta ja päättyen seitsemään, ja kunkin pituisia numerosarjoja esitettiin kaksi kappaletta.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Numerosarjat taaksepäin -tehtävää oli tarkoitus käyttää myös kognitiivisen elpymisen mittaamiseen, mutta ohjelmointivirheen vuoksi data ei tallentunut ja kyseinen tehtävä toimi ainoastaan kuormitustehtävänä.

Tehtävät ovat kognitiivisesti kuormittavia. Niistä suoriutuminen vaatii informaation nopeaa havaitsemista, mielessä säilyttämistä ja manipulointia, ongelmanratkaisua ja vastauksen tuottamista sekä nopeaa uudelleenorientoitumista tehtävän (yhtälön tai numerosarjan) vaihtuessa. Päässälaskutehtävän stressaavuutta lisäsi myös aikaraja ja palautteen saaminen henkilökohtaisesta onnistumisesta.

### 2.2.3 Laitteisto

Testaus suoritettiin hiljaisessa huoneessa, jonka ikkunat oli peitetty harmailla verhoilla. Koehenkilöt istuivat noin kahden metrin etäisyydellä 65 tuumaisesta Samsung led-televisiosta (HG65EJ690UB). Videon äänet toistettiin kuulokkeiden kautta. Koe toteutettiin ja aineisto kerättiin iMotions 9.2-ohjelmistolla (iMotions A/S, Kööpenhamina, Tanska). Vastaaminen tapahtui hiiren avulla. EEG:n mittaamiseen käytettiin Neuroelectronics Enobio 8 -järjestelmää (Neuroelectronics, Barcelona, Espanja). Tutkimuksen osana mitattiin myös ihon sähköjohtokykyä, mutta kyseistä dataa ei käsitellä tässä tutkielmassa.

### 2.2.4 Restorative outcome scale-kysely

Korpela ja kumppanit (2008, 2010) kehittivät ympäristön elvyttäviä vaikutuksia mittaavan itsearviointilomakkeen aiempien itsearviointimittareiden ja teoreettisen kirjallisuuden pohjalta. Kyselylomake validoitiin suomalaisilla kaupunkilaisilla ( $n_1 = 1273$ ,  $n_2 = 427$ ) ja sen realibiliteetti todettiin hyväksi (Cronbachin alfa = .92, toistomittausten  $r = .60$ ) (Korpela ym., 2008). Restorative outcome scale (tästä lähtien ROS) koostuu kuudesta kysymyksestä, joista kolme koskee tämänhetkistä rentoutumista ja rauhallisuutta ("olen rauhallinen", "oloni on elpynyt ja rentoutunut", "minulla on intoa ja pirteyttä arkiaskareisiini"), kaksi koskee ajatusten selkeytymistä ("ajatukseni ovat selkeät ja kirkkaat", "pystyn unohtamaan arkipäivän huolet ja murheet") ja yksi tarkkaavaisuuden elpymistä ("olen valpas ja keskittymiskykyinen"). Kuhunkin kysymykseen vastataan seitsemäportaisella Likert-asteikolla. Yksifaktorinen kysely tuottaa elpyneisyyttä heijastavan summapistemäärän, jonka teoreettinen vaihteluväli on 6–42. Suurempi ROS-pistemäärä kuvastaa suurempaa rentoutuneisuutta ja elpyneisyyttä (Korpela ym., 2008; Korpela ym., 2010).

### 2.2.5 Extended inclusion of nature in self-kysely

Schultzin (2002) kehittämä Inclusion of nature in self -skaala (tästä lähtien INS) on yksi käytetyimmistä itsearvioidun luontoyhteyden mittareista (Pritchard ym., 2020). INS mittaa luontoyhteyttä yhdellä visuaalisesti esitetyllä, seitsenportaisella arviointitehtävällä, jolla arvioidaan itsen ja luonnon läheisyyttä. Martin ja Czellar (2016) kehittivät INS:stä psykometrisesti vahvemman, neljäkohtaisen version, Extended inclusion of nature in self -skaalan (tästä lähtien EINS).

EINS validoitiin kuuden tutkimuksen avulla (Martin & Czellar, 2016). Tutkimuksissa selvitettiin yksilöiden luontosuhteita kuvaavia metaforia ja verrattiin näiden pohjalta laajennettua skaalaa jo olemassa oleviin luontoyhteyden mittareihin. Lisäksi tutkittiin uuden skaalan kykyä ennustaa luontosuhteeseen liittyviä piirteitä (esimerkiksi vihreitä arvoja ja niiden mukaista käytöstä) sekä ajallista reliabiliteettia. Tutkimusten mukaan EINS korreloi INS:ää vahvemmin muiden testien kanssa, latautuu vakaasti yhdelle faktorille ja kykenee ennustamaan luontosuhteeseen liittyviä piirteitä yhtä hyvin kuin moni kestollisesti pidempi luontoyhteyden mittari. Myös ajallinen realibiliteetti todettiin hyväksi (Cronbachin alfat = 0.88 & 0.91, toistomittausten  $r = 0.84$ ).

EINS-kyselyn suomennettu versio on esitetty Kuvassa 2. Itsen ja luonnon päällekkäisyyden ohella EINS:llä arvioidaan etäisyyttä itsen ja luonnon välillä sekä luonnon merkitystä koon ja keskeisyyden kautta. Skaalan teoreettinen vaihteluväli on 4–28. Suurempi EINS-summapistemäärä kuvaa vahvempaa luontoyhteyttä (Martin & Czellar, 2016).



Valitse seuraavista kuvio, joka kuvaa parhaiten suhdettasi luonnolliseen ympäristöön.



Valitse seuraavista kuvio, joka kuvaa parhaiten luontoa, kun ajattelet suhdettasi luonnolliseen ympäristöön.



Valitse seuraavista kuvio, joka kuvaa parhaiten suhdettasi luonnolliseen ympäristöön.



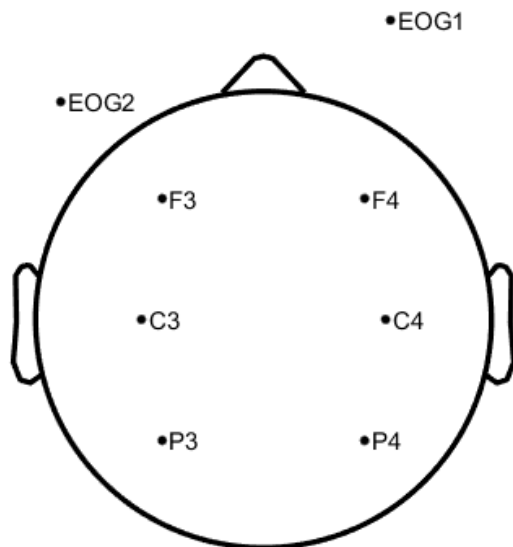
Valitse seuraavista kuvio, joka kuvaa parhaiten suhdettasi luonnolliseen ympäristöön.



**Kuva 2.** Suomennettu EINS-kysely.

## 2.2.6 Aivosähkökäyrän mittaus ja datan käsittely

EEG-mittaukset toteutettiin Neuroelectronics Enobio 8 -vahvistimen ja iMotions 9.2-ohjelmiston avulla. Järjestelmän kaistanleveys on 0–125 Hz ja näytteenottonopeus 500 näytettä sekunnissa. Mittaukseen käytettiin kuutta 10–10-systeemin mukaisesti sijoitettua NG Geltrode geelielektrodia (F3, F4, C3, C4, P3, P4) ja erillistä elektrodigeeliä. Elektrodit asetettiin koehenkilön päähän elektrodimyssyn avulla. Referenssielektrodi sijoitettiin vasempaan korvannipukkaan. Silmänliikkeet ja räpäytykset mitattiin kahdella NG Geltrode geelielektrodilla (EOG1, EOG2), joista toinen asetettiin 2 cm oikean silmän alapuolelle ja toinen 2 cm oikeasta silmästä oikealle. Elektrodien sijainnit on esitetty Kuvassa 3.



**Kuva 3.** Elektrodien sijainnit.

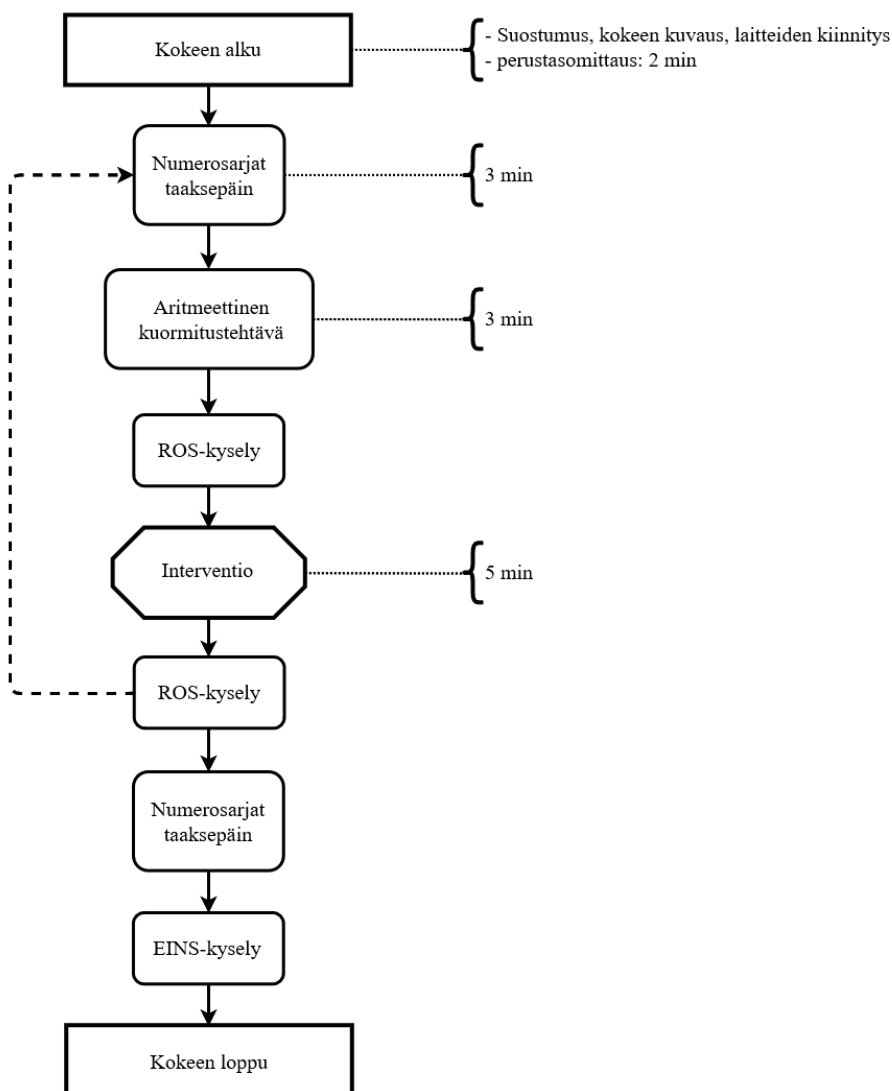
EEG-data esikäsiteltiin MatLabin (The Math Works Inc., Natick, USA) version R2021b:n EEGLAB 2021.0 -paketilla (Delorme & Makeig, 2004). Näytetaajuus laskettiin 500 Hz:stä 256 Hz:iin ja 1 Hz:n alittava ja 40 Hz:n ylittävä aktivaatio suodatettiin pois. Häiriöitä sisältävät jaksot EEG:ssä korjattiin EEGLAB:n Artifact Subspace Reconstruction -toiminnolla (kriteeriarvona ohjelman oletusarvo 20). Joissain elektrodeissa ilmeni kontaktiongelmia. Tällaisia elektrodeja interpoloitiin 11 koehenkilöllä yksi kappaletta, kahdella koehenkilöllä kaksi kappaletta ja yhdellä koehenkilöllä kolme kappaletta. Neljän koehenkilön EEG:ssä havaittiin voimakkaita, koeasetelmasta johtumattomia piikkejä tehossa. Näiden koehenkilöiden data poistettiin analyysistä ja lopullinen EEG-analyysien koehenkilömäärä oli 26. Data jaettiin ärsyketyypin mukaan kahteen luokkaan (virtuaalinen luonto/kontrolli), jotka molemmat jaettiin viiteen yhden minuutin mittaiseen jaksoon. Yhden minuutin mittaiset jaksot koettiin riittävän pitkiksi, jotta niistä voitiin laskea luotettavasti eri taajuusalueiden voima, ja toisaalta riittävän lyhyiksi, jotta niiden avulla voitiin analysoida videoiden vaikutusta katsomisen aikana.

Jokaisen jakson theta-aktivaation yläkaistan (6–8 Hz), alfa-aktivaation alakaistan (8–10 Hz) ja alfa-aktivaation yläkaistan (10–13 Hz) teho laskettiin nopean Fourierin muunnoksen (FFT = fast Fourier transform) avulla käyttäen kahden sekunnin Hamming-ikkunaa ja 50 %:n päällekkäisyyttä. Darbeliai-paketin (Baranauskas, 2019) avulla jaksoista analysoitiin

absoluuttinen teho eri elektrodeille. Tilastoanalyysjä varten laskettiin keskiarvo kaikista kuudesta päälakielektrodista. Analyysseissä käytettiin logaritimuunnettuja arvoja.

### 2.3 Tutkimuksen asetelma ja kulku

Koe toteutettiin vastabalansoituna koehenkilöiden sisäisen vertailun asetelmana. Kokeen kulku on esitetty Kuvassa 4.



**Kuva 4.** Kokeen kulku.

Aluksi koehenkilö allekirjoitti suostumuslomakkeen, josta käy ilmi kokeen vapaaehtoisuus ja oikeus keskeyttää koe syytä ilmoittamatta. Osallistujille kerrottiin tutkimuksen koskevan videoiden vaikutusta mielentilaan ja suorituskyykyyn, minkä lisäksi heitä ohjeistettiin välttämään voimakasta liikehdintää kokeen aikana. Tutkimuksen kestoksi ilmoitettiin noin 40

minuuttia. Kuvauksen jälkeen seurasi kaksi minuuttia kestänyt perustasomittaus, jonka aikana tutkittavia kehoitettiin istumaan rauhallisesti paikallaan.

Ensimmäisellä kerralla tehtäessä kuormitustehtäviä edelsi lyhyt ohjevideo tehtävän suorittamisesta. Molempien kuormitustehtävien kestot olivat kolme minuuttia. Niitä seurasi kuormituksen jälkeinen, pre-interventio ROS-kysely, jota seurasi interventioärsyke. Puolet koehenkilöistä näki interventiovaiheessa ensin luontovideon, puolet kontrollivideon. Molempien kesto oli viisi minuuttia. Tätä seurasi post-interventio ROS-kysely. Post-interventio ROS-kyselyä seurasi uusi kierros kuormitustehtäviä sekä pre- ja post-interventio ROS-kyselyt. Ennen kokeen päättymistä koehenkilö täytti EINS-kyselyn.

## 2.4 Tilastanalyysit

Analyysit tehtiin R-ohjelmistolla. Käytetyt paketit olivat lmerTest (Kuznetsova ym., 2017), dplyr (Wickham ym., 2022), lme4 (Bates ym., 2015), car (Fox & Weisberg, 2019), ggplot2 (Wickham, 2016) ja sjPlot (Lüdecke, 2022) sekä MuMin (Nakagawa & Schielzeth, 2013). Intervention vaikutus ROS-kyselyn tuloksiin analysoitiin lineaarisella sekamallilla, jossa tilanne (virtuaalinen luontovideo/kontrollivideo), mittausajankohta (pre ja post) sekä näiden yhdysvaikutus olivat kiinteät selittävät tekijät ja koehenkilö satunnaisvaihtelua selittävä tekijä. EINS-kyselyn mahdollinen moderaatio tutkittiin sekamallilla, johon keskitetty EINS-pistemäärä yhdysvaikutuksineen lisättiin kiinteäksi selittäväksi tekijäksi. Keskittämätön EINS-pistemäärän keskiarvo oli 19 pistettä (SD = 4.2, Vaihteluväli = [12, 28], CI = [17.5, 20.6]), ja pistemäärien jakauma ei poikennut normaalista (Shapiro-Wilk-testi,  $W=0.958$ ,  $p=0.272$ ).

Intervention vaikutus EEG:hen analysoitiin myös lineaarisella sekamallilla, jossa tilanne (virtuaalinen luontovideo/kontrollivideo), mittausajankohta (1., 2., 3., 4. ja 5. minuutti) sekä niiden yhdysvaikutukset olivat kiinteät selittävät tekijät ja koehenkilö satunnaisvaihtelua selittävä tekijä. Intervention vaikutus analysoitiin erikseen kolmelle taajuuskaistalle (thetan yläkaista, alfan alakaista, alfan yläkaista). Referenssikategoriat olivat luontotilanne ja 5. minuutti. Luontoyhteyden mahdollinen moderaatio tutkittiin mallilla, johon lisättiin keskitetty EINS-pistemäärä yhdysvaikutuksineen kiinteäksi selittäväksi tekijäksi.

Malleista esitetään marginaalinen- ja ehdollinen selitysaste (Nakagawa & Schielzeth, 2013). Marginaalinen selitysaste kuvaa sitä, kuinka paljon mallin kiinteät vaikutukset selittävät vastemuuttujan varianssista. Ehdollinen selitysaste puolestaan kuvaa sitä, kuinka paljon sekä kiinteät että satunnaiset vaikutukset selittävät vastemuuttujan varianssista. Kaikissa analyyseissä tilastollisen merkitsevyyden raja-arvona käytettiin p-arvoa .05.

### 3 Tulokset

#### 3.1 Intervention vaikutus itsearvioituun elpyneisyyteen

Taulukosta 1. on nähtävissä ROS-pistemäärien tunnusluvut ryhmäkohtaisesti ennen interventiovideon ja kontrollivideon katsomista ja niiden katsomisen jälkeen. Havaittujen EINS-pistemäärien tunnusluvut on esitetty Taulukossa 2.

**Tauluko 1.** *Havaittujen ROS-pistemäärien keskiarvot ja keskihajonnat*

Ajankohta	Interventio ensin		Kontrolli ensin		Kaikki koehenkilöt	
	ka	kh	ka	kh	ka	kh
Pre-luontovideo	23,6	7,36	27,73	7,75	25,67	7,72
Post-luontovideo	26,67	6,70	28,4	8,30	27,53	7,46
Pre-kontrollivideo	26,67	8,46	26,8	8,60	26,73	8,38
Post-kontrollivideo	23,67	8,36	26,53	8,05	25,10	8,20

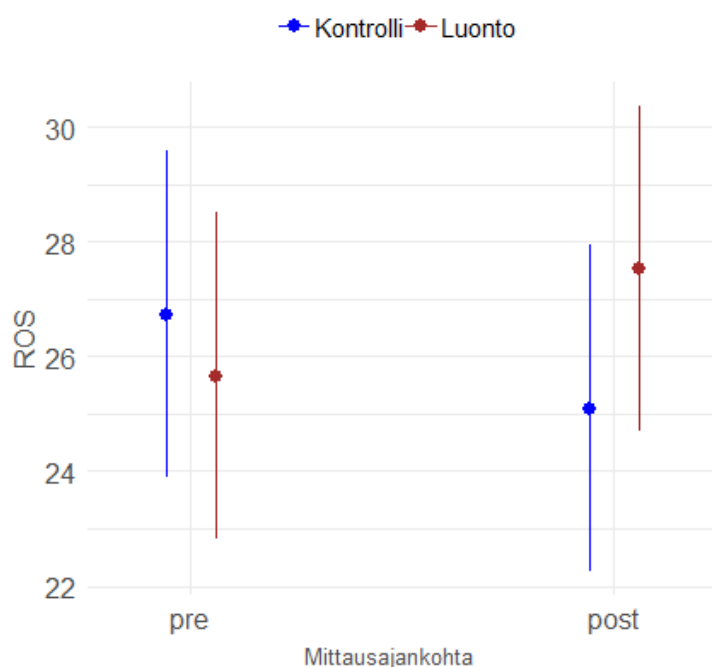
Tunnusluvut mittausajankohdan mukaan vastabalansointia seuranneissa ryhmissä sekä kaikkien koehenkilöiden yhteenlasketut arvot.

**Taulukko 2.** *Havaittujen EINS-pistemäärien keskiarvot ja keskihajonnat*

Ryhmä	ka	kh
Interventio ensin	19,93	4,32
Kontrolli ensin	18,13	4,02
Kaikki koehenkilöt	19,03	4,20

Lineaarisen sekamallin mukaan ROS-pistemäärät eivät eronneet tilanteiden kesken ennen interventiota ( $p = .199$ ). Saman mallin mukaan ROS-pistemäärä kasvoi keskimäärin 1.87 pistettä virtuaalisen luontokokemuksen seurauksena ( $CI = [0.26, 3.47]$ ,  $SE = .79$ ,  $t(87) = 2.37$ ,  $p = .026$ ). Mittausajankohdan ja interventiotyyppin yhdysvaikutus (Kuva 5) oli tilastollisesti

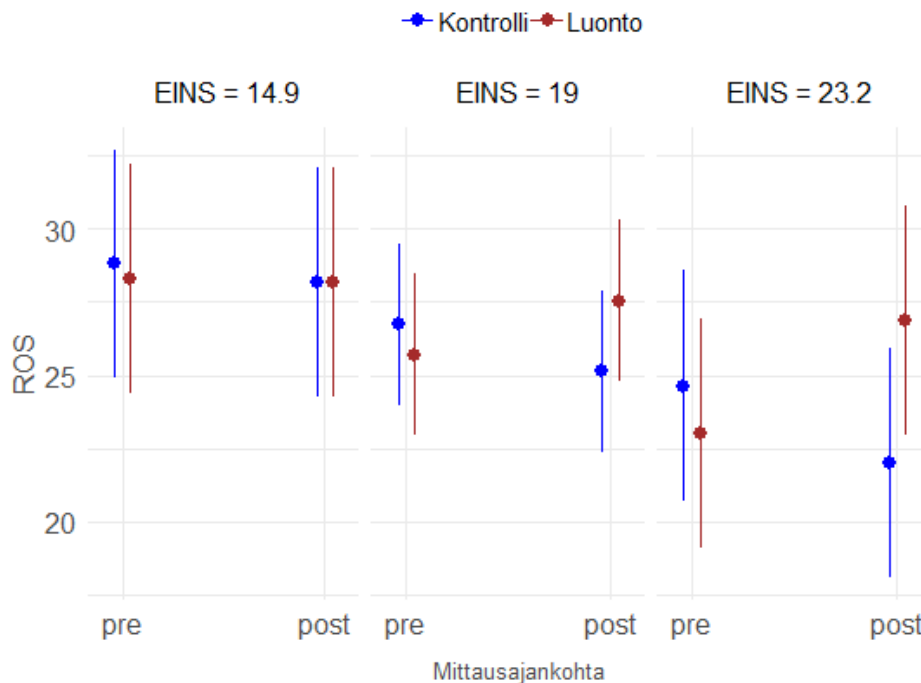
merkitsevä ( $B = 3.50$ ,  $CI = [1.22, 5.78]$ ,  $SE = 1.16$ ,  $t(87) = 3.01$ ,  $p = .003$ ), viitaten siihen, että ROS-pistemäärät kasvoivat tilastollisesti enemmän luontotilanteessa verrattuna kontrollitilanteeseen. Kontrollitilanteena toimineen säätiedotuksen vaikutus jäi hienoisesti alle tilastollisen merkitsevyyden ( $B = -1.63$ ,  $CI = [-3.24, -0.03]$ ,  $SE = .82$ ,  $t(87) = -1.98$ ,  $p = .050$ ). Tuloksen mukaan säätiedotuksen mahdollinen vaikutus olisi kuitenkin kuormittava. ROS-pistemäärä virtuaalisen luontokokemuksen jälkeen oli keskimäärin 2.43 pistettä korkeampi kuin säätiedotuksen jälkeen ( $CI = [0.83, 4.04]$ ,  $SE = .82$ ,  $t(87) = 2.96$ ,  $p = .004$ ). Malli selitti huomattavan osan ROS-pistemäärien vaihtelusta (ehdollinen  $R^2 = 0.84$ ). Satunnaisvaihtelua selittävän tekijän sisällyttäminen malliin paransi selitysasetta huomattavasti (marginaalinen  $R^2 = 0.01$ ).



**Kuva 5.** Elpymistä mittaavan ROS-kyselyn havaitut pistemäärät ja 95 %:n luottamusvälit ennen interventiota (pre) ja sen jälkeen (post) interventiotyypeittäin (kontrolli vs. luonto).

Koska EINS-skaalalla mitattua luontoyhteyttä lähestyttiin eksploratiivisena kysymyksenä, tutkittiin sen vaikutusta erillisellä sekamallilla. EINS-pistemäärällä, mittausajankohdalla ja interventiotyyppillä oli tilastollisesti merkitsevä yhdysvaikutus ( $B = 3.01$ ,  $CI = [0.87, 5.16]$ ,  $SE = 1.12$ ,  $t(84) = 2.69$ ,  $p = .009$ ). Tämä tarkoittaa, että luontoyhteyden vahvuus oli positiivisessa yhteydessä tilanteiden välisten post-ROS-pistemäärien erotukseen verrattuna tilanteiden välisten pre-ROS-pistemäärien erotukseen (Kuva 6). Vahvempi luontoyhteys oli siis yhteydessä suurempaan virtuaalisen luontointervention elvyttävyyteen. EINS-pistemäärän

lisääminen paransi mallin selitysasetta hieman (ehdollinen  $R^2 = 0.86$ ). Satunnaisvaihtelua selittävän tekijän sisällyttäminen malliin paransi selitysasetta huomattavasti (marginaalinen  $R^2 = 0.09$ ).

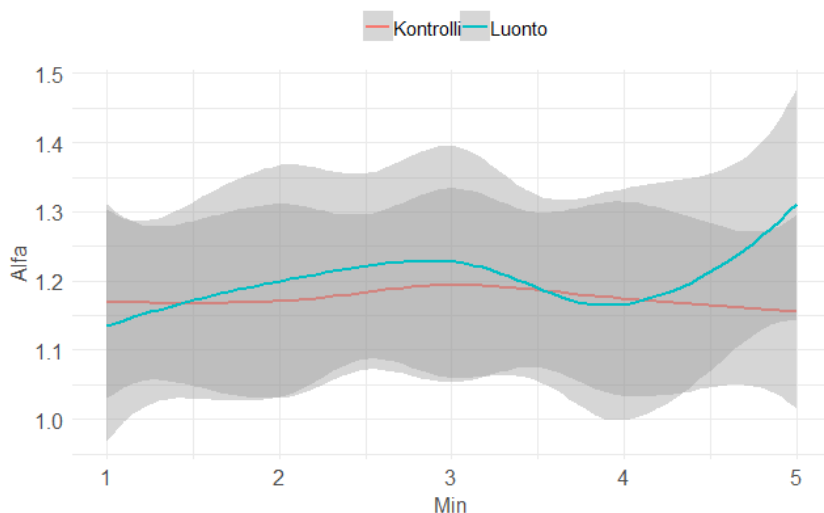


**Kuva 6.** EINS-pistemäärän ja interventiotyyppin ennustamat ROS-pistemäärät eri mittausajankohdissa. Keskellä ennustetut ROS-pistemäärät ja 95 %:n luottamusvälit EINS-pisteiden keskiarvon mukaisessa tilanteessa. Vasemmalla ennustetut ROS-pistemäärät yhden keskihajonnan matalammassa ja oikealla yhden keskihajonnan korkeammassa tilanteessa.

## 3.2 Intervention vaikutus aivosähkökäyrään

### 3.2.1 Alfa-aktivaation alakaista

Kuvasta 7 on nähtävissä, että myöskään alfan alakaistan (8–10 Hz) voima ei kasvanut lineaarisesti luontovideon aikana. Neljännen minuutin kohdalla näkyy samankaltainen lasku luontovideon aikana kuin thetan yläkaistassa.



**Kuva 7.** Alfa alakaistojen havaittu logaritmikorjattu voima luonto- ja kontrollitilanteissa eri mittausajankohtina. Harmaa alue kuvaa 95 %:n luottamusväliä.

Kun luontovideon vaikutusta tarkasteltiin mallilla, jossa mittausajankohta oli kategorinen muuttuja ja referensseiksi oli asetettu luontotilanne ja viides minuutti, havaittiin että alfan matalien taajuuksien voima oli tilastollisesti suurempi kuin ensimmäisen, toisen ja neljännen minuutin kohdalla. Tämä viittaa voiman lisääntyvään trendiin luontovideon edetessä. Mallin tulokset on esitetty Taulukossa 3. Alfa matalien taajuuksien voima viidennen minuutin kohdalla oli luontotilanteessa myös tilastollisesti suurempi kuin kontrollitilanteessa. Luontotilanne ja kontrollitilanne eivät eronneet alfan matalien taajuuksien voiman suhteen kun referenssiksi asetettiin ensimmäinen minuutti ( $B = 0.03$ ,  $CI = [-0.13, 0.06]$ ,  $SE = 0.05$ ,  $t(225) = -0.70$ ,  $p = .485$ ). Alfa voima ei myöskään kasvanut kontrollitilanteen aikana. Tulokset viittaavat luontovideon matalia alfa-aaltoja voimistavaan vaikutukseen, mutta eivät anna viitteitä vastaavasta kontrollivideon aikana. Malli selitti huomattavan osan alfan alakaistan voiman vaihtelusta (ehdollinen  $R^2 = 0.80$ ). Satunnaisvaihtelua selittävän tekijän sisällyttäminen malliin paransi selitystasetta huomattavasti (marginaalinen  $R^2 = 0.01$ ). Kun malliin lisättiin keskitetty EINS-pistemäärä, luontoyhteyden, mittausajankohdan ja videotyypin yhdysvaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä ( $p = .585$ ).



**Taulukko 3.** Lineaarisen sekamallin estimaatit alfan alakaistan voiman muutoksista

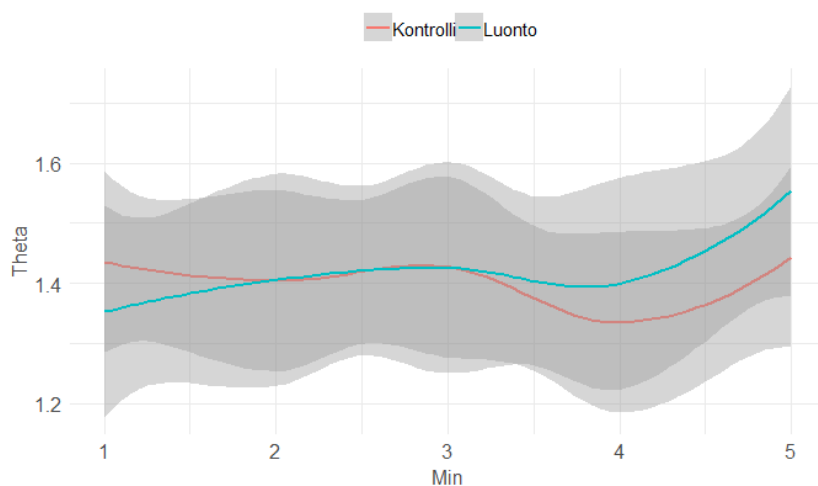
Vertailtavat arvot	B	CI	SE	df	t	p
1. vs. 5. minuutti (luonto)	-.18	-0.27, -0.08	.05	225	-3.54	<.001***
2. vs. 5. minuutti (luonto)	-.11	-0.21, -0.02	.05	225	-2.25	.025 *
3. vs. 5. minuutti (luonto)	-.08	-0.18, -0.01	.05	225	-1.68	.094 .
4. vs. 5. minuutti (luonto)	-.15	-0.24, -0.05	.05	225	-2.92	.004 **
Kontrolli vs. luonto (5. min)	-.16	-0.25, -0.06	.05	225	-3.14	.002 **
Kontrolli 1. min vs. luonto 5.min	.19	0.06, 0.33	.07	225	2.72	.007 **
Kontrolli 2. min vs. luonto 5.min	.13	-0.01, 0.26	.07	225	1.82	.071 .
Kontrolli 3. min vs. luonto 5.min	.12	-0.01, 0.26	.07	225	1.75	.082 .
Kontrolli 4. min vs. luonto 5.min	.16	0.03, 0.30	.07	225	2.34	.020 *

B = kulmakerroin, CI = luottamusvälit, SE = keskivirhe, df = vapausasteet, p = p-arvo

\*\*\*<.001, \*\*<.01, \*<.05, .<.1

### 3.2.2 Theta-aktivaation yläkaista

Kuten Kuvasta 8 on nähtävissä, thetan (6–8 Hz) voima ei kasvanut täysin lineaarisesti luontovideon aikana. Voiman kasvussa tapahtuu hidastumista neljännen minuutin kohdalla.



**Kuva 8.** Thetan yläkaistojen havaittu logaritmikorjattu voima luonto- ja kontrollitilanteissa eri mittausajankohtina. Harmaa alue kuvaa 95 %:n luottamusväliä.

Luontovideon vaikutusta thetan yläkaistojen voimaan tarkasteltiin mallilla, jossa ajankohta oli kategorinen muuttuja ja referenssikategoriat olivat viides minuutti ja luontotilanne. Thetan

voima oli tilastollisesti suurempi kuin kaikkien edeltävien mittausajankohtien kohdalla (Taulukko 4). Thetan voima viidennen minuutin kohdalla oli myös luontotilanteessa tilastollisesti suurempi kuin kontrollitilanteessa. Kun referenssiksi asetettiin ensimmäinen minuutti, luontotilanne ja kontrollitilanne eivät eronneet thetan yläkaistojen voiman suhteen tilastollisesti merkitsevästi ( $B = 0.08$ ,  $CI = [-0.02, 0.18]$ ,  $SE = 0.05$ ,  $t(225) = 1.57$ ,  $p = .118$ ), mikä viittaa lähtötasojen olevan lähellä toisiaan. Kontrollivideon aikaisessa thetan voimassa ei ole havaittavissa samankaltaista trendiä, ja ainoastaan neljännen ja viidennen minuutin arvot eroavat toisistaan tilastollisesti. Tulokset viittaavat luontovideon thetan yläkaistojen voimaa lisäävään vaikutukseen, mutta eivät anna viitteitä samankaltaisesta efektistä kontrollitilanteessa. Malli selitti huomattavan osan thetan yläkaistan voiman vaihtelusta (ehdollinen  $R^2 = 0.80$ ). Satunnaisvaihtelua selittävän tekijän sisällyttäminen malliin paransi selitystasetta huomattavasti (marginaalinen  $R^2 = 0.02$ ). Kun keskitetty EINS-pistemäärä lisättiin malliin luontoyhteyden, mittausajankohdan ja videotyyppin yhdysvaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä ( $p = .664$ ).

**Taulukko 4.** Lineaarisen sekamallin estimaatit thetan yläkaistan voiman muutoksista

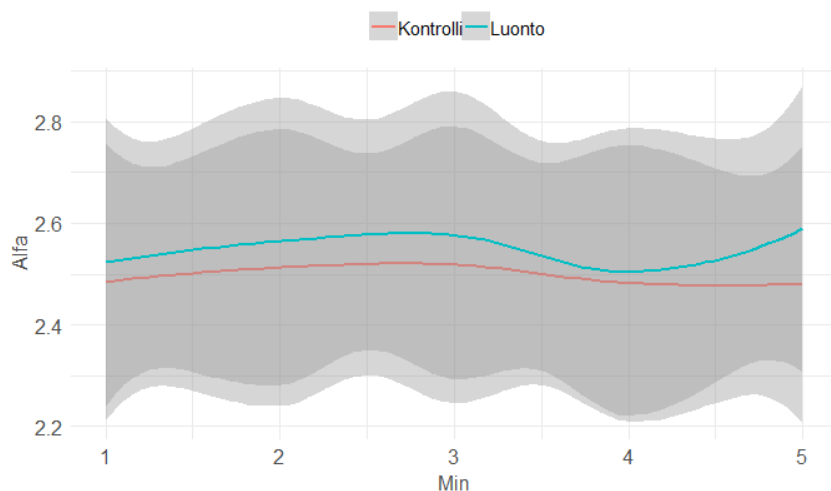
Vertailtavat arvot	B	CI	SE	df	t	p
1. vs. 5. minuutti (luonto)	-.20	-0.30, -0.10	.05	225	-3.80	<.001 ***
2. vs. 5. minuutti (luonto)	-.15	-0.25, -0.05	.05	225	-2.80	.006 **
3. vs. 5. minuutti (luonto)	-.13	-0.23, -0.03	.05	225	-2.41	.017 *
4. vs. 5. minuutti (luonto)	-.15	-0.26, -0.05	.05	225	-2.91	.004 **
Kontrolli vs. luonto (5. min)	-.11	-0.21, -0.01	.05	225	-2.07	.040 **
Kontrolli 1. min vs. luonto 5.min	.19	0.05, 0.34	.07	225	2.57	.011*
Kontrolli 2. min vs. luonto 5.min	.11	-0.04, 0.25	.07	225	1.44	.151
Kontrolli 3. min vs. luonto 5.min	.11	-0.03, 0.25	.07	225	1.48	.140
Kontrolli 4. min vs. luonto 5.min	.04	-0.10, 0.19	.07	225	0.60	.553

B = kulmakerroin, CI = luottamusvälit, SE = keskivirhe, df = vapausasteet, p = p-arvo

\*\*\*<.001, \*\*<.01, \*<.05, .<.1

### 3.2.3 Alfa-aktivaation yläkaista

Kuvasta 9 on havaittavissa maltillista voiman lisääntymistä alfan yläkaistalla (10–13 Hz) sekä aiemman kaltainen lasku neljännen minuutin kohdalla.



**Kuva 9.** Alfaan yläkaistojen havaittu logaritmikorjattu voima luonto- ja kontrollitilanteissa eri mittausajankohtina. Harmaa alue kuvaa 95 %:n luottamusväliä.

Alfan yläkaistojen voima ei eronnut minkään mittausajankohtien välillä, kun intervention vaikutusta tarkasteltiin mallilla, jossa mittausajankohta oli kategorinen muuttuja ja referensseinä olivat luontotilanne ja viides minuutti (Taulukko 5). Alfaan voima viidennen minuutin kohdalla ei myöskään eronnut tilastollisesti merkitsevästi tilanteiden kesken ( $p = .055$ ).

**Taulukko 5.** Lineaarisen sekamallin estimaatit alfaan yläkaistan voiman muutoksista

Vertailtavat arvot	B	CI	SE	df	t	p
1. vs. 5. minuutti (luonto)	-.07	-0.17, 0.04	.06	225	-1.17	.244
2. vs. 5. minuutti (luonto)	-.03	-0.13, 0.08	.06	225	-0.44	.657
3. vs. 5. minuutti (luonto)	-.01	-0.12, 0.10	.06	225	-0.23	.820
4. vs. 5. minuutti (luonto)	-.09	-0.19, 0.02	.06	225	-1.51	.132
Kontrolli vs. luonto (5. min)	-.11	-0.22, -0.00	.06	225	-1.93	.055
Kontrolli 1. min vs. luonto 5.min	.07	-0.08, 0.22	.08	225	0.88	.379
Kontrolli 2. min vs. luonto 5.min	.06	-0.10, 0.21	.08	225	0.72	.474
Kontrolli 3. min vs. luonto 5.min	.05	-0.10, 0.20	.08	225	0.64	.525
Kontrolli 4. min vs. luonto 5.min	.09	-0.07, 0.24	.08	225	1.09	.276

B = kulmakerroin, CI = luottamusvälit, SE = keskivirhe, df = vapausasteet, p = p-arvo

\*\*\*<.001, \*\*<.01, \*<.05, .<.1

## 4 Pohdinta

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin Korpi Solutions Oy:n tuottaman videoidun luontokävelyn kykyä elvyttää itsearvioitua ja fysiologista stressiä työpäivän aikana. Tutkimuksen ensimmäinen hypoteesi oli, että koehenkilöt arvioivat itsensä elpyneemmiksi katsottuaan videoidun luontokävelyn verrattuna säätiedotuksen katsomiseen. Tutkimuksen toinen hypoteesi oli, että EEG:n alfan alakaistojen kaikista elektrodeista mitattu keskiarvoistettu teho on voimakkaampaa luontovideon kuin säätiedotuksen katsomisen jälkeen. Tulokset olivat hypoteesien mukaiset. Pääkysymysten ohella tarkastelin eksploraatiivisena kysymyksenä, moderoko yksilön luontoyhteys virtuaalisen luontokokemuksen efektiä. Tulosten mukaan luontoyhteys moderoi itsearvioitua elpyneisyyttä, mutta merkitsevää moderaatiota alfan alakaistan voiman muutokseen ei löytynyt.

Korpi Solutions Oy pyrkii viemään luonnon terveysedut konttoreihin luomalla tietotyöläisille kognitiivisesti ja emotionaalisesti elvyttäviä vaihtoehtoja työpäivänaikaisten taukojen viettoon. Tämän tutkimuksen koehenkilöt olivat turkulaisia korkeakouluopiskelijoita. Korkeakouluopiskelijat ovat arjen vaatimusten suhteen hyvin lähellä tietotyöläisiä. Mittaukset suoritettiin arkipäivinä ja tutkimusasetelmaan kuului koehenkilön emotionaalinen ja kognitiivinen kuormitus. Tulosten mukaan interventiona käytetty virtuaalinen luontokokemus toimii tarkoituksenmukaisesti.

### 4.1 Itsearvioitu elpyneisyys

Aiempi tutkimus viittaa siihen, että itsearvioitu elpyneisyys kasvaa sekä fyysisen luonnon kokemisen (Corazon ym., 2019; MacKerron & Mourato, 2013), että virtuaalisen luonnon kokemisen seurauksena (Browning ym., 2021; Menardo ym., 2021). Nyt käsillä oleva tutkimus tukee aiempia havaintoja. Itsearvioitu elpyneisyys kasvoi videoidun luontokävelyn seurauksena ja oli luontovideon jälkeen merkitsevästi korkeammalla kuin kontrolliärsykkeenä toimineen säätiedotusvideon jälkeen. Kontrollivideon yhteys itsearvioituun elpyneisyyteen oli negatiivinen, mutta jäi hienoisesti alle tilastollisen merkitsevyyden.

Virtuaalisen luonnon terveysvaikutusten tutkimus pohjaa pääasiassa psykoevoluutiivisiin teorioihin (ART & SRT), joiden mukaan luonnonvalinta on ihmislajin kehityshistorian aikana iskostanut lajiimme mieltymyksen niin kutsuttuihin luonnollisiin ympäristöihin (Kaplan &

Kaplan, 1989; Ulrich ym., 1991). Tällaiset ympäristöt ovat tarjonneet puitteet selviytymiselle ja hyvinvoinnille ja niitä kuvaa esimerkiksi turvallisuus, vehreys ja veden läsnäolo. Interventiona käytetty Korpi Solutions Oy:n tuottama videoitu luontokävely on toteutettu ART:n ja SRT:n pohjalta, ja interventiota seurannut itsearvioitu elpyminen on tältä osin yhtenevä teorioiden oletusten kanssa. Vaikka ART keskittyy kognitiiviseen toimintakykyyn ja SRT laajemmin stressiin, teorit jakavat näkemyksen yksilön subjektiivisen kokemuksen keskeisyydestä elpymisen indikaattorina. On kuitenkin mainittava, että molemmat teorit painottavat luontoympäristön kykyä elvyttää psykologisia resursseja suhteessa urbaaniin ympäristöön. Tutkimukseni ei ottanut suoraan kantaa urbaanien ympäristöjen vaikutuksiin, vaikka tietotyö ja siihen liittyvä stressi ovatkin osatekijöitä urbaanin elämäntavan kuormittavuudessa.

Psykoevolutiivisten teorioiden rinnalle on noussut yksilön henkilökohtaisen luontoyhteyden merkitystä korostavia konstruktivistisia näkemyksiä. CRT:n mukaan luonto koetaan elvyttäväksi, koska modernissa maailmassa luonnollisissa ympäristöissä vietetään lähinnä vapaa-aikaa (Egner ym., 2020). Tämän takia olemme ehdollistuneet kokemaan ei-uhkaavan luonnon rentouttavana. CRT:n yksilön kokemuksille asettama painoarvo tekee teorian oletusten tutkimisesta haastavaa. Nyt käsillä oleva tutkimus ei sisältänyt luonnollisen ympäristön ja kontrollina käytetyn säätiedotuksen lisäksi muita tilanteita, joten luonnon ja muunlaisen elvyttävän ympäristön vertailu ei ollut mahdollista. CRT kuitenkin täydentää evolutiivisia teorioita vastaamalla kysymykseen, miksi yksilöt eroavat luonnon aikaansaaman itsearvioitun elpyneisyyden suhteen. Yksilöiden henkilökohtaisten ominaisuuksien vaikutusta elpymiseen voi tutkia esimerkiksi luontoyhteyden kautta. Luontoyhteys kuvaa yksilön suhdetta luontoon (Schultz, 2002) ja sen on havaittu olevan altis aiempien luontokokemusten vaikutukselle (Hinds & Sparks, 2008; Mayer & Frantz, 2004). Tässä tutkimuksessa luontoyhteyden havaittiin ennustavan virtuaalisen luontokokemuksen ja itsearvioitun elpyneisyyden yhteyden voimakkuutta. Mitä vahvemmaksi yksilö oman luontoyhteytensä arvioi, sitä elvyttävämmäksi virtuaalinen luontokokemus koettiin. Tämän tuloksen voi katsoa tarjoavan alustavaa tukea ajatukselle, että henkilökohtaiset preferenssit vaikuttavat ympäristön kykyyn elvyttää. Näin tutkimus tukee epäsuorasti myös CRT:n oletuksia.

Intervention tehokkuuden tulkitseminen ei ole yksiselitteistä. Hieman alle kahden (1.87) ROS-pisteen nousua voi tulkita ainakin muutamalla eri tavalla. Tässä tutkimuksessa luontointervention jälkeisten ROS-tulosten vaihteluväli oli 12–41 pistettä (teoreettinen

vaihteluväli 6–42), keskiarvo 27.5, moodi 36 ja keskihajonta 7.5. Tässä yhteydessä hieman alle kahden pisteen nousu näyttäytyy pienehkönä. Vaikuttavuutta voi tulkita myös yhden tai kahden pisteen nousuna yksittäisen väittämän kohdalla. Jos työntekijä kokee ajatustensa selkeyden melko vähäiseksi, mutta viiden minuutin luontovideon jälkeen melko korkeaksi, intervention efekti näyttäytyy huomattavampana. Luontoyhteyden moderoiva vaikutus voi myös auttaa efektin tulkinnassa. On mahdollista, että ihmiset, jotka kokevat luonnon läheisemmäksi pitävät simuloitua luontointerventiota mielekkäämpänä ja hyötyvät siitä enemmän.

Itsearviointi-instrumentteja käytettäessä myös vastausvinoumalla voi olla vaikutusta tuloksiin. Vaikka koehenkilöille ei suoraan kerrottu tutkimuksen hypoteeseja, tutkimuskutsun saatekirjeestä on pääteltävissä, että mukana ollut yritys toimii luonnon ja terveyden teemojen parissa. Vastausvinouma voi tässä tutkimuksessa toteutua esimerkiksi koehenkilön aavistaessa, että tutkimuksen tarkoitus on selvittää luonnon tai luontovideon terveysvaikutuksia ja pyrkiessä vastaamaan tutkimuksen tekijöiden kannalta edullisella tavalla. Vinouma voi myös olla sidoksissa luontoyhteyteen. On mahdollista, että koehenkilöt, jotka arvottavat luonnon tärkeämmäksi valitsevat mieluummin suuremman arvon puntaroidessaan kahden vastausvaihtoehdon välillä.

## 4.2 Fysiologinen elpyneisyys

Aiempi tutkimus on havainnut luontovideon katsomisen olevan yhteydessä theta-aaltojen ja matalien alfa-aaltojen voiman lisääntymiseen (Grassini ym. 2022; Sahni & Kumar, 2020). Nyt käsillä oleva tutkimus on linjassa aiempien tulosten kanssa. EEG:tä koskeva hypoteesini keskittyi matalien alfa-aaltojen (8–10 Hz) keskiarvoistettuun absoluuttiseen voimaan. Hypoteesin mukaisesti tämän taajuusalueen voima kasvoi videoidun luontokävelyn aikana. Viimeisen (5.) minuutin keskiarvoistettu voima oli tilastollisesti suurempi kuin aiempien minuuttien (1., 2. ja 4.) kohdalla, mikä viittaa nousevaan trendiin. Vastaavaa muutosta ei ilmennyt kontrolliärsykkeen aikana. Lisäksi matalien alfa-aaltojen voima oli merkitsevästi suurempi luontovideon lopussa kuin kontrollivideon lopussa, mikä puolestaan viittaa korkeampaan rentoutuneisuuteen virtuaalisen luontokokemuksen jälkeen kuin kontrollina toimineen säätiedotuksen katsomisen jälkeen. Tilanteet eivät eronneet keskenään ensimmäisen minuutin voiman suhteen, mikä viittaa voiman olleen samankaltainen kummankin ärsykkeen alussa. Aiemmassa tutkimuksessa alfan alakaistan voiman on havaittu

korreloivan rentoutuneisuuden kanssa sekä vähäisten kognitiivisten vaatimusten ja vähäisen emotionaalisen rasituksen kanssa (Giannakakis ym., 2019).

Myös thetan yläkaistan (6–8 Hz) keskiarvoistettu absoluuttinen voima kasvoi videoidun luontokävelyn aikana, ja viimeisen minuutin keskiarvoistettu voima oli tilastollisesti suurempi kuin keskiarvoistettu voima kaikkien edeltävien minuuttien kohdalla. Thetan voima ei kasvanut täysin lineaarisesti luontovideon aikana. Neljännen minuutin kohdalla virtuaalinen luontokävely pysähtyy hieman yli minuutiksi veden äärelle ja noin puolet tästä ajasta ääniraidalla kuuluu käen kukunna. On mahdollista, että nämä muutokset ärsykkeessä ovat vaikuttaneet EEG:n arvoihin. Kontrolliärsykkeen aikana thetan yläkaistan voima ei muuttunut. Tilanteiden välillä ei ollut merkitsevää eroa ensimmäisen minuutin voiman suhteen, mutta viimeisen minuutin kohdalla thetan voima oli luontotilanteessa merkitsevästi kontrollitilannetta suurempi. Aiemmassa tutkimuksessa thetan voiman on havaittu korreloivan kognitiivisen kontrollin sekä epävarmuutta sisältävissä tilanteissa ilmenevän levottomuuden kanssa (Cavanagh & Shackman, 2015). Alfaan yläkaistan (10–13 Hz) voima ei muuttunut videoidun luontokävelyn tai kontrolliärsykkeen katselun aikana, eivätkä tilanteet eronneet keskenään minkään minuutin kohdalla. Toisin kuin itsearvioidun elpyneisyyden kohdalla, myöskään luontoyhteyden ei havaittu moderoivan luontovideon vaikutusta EEG:hen millään taajuuskaistalla.

Luontokokemusten yhteydessä alfaan alakaistan ja thetan yläkaistan voiman samanaikainen lisääntyminen on tulkittu rentoutuneen, mutta valppaan mielentilan korrelaatioksi (Grassini ym. 2022; Sahni & Kumar, 2020). Samanlainen tulosmalli on havaittu myös mindfulness-harjoitteiden aikana (Lomas ym., 2015). Tutkimukseni fysiologiset mittaukset tukevat siis psykoevolutiivisia oletuksia, joiden mukaan luonnon, myös virtuaalisen, kokeminen palauttaa stressistä ja elvyttää kognitiivisia resursseja (Kaplan & Kaplan, 1989; Ulrich ym., 1991). Näin EEG:n tulos on yhtenevä itsearviointi-instrumenttien tulosten kanssa, ja yhdessä ne viittaavat käytetyn intervention toimivuuteen kohdepopulaatiossa. Alfaan yläkaistan tulos taas heijastelee Grassinin ja kumppaneiden (2019) tutkimusta, jossa todettiin tämän taajuusalueen voiman ei havaittu kasvavan virtuaalisten luontoärsykkeiden yhteydessä.

CRT olettaa, että yksilön ominaisuudet, esimerkiksi suhde luontoon, vaikuttavat luontokokemusten elvyttävien efektien vahvuuteen (Egner ym., 2020). Yksilön luontoyhteys ei tässä tutkimuksessa moderoinut EEG:llä havaittuja terveysvaikutuksia, eikä tutkimus täten

tue CRT:n oletuksia. Tuloksen voi tulkita viittaavan siihen, että luontoyhteys ei todellisuudessa moderoi virtuaalisen luontokokemuksen vaikutusta, sillä fysiologisen mittarina EEG on itsearviointi-instrumentteja objektiivisempi. Tällöin moderaatiota koskevat ristiriitaiset löydökset ROS:n ja EEG:n kesken voivat viitata vastausvinouman vaikutukseen. On myös mahdollista, että mittauslaitteiston suhteellisen yksinkertaisuuden seurauksena tämän tutkimuksen EEG mittaukset eivät olleet riittävän herkkiä. Mikäli mitattu data sisälsi riittävästi kohinaa tai elektrodien mittaamien alueiden ulkopuolelle jääneillä aivoalueilla tapahtuneet muutokset eivät rekisteröityneet, voi havaittu efekti olla todellista pienempi, minkä takia myöskään moderaatiota ei havaittu. Kolmas mahdollisuus on, että itsearvioidun elpyneisyyden mittaama yksilön kokemus ei korreloi fysiologisen rentoutuneisuuden kanssa niin vahvasti, että mittarit olisivat tuottaneet yhtäläiset tulokset. On mahdollista, että ROS-skaalan pistemäärään vaikuttavat “todellisen elpyneisyyden” ohella esimerkiksi luontovideon herättämät mielikuvat tai toiveet videon rentouttavasta vaikutuksesta ilman, että nämä kuitenkin suoraan kääntyvät objektiiviseksi tai fysiologisesti mitattavaksi rentoutuneisuudeksi.

### **4.3 Tutkimuksen vahvuudet ja rajoitukset sekä jatkotutkimus**

Suuri osa luonto- ja viherympäristöjen terveysvaikutusten tutkimuksesta on toteutettu poikittaistutkimuksin (Markevych ym., 2017). Nyt käsillä olevassa tutkimuksessa käytetty kokeellinen, vastabalansoitu toistomittausasetelma tekee intervention ja havaitun palautumisen välisen yhteyden kausaalista tulkinnasta uskottavampaa. Interventio- ja kontrollitilanne olivat ärsykettä lukuun ottamatta identtiset. Kontrollitilanteen käyttö on tämän tutkimuksen vahvuuksia, sillä se nostaa todennäköisyyttä, että intervention yhteydessä havaittu palautuminen johtui juuri ärsykkeen ominaisuuksista. Tutkimus toteutettiin tietokoneavusteisesti, minkä takia kokeen kulku oli (vastabalansointi pois lukien) kaikille koehenkilöille samanlainen. Kaikki mittaukset suoritettiin samalla laitteistolla ja samassa tilassa. Näin minimoitiin mittaukseen liittyvä satunnaisvirhe. Koehenkilöt olivat arjen vaatimusten suhteen edustava otos intervention kohdepopulaatiosta, minkä takia tulokset ovat hyvin sovellettavissa kohdepopulaatioon.

Stressi ja psyykinen kuormittuneisuus ovat monitahoisia ilmiöitä, jotka määrittyvät aina suhteessa yksilöön. Ulrich ja kumppanit (1991) painottivatkin yhtenevää validiteettia erilaisten mittareiden kesken stressistä palautumista mitattaessa. Aihealueen aiempi tutkimus



on toteutettu pääsääntöisesti itsearviointi-instrumentein, mikä altistaa vastausvinoumalle (Corazon ym., 2019). Nyt käsillä oleva tutkimus hyödynsi sekä itsearviointeja että objektiivisempaa EEG:tä elpyneisyyden mittaamisessa. Käytettyjen instrumenttien tuottamat yhtenevät tulokset antavat löydetylle efektille uskottavuutta. Valitettavasti ohjelmointivirheen takia emme kyenneet tarkastelemaan elpyneisyyttä työmuistin suhteen. Kognitiivisen mittarin puuttuminen onkin tutkimuksen selkeimpiä rajoitteita. Intervention kohdepopulaatio on tietotyöntekijät, joiden työ on määritelmällisesti kognitiivista (Surawski, 2019), minkä lisäksi alan aiempi kirjallisuus viittaa kognitiivisten mittareiden tuottavan itsearvioutua heikomman efektin (lue esim. Browning ym., 2021; Menardo ym., 2021; Stevenson ym., 2018). Jatkotutkimuksen tulisikin käyttää useita, kognition eri osa-alueita mittaavia instrumentteja. Näin virtuaalisen luontointervention palauttava potentiaali voitaisiin määritellä relevantisti ja luotettavasti, ja sen soveltuvuuden arviointi kohdepopulaatioon olisi helpompaa. EEG-mittaukset tehtiin vain kuuden elektrodin avulla; lukumäärä sijoittuu häntäpäähän alan tutkimushistoriassa, joskin aiempaa tutkimusta on tehty myös tätä selvästi yksinkertaisemmilla järjestelmillä. EEG:n tuottama data keskiarvoistettiin koko pääläen alueelta, mikä mahdollistaa tutkimuskysymykseen vastaamisen, mutta ei anna tarkempaa tietoa yksittäisten elektrodien tai spesifimpien elektrodiryhmien välisistä eroista. Tässä tutkimuksessa EEG:n lokaalien erojen tutkiminen olisi kuitenkin ollut hankalaa elektrodien interpoloinnin vuoksi. Intervention fysiologisen rentouttavuuden arviointi hyötyisi tarkemman mittalaitteiston, suuremman otoskoon ja yksityiskohtaisempien analyysimenetelmien käytöstä.

Suurin osa aiemmasta tutkimuksesta ei ole sisältänyt koehenkilöiden uuvuttamista osana kokeen kulkua (Stevenson ym., 2018). Nyt käsillä olevassa tutkimuksessa tähän puutteeseen vastattiin sisällyttämällä koasetelmaan kaksi kognitiivista kuormitustehtävää. Tutkimani virtuaalinen interventio pyrkii palauttamaan työpäivän aikaisesta kuormituksesta. Koehenkilöiden uuvuttamisella pyrittiinkin varmistamaan, että palautumiselle on tarve, ja että intervention elvyttävällä mekanismilla on näin ollen mahdollisuus toimia. Tutkimusta kuitenkin rajoittaa se, että kuormitustehtävien vaikutuksia ei mitattu. Tällaisilla mittauksilla olisi voitu todentaa ja määrittää koehenkilöiden uupuminen. Yksilölliset erot kuormittuneisuudessa kääntyvät suoraan yksilölliseksi palautumisen tarpeeksi ja oletettavasti vaikuttavat intervention efektiin.

Tämän tutkimuksen vahvuudeksi voi laskea interventiona käytetyn ärsykkeen. Korpi Solutions Oy:n tuottama videoitu luontokävely on toteutettu alan tunnetuimpien teorioiden pohjalta, ammattilaisten toimesta, varta vasten stressistä elvyttäväksi interventioksi. Aiempi tutkimus on hyödyntänyt esimerkiksi tutkijoiden itse kuvaamia videoita ja valokuvia, opiskelijoilta pyydettyjä videoita ja valokuvia, lehdistä ja internetistä lainattuja kuvia tai tietokoneella luotuja virtuaalisia ympäristöjä (Browning ym., 2021). Tästä syystä tutkimuksemme ärsyke on kenties tavanomaista laadukkaampi. Kolmiulotteiset virtuaaliset luontoympäristöt ovat määritelmällisesti kaksiulotteisia ympäristöjä immersivisempiä ja niiden voi teoreettisesti olettaa soveltuvan paremmin elvyttäväksi kokemuksiksi (Slater & Wilbur, 1997). Teknologian (esimerkiksi VR-laitteiden) rajoittuneisuuden vuoksi kaksiulotteiselta näytöltä koettu luonto on toistaiseksi kuitenkin varteenotettava vaihtoehto (Yeo ym., 2020).

Korpi Solutions Oy pyrkii helpottamaan tietotyön kuormittavuutta, joka on krooninen stressin lähde. Koehenkilöt näkivät luontovideon oletettavasti ensimmäistä kertaa. Video myös näytettiin vain yhden kerran ja sen aikaansaamat positiiviset muutokset havaittiin välittömästi katselun aikana (EEG) tai välittömästi katsomisen jälkeen (ROS). Tutkimuksen pohjalta ei siis voida kommentoida videon vaikutusten kestoa tai toistuvien katsomiskertojen vaikutusta elpymiseen. On selvää, että lyhyt video tulee usean katsomiskerran jälkeen tutuksi, mikä mahdollisesti vaikuttaa sen elvyttävään efektiin. ART listaa neljä tekijää, joihin luonnon palauttava voima pohjaa (Kaplan, 1995). On esimerkiksi mahdollista, että käyttämämme virtuaalinen luontointerventio simuloi “poissa olemista” (arkisten tehtävien sivuun jättäminen) ja “ympäristön ulottuvuutta” (luonnon suuruus) onnistuneesti ensimmäisellä katsomiskerralla, mutta heikommin uudelleen katsottaessa. Interventio on tarkoitettu työpäivän aikaisen, toistuvan palautumisen työkaluksi. Tämän tutkimuksen asetelmaan kuuluneet intervention uutuus ja kertaluonteisuus rajoittavat siis tulosten ekologista validiteettia. Jotta Korpi Solutions Oy:n interventioiden pidempiaikainen ja tarkoituksenmukainen toimivuus voitaisiin luotettavasti määritellä, tulisi jatkotutkimuksena toistaa koe useina perättäisinä päivinä, käyttäen sekä nyt käytettyä videota että vaihtelevia videoita.

Tämän tutkimuksen mittausajankohta ja vuodenaika, jolloin interventiona käytetty video on kuvattu, ovat muutaman kuukauden sisällä toisistaan. On mahdollista, että osa koehenkilöistä on voinut viettää aikaa videon kaltaisissa maisemissa ennen mittausten suorittamista.

Intervention toimivuudesta saisi mielenkiintoista lisätietoa, jos samanlainen koe toteutettaisiin esimerkiksi loppupalvesta, kun videon maisemat ovat ajallisesti kauimpana. Onko esimerkiksi mahdollista, että kylmä sää, valkoiset ja harmaat maisemat sekä pitkä aika viime kesälomasta voisivat vaikuttaa videoidun luontokokemuksen elvyttävän vaikutuksen vahvuuteen?

Konstruktivistinen näkökulma korostaa henkilökohtaisten piirteiden ja preferenssien roolia merkitysten synnyssä. Yksilöllisen luontoyhteyden moderaation tutkiminen mahdollisti tulosten syvällisemmän analysoinnin. Intervention ja stressistä elpymisen välistä yhteyttä moderoi oletettavasti joukko muitakin tekijöitä. Esimerkiksi kroonisen stressin tai yksilön ”teknologiayhteyden” (miten yksilö kokee suhteensa teknologiaan) moderaatio olisi mielenkiintoinen ja relevantti jatkotutkimuksen kohde. Menardo ja kumppanit (2021) toteavat, että myös demografiset ja persoonallisuuteen liittyvät tekijät ovat mahdollisia moderoijia ja jatkavat, että elvyttävien ympäristöjen tutkimus kärsii näiden yksityiskohtien puutteesta. Henkilökohtaisten preferenssien moderaatiota voisi tutkia myös hyödyntämällä useita erilaisia virtuaalisia ympäristöjä.

#### **4.4 Lopuksi**

Urbaanien ympäristöjen ja digitalisoituvan arjen yhteys stressiin on monen tekijän summa, eikä virtuaalisten luontokokemusten kyky vastata niihin ole yksiselitteinen. Keskeisimmät stressiä lisäävät tekijät urbaaneissa ympäristöissä liittyvät yksilön sosiaaliseen ja taloudelliseen asemaan (Ventriglio ym., 2021). Virtuaalinen luontokokemus voi kompensoida joitakin fyysiseen ympäristöön liittyviä stressitekijöitä, esimerkiksi luomalla vaihtelua liikenteentäyteisille, ruuhkaisille ja meluisille ympäristöille. Saasteiden, köyhyyden ja yksinäisyyden kaltaisille stressitekijöille videoitu luontokävely toimii parhaimmillaan kuitenkin vain oireiden lievittäjänä. Myös yksilön ominaisuudet (Menardo ym., 2021) ja preferenssit (Egner ym., 2020) voivat vaikuttaa ympäristön stressaavuuteen ja palauttavuuteen. On siis oletettavaa, että virtuaalinen luonto saa eri yksilöissä aikaan erilaisia reaktioita. Arjen digitalisoituminen puolestaan lisää kognitiivista kuormaa esimerkiksi kasvattamalla käsiteltävän informaation määrää ja hälventämällä työn ja vapaa-ajan välistä rajaa (Dragano & Lunau, 2020; Vuori ym., 2019). Digitaalisen median kulutuksen yhteys hyvinvointiin onkin avoin kysymys (Hietajarvi, 2021; Meng ym., 2022). Populaari narratiivi digitaalisen teknologian käytön ja mielenterveyden negatiivisesta yhteydestä lepää toistaiseksi epävarmalla tietopohjalla (Orben & Przybylski; 2019). Lienee silti aiheellista kysyä, onko

uusi informaatioteknologinen tuote – virtuaalinen luonto, hyvä tapa hoitaa stressiä digitalisoituvassa maailmassa. Toisaalta, mikäli virtuaalinen luonto osoittautuu tehokkaaksi tavaksi hoitaa stressiä, digitaalisuus voi madaltaa kynnystä sen käyttöönottoon. “Digitalisaatio” myös viittaa valtavaan määrään erilaisia teknologioita ja prosesseja, jotka oletettavasti eroavat taipumuksissaan lisätä stressiä ja kyvyissään vähentää sitä. Lopulta ratkaisevaa onkin, kuinka tätä teknologiaa sovelletaan. Virtuaalinen luonto on perusteltu korvaaja epäedullisemmille taukoaktiviteeteille niillä yksilöillä, jotka kokevat sen omakseen. Kokonaisvaltaiseen hyvinvointiin pyrkivän kulttuurin osana se voi hyvinkin tehdä tulevaisuuden tietotyöstä kevyempää ja tuoda osan luonnon terveyseduista myös urbaaneihin ympäristöihin.

## Lähteet

- Abo-Zahhad, M., Ahmed, S. M., & Abbas, S. N. (2015). A new EEG acquisition protocol for biometric identification using eye blinking signals. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, 7(6), 48–54. <https://doi.org/10.5815/ijisa.2015.06.05>
- Aftanas, L., & Golocheikine, S. (2001). Human anterior and frontal midline theta and lower alpha reflect emotionally positive state and internalized attention: High-resolution EEG investigation of meditation. *Neuroscience Letters*, 310(1), 57–60. [https://doi.org/10.1016/s0304-3940\(01\)02094-8](https://doi.org/10.1016/s0304-3940(01)02094-8)
- Ancora, L. A., Blanco-Mora, D. A., Alves, I., Bonifácio, A., Morgado, P., & Miranda, B. (2022). Cities and neuroscience research: A systematic literature review. *Frontiers in Psychiatry*, 13, 983352. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.983352>
- Aspinall, P., Mavros, P., Coyne, R., & Roe, J. (2013). The urban brain: Analysing outdoor physical activity with mobile EEG. *British Journal of Sports Medicine*, 49(4), 272–276. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091877>
- Bailey, A. W., Allen, G., Herndon, J., & Demastus, C. (2018). Cognitive benefits of walking in natural versus built environments. *World Leisure Journal*, 60(4), 293–305. <https://doi.org/10.1080/16078055.2018.1445025>
- Balundè, A., Jovarauskaite, L., & Poškus, M. S. (2019). Exploring the relationship between connectedness with nature, environmental identity, and environmental self-identity: A systematic review and meta-analysis. *SAGE Open*, 9(2), 1–12. <https://doi.org/10.1177/2158244019841925>
- Baranauskas, M. (2019). Darbeliai: Multiple files renaming, processing, epoching, ERP properties, 10 spectral power calculation. [https://scn.ucsd.edu/wiki/EEGLAB\\_Extensions\\_and\\_plugin](https://scn.ucsd.edu/wiki/EEGLAB_Extensions_and_plugin)
- Barrable, A., & Booth, D. (2022). Disconnected: What can we learn from individuals with very low nature connection? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13), 8021. <https://doi.org/10.3390/ijerph19138021>
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B. & Walker, S. (2015). lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.1–8, <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>
- Baum, A., Fleming, R., & Singer, J. E. (1985). Understanding environmental stress: Strategies for conceptual and methodological integration. Teoksessa A. Baum & J. E. Singer (Toim.), *Advances in Environmental Psychology*, (5. painos, ss. 185–205). Erlbaum Associates.

- Berman, M. G., Jonides, J., & Kaplan, S. (2008). The cognitive benefits of interacting with nature. *Psychological Science, 19*(12), 1207–1212. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2008.02225.x>
- Berman, M. G., Stenfors, C. U., Schertz, K. E., & Meidenbauer, K. L. (2021). Response to “conceptual replication study and meta-analysis suggest simulated nature does not reliably restore pure executive attention measured by the attention network task”. *Journal of Environmental Psychology, 78*, 101719. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2021.101719>
- Biasiucci, A., Franceschiello, B., & Murray, M. M. (2019). Electroencephalography. *Current Biology: CB, 29*(3), R80–R85. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.11.052>
- Bowler, D. E., Buyung-Ali, L. M., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). A systematic review of evidence for the added benefits to health of exposure to natural environments. *BMC Public Health, 10*(1), 456. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-10-456>
- Bratman, G. N., Anderson, C. B., Berman, M. G., Cochran, B., de Vries, S., Flanders, J., Folke, C., Frumkin, H., Gross, J. J., Hartig, T., Kahn, P. H., Jr, Kuo, M., Lawler, J. J., Levin, P. S., Lindahl, T., Meyer-Lindenberg, A., Mitchell, R., Ouyang, Z., Roe, J., Scarlett, L., ... Daily, G. C. (2019). Nature and mental health: An ecosystem service perspective. *Science Advances, 5*(7), eaax0903. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax0903>
- Bratman, G. N., Olvera-Alvarez, H. A., & Gross, J. J. (2021). The affective benefits of nature exposure. *Social and Personality Psychology Compass, 15*(8), 101498. <https://doi.org/10.1111/spc3.12630>
- Broberg, A. (2001). Learners as knowledge workers-some implications\*. *Journal of Engineering Education, 90*(1), 63–68. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2001.tb00568.x>
- Browning, M. H., Shipley, N., McAnirlin, O., Becker, D., Yu, C., Hartig, T., & Dzhambov, A. M. (2020). An actual natural setting improves mood better than its virtual counterpart: A meta-analysis of experimental data. *Frontiers in Psychology, 11*, 2200. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.02200>
- Browning, M. H. E. M., Saeidi-Rizi, F., McAnirlin, O., Yoon, H., & Pei, Y. (2021). The role of methodological choices in the effects of experimental exposure to simulated natural landscapes on human health and cognitive performance: A systematic review. *Environment and Behavior, 53*(7), 687–731. <https://doi.org/10.1177/0013916520906481>
- Burman, R., & Goswami, T. G. (2018). A systematic literature review of work stress. *International Journal of Management Studies, V*(3(9)), 112. [https://doi.org/10.18843/ijms/v5i3\(9\)/15](https://doi.org/10.18843/ijms/v5i3(9)/15)

- Burr, C., Taddeo, M., & Floridi, L. (2020). The ethics of digital well-being: A thematic review. *Science and Engineering Ethics*, 26(4), 2313–2343. <https://doi.org/10.1007/s11948-020-00175-8>
- Cavanagh, J. F., & Shackman, A. J. (2015). Frontal midline theta reflects anxiety and cognitive control: meta-analytic evidence. *Journal of Physiology, Paris*, 109(1–3), 3–15. <https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2014.04.003>
- Chang, C., & Chen, P. (2005). Human response to window views and indoor plants in the workplace. *HortScience*, 40(5), 1354–1359. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.5.1354>
- Choi, Y., Kim, M., and Chun, C. (2015). Measurement of occupants' stress based on electroencephalograms (EEG) in twelve combined environments. *Building and Environment*, 88, 65–72. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.10.003>
- Collado, S., Staats, H., Corraliza, J. A., & Hartig, T. (2017). Restorative environments and health. Teoksessa G. Fleury-Bahi, E. Pol, & O. Navarro (Toim.), *Handbook of environmental psychology and quality of life research* (ss. 127–148). Springer International Publishing/Springer Nature. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-31416-7\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-31416-7_7)
- Corazon, S. S., Sidenius, U., Poulsen, D. V., Gramkow, M. C., & Stigsdotter, U. K. (2019). Psycho-physiological stress recovery in outdoor nature-based interventions: A systematic review of the past eight years of research. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(10), 1711. <https://doi.org/10.3390/ijerph16101711>
- Cox, T., Griffiths, A. and Rial-Gonzalez, E. (2000) Work-related stress. European agency for safety and health at work. Office for official publications of the european communities, Luxembourg.
- Crosswell, A. D., & Lockwood, K. G. (2020). Best practices for stress measurement: How to measure psychological stress in health research. *Health Psychology Open*, 7(2), 2055102920933072. <https://doi.org/10.1177/2055102920933072>
- Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, 134(1), 9–21. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2003.10.009>
- Dragano, N., & Lunau, T. (2020). Technostress at work and mental health: concepts and research results. *Current Opinion in Psychiatry*, 33(4), 407–413. <https://doi.org/10.1097/YCO.0000000000000613>
- Egner, L. E., Sütterlin, S., & Calogiuri, G. (2020). Proposing a framework for the restorative effects of nature through conditioning: Conditioned restoration theory. *International*

*Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(18), 6792.

<https://doi.org/10.3390/ijerph17186792>

- Fox J, Weisberg S (2019). *An R Companion to Applied Regression*, Third edition. Sage, Thousand Oaks CA. <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>
- Foxe, J. J., & Snyder, A. C. (2011). The role of alpha-band brain oscillations as a sensory suppression mechanism during selective attention. *Frontiers in Psychology*, 2, 154. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00154>
- Frost, S., Kannis-Dymand, L., Schaffer, V., Milllear, P., Allen, A., Stallman, H., Mason, J., Wood, A., & Atkinson-Nolte, J. (2022). Virtual immersion in nature and psychological well-being: A systematic literature review. *Journal of Environmental Psychology*, 80, 101765. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101765>
- Gao, T., Zhang, T., Zhu, L., Gao, Y., & Qiu, L. (2019). Exploring psychophysiological restoration and individual preference in the different environments based on virtual reality. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(17), 3102. <https://doi.org/10.3390/ijerph16173102>
- Giannakakis, G., Grigoriadis, D., Giannakaki, K., Simantiraki, O., Roniotis, A., & Tsiknakis, M. (2022). Review on psychological stress detection using Biosignals. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 13(1), 440–460. <https://doi.org/10.1109/taffc.2019.2927337>
- Godoy, L. D., Rossignoli, M. T., Delfino-Pereira, P., Garcia-Cairasco, N., & De Lima Umeoka, E. H. (2018). A comprehensive overview on stress neurobiology: Basic concepts and clinical implications. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 12, 127. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2018.00127>
- Grassini, S., Revonsuo, A., Castellotti, S., Petrizzo, I., Benedetti, V., & Koivisto, M. (2019). Processing of natural scenery is associated with lower attentional and cognitive load compared with urban ones. *Journal of Environmental Psychology*, 62, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2019.01.007>
- Grassini, S., Segurini, G. V., & Koivisto, M. (2022). Watching nature videos promotes physiological restoration: Evidence from the modulation of Alpha waves in electroencephalography. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.871143>
- Hartig, T. (2017). Restorative Environments. Teoksessa J. Stein, (Toim.), *Reference Module in Neuroscience and Behavioral Psychology*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809324-5.05699-6>



- Hassard, J., Teoh, K. R. H., Visockaite, G., Dewe, P., & Cox, T. (2018). The cost of work-related stress to society: A systematic review. *Journal of Occupational Health Psychology, 23*(1), 1–17. <https://doi.org/10.1037/ocp0000069>
- Hietajärvi, L. (2021). Digitaalinen media, riippuvuus ja hyvinvointi. Teoksessa Sofi, (Toim.), *Ilmiökartta: digitalisen median vaikutukset lapsiin, nuoriin ja ikäihmisiin* (ss. 50–58). Tiedeneuvonnan kehittämishanke Sofi. [https://acadsci.fi/sofi/ilmiokartta\\_raportti](https://acadsci.fi/sofi/ilmiokartta_raportti)
- Hinds, J., & Sparks, P. (2008). Engaging with the natural environment: The role of affective connection and identity. *Journal of Environmental Psychology, 28*(2), 109–120. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2007.11.001>
- Houlden, V., Weich, S., Porto de Albuquerque, J., Jarvis, S., & Rees, K. (2018). The relationship between greenspace and the mental wellbeing of adults: A systematic review. *PLOS ONE, 13*(9), e0203000. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203000>
- Hruby, G. G., & Roegiers, A. (2012). Cognitive constructivism. Teoksessa C. A. Chappell (Toim.), *Encyclopedia of Applied Linguistics*. Oxford, UK: Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781405198431.wbeal014>
- Jacobs, R. L. (2017). Knowledge work and human resource development. *Human Resource Development Review, 16*(2), 176–202. <https://doi.org/10.1177/1534484317704293>
- Johnson, J., Hansen, B., Funk, E., Elezovic, F. & Finley, J. C. (2021). Conceptual replication study and meta-analysis suggest simulated nature does not reliably restore pure executive attention measured by the attention network task. *Journal of Environmental Psychology, 78*. 101709. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2021.101709>
- Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective*. Cambridge University Press.
- Kaplan, S. (1995). The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology, 15*(3), 169–182. [https://doi.org/10.1016/0272-4944\(95\)90001-2](https://doi.org/10.1016/0272-4944(95)90001-2)
- Kaplan, R. (2001). The nature of the view from home: psychological benefits. *Environment and Behavior, 33*(4), 507–542. <https://doi.org/10.1177/00139160121973115>
- Knaust, T., Felnhofer, A., Kothgassner, O. D., Höllmer, H., Gorzka, R. J. & Schulz, H. (2021). Exposure to virtual nature: The impact of different immersion levels on skin conductance level, heart rate, and perceived relaxation. *Virtual Reality, 26*. <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00595-2>

- Koivisto, M., Jalava, E., Kuusisto, L., Railo, H., & Grassini, S. (2022). Top-down processing and nature connectedness predict psychological and physiological effects of nature. *Environment and Behavior*, 54(5), 917–945. <https://doi.org/10.1177/00139165221107535>
- Kondo, M. C., Jacoby, S. F., & South, E. C. (2018). Does spending time outdoors reduce stress? A review of real-time stress response to outdoor environments. *Health & Place*, 51, 136–150. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2018.03.001>
- Korpela, K. M., Ylén, M., Tyrväinen, L., & Silvennoinen, H. (2008). Determinants of restorative experiences in everyday favorite places. *Health & Place*, 14(4), 636–652. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2007.10.008>
- Korpela, K., Ylén, M., Tyrväinen, L. & Silvennoinen, H. (2010). Favorite green, waterside and urban environments, restorative experiences and perceived health in Finland. *Health Promotion International*, 25, 200–209. <https://doi.org/10.1093/heapro/daq007>
- Kuznetsova A., Brockhoff P.B. and Christensen R.H.B. (2017). "lmerTest Package: Tests in linear mixed effects models." *Journal of Statistical Software*, 82(13), 1–26.
- LaViola, J.J. (2000). A discussion of cybersickness in virtual environments. *ACM SIGCHI Bulletin*, 32, 47–56. <https://doi.org/10.1145/333329.333344>
- Leon, R. D. (2015). The future knowledge worker: An intercultural perspective. *Management Dynamics in the Knowledge Economy*, 3(4), 675–691. Retrieved from <https://www.managementdynamics.ro/index.php/journal/article/view/142>
- Li, H., Dong, W., Wang, Z., Chen, N., Wu, J., Wang, G., & Jiang, T. (2021). Effect of a virtual reality-based restorative environment on the emotional and cognitive recovery of individuals with mild-to-moderate anxiety and depression. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17), 9053. <https://doi.org/10.3390/ijerph18179053>
- Li, H., Zhang, X., Wang, H., Yang, Z., Liu, H., Cao, Y., & Zhang, G. (2021). Access to nature via virtual reality: A mini-review. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.725288>
- Lomas, T., Ivtzan, I., & Fu, C. H. (2015). A systematic review of the neurophysiology of mindfulness on EEG oscillations. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 57, 401–410. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.09.018>
- Louis, E., Frey, L., Britton, J., Hopp, J., Korb, P., Koubeissi, M., Lievens, W., & Pestana-Knight, E. (2016). *Electroencephalography (EEG): An Introductory Text and Atlas of Normal and Abnormal Findings in Adults, Children, and Infants*. American Epilepsy Society. <https://doi.org/10.5698/978-0-9979756-0-4>

- Lüdecke D (2022). sjPlot: Data visualization for statistics in social science. R package version 2.8.11, <https://CRAN.R-project.org/package=sjPlot>
- Maas, J., Verheij, R. A., Groenewegen, P. P., de Vries, S., & Spreeuwenberg, P. (2006). Green space, urbanity, and health: How strong is the relation?. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 60(7), 587–592. <https://doi.org/10.1136/jech.2005.043125>
- Mackerron, G. & Mourato, S. (2013). Happiness is greater in natural environments. *Global Environmental Change*, 23, 992–1000. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.03.010>
- Martin, C. & Czellar, S. (2016). The extended inclusion of nature in self scale. *Journal of Environmental Psychology*, 47, 181–194. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2016.05.006>
- Mason, L., Ronconi, A., Scrimin, S., & Pazzaglia, F. (2021). Short-term exposure to nature and benefits for students' cognitive performance: A review. *Educational Psychology Review*, 34(2), 609–647. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09631-8>
- Mayer, F. S. & Frantz, C. M. (2004). The connectedness to nature scale: A measure of individuals' feeling in community with nature. *Journal of Environmental Psychology*, 24(4), 503–515. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2004.10.001>
- McEwen, B. S. (2017). Neurobiological and systemic effects of chronic stress. *Chronic Stress*, 1(1), 247054701769232. <https://doi.org/10.1177/2470547017692328>
- McMahan, E. A., & Estes, D. (2015). The effect of contact with natural environments on positive and negative affect: A meta-analysis. *The Journal of Positive Psychology*, 10(6), 507–519. <https://doi.org/10.1080/17439760.2014.994224>
- Menardo, E., Brondino, M., Hall, R., & Pasini, M. (2021). Restorativeness in natural and urban environments: A meta-analysis. *Psychological Reports*, 124(2), 417–437. <https://doi.org/10.1177/0033294119884063>
- Meng, S.-Q., Cheng, J.-L., Li, Y.-Y., Yang, X.-Q., Zheng, J.-W., Chang, X.-W., Shi, Y., Chen, Y., Lu, L., Sun, Y., Bao, Y.-P., & Shi, J. (2022). Global prevalence of digital addiction in general population: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Psychology Review*, 92, 102128. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2022.102128>
- Morera, L. P., Tempesti, T. C., Pérez, E., & Medrano, L. A. (2019). Biomarcadores en la medición del estrés: Una revisión sistemática. *Ansiedad Y Estrés*, 25(1), 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.anyes.2019.02.001>
- Musik, C., Bogner, A. *Book title: Digitalization & society. Österreich Z Soziol* 44 (Suppl 1), 1–14 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11614-019-00344-5>
- Mygind, L., Kjeldsted, E., Hartmeyer, R., Mygind, E., Stevenson, M. P., Quintana, D. S., & Bentsen, P. (2021). Effects of public green space on acute psychophysiological stress

response: A systematic review and meta-analysis of the experimental and quasi-experimental evidence. *Environment and Behavior*, 53(2), 184–226.

<https://doi.org/10.1177/0013916519873376>

- Nakagawa, S., & Schielzeth, H. (2013). A general and simple method for obtaining  $R^2$  from generalized linear mixed-effects models. *Methods in Ecology and Evolution*, 4(2), 133–142. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210x.2012.00261.x>
- Neale, C., Aspinall, P., Roe, J., Tilley, S., Mavros, P., Cinderby, S., Coyne, R., Thin, N., Bennett, G., & Thompson, C. W. (2017). The aging urban brain: Analyzing outdoor physical activity using the emotiv affectiv suite in older people. *Journal of Urban Health*, 94(6), 869–880. <https://doi.org/10.1007/s11524-017-0191-9>
- Neilson, B. N., Craig, C. M., Curiel, R. Y., & Klein, M. I. (2020). Restoring attentional resources with nature: A replication study of Berto's (2005) paradigm including commentary from Dr. Rita Berto. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 001872082090928. <https://doi.org/10.1177/0018720820909287>
- Ohly, H., White, M. P., Wheeler, B. W., Bethel, A., Ukoumunne, O. C., Nikolaou, V., & Garside, R. (2016). Attention restoration theory: A systematic review of the attention restoration potential of exposure to natural environments. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 19(7), 305–343. <https://doi.org/10.1080/10937404.2016.1196155>
- Orben, A., & Przybylski, A. K. (2019). The association between adolescent well-being and digital technology use. *Nature Human Behaviour*, 3(2), 173–182. <https://doi.org/10.1038/s41562-018-0506-1>
- Parviainen, P., Tihinen, M., Kääriäinen, J., & Teppola, S. (2017). Tackling the digitalization challenge: How to benefit from digitalization in practice. *International Journal of Information Systems and Project Management*, 5(1), 63–77. <https://doi.org/10.12821/ijispm050104>
- Pritchard, A., Richardson, M., Sheffield, D., & McEwan, K. (2019). The relationship between nature connectedness and eudaimonic well-being: A meta-analysis. *Journal of Happiness Studies*, 21(3), 1145–1167. <https://doi.org/10.1007/s10902-019-00118-6>
- Restall, B., & Conrad, E. (2015). A literature review of connectedness to nature and its potential for environmental management. *Journal of Environmental Management*, 159, 264–278. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.05.022>
- Rigó, M., Dragano, N., Wahrendorf, M., Siegrist, J., & Lunau, T. (2021). Work stress on rise? Comparative analysis of trends in work stressors using the European working conditions

- survey. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 94(3), 459–474. <https://doi.org/10.1007/s00420-020-01593-8>
- Roe, J. J., Aspinall, P. A., Mavros, P., & Coyne, R. (2013). Engaging the brain: The impact of natural versus urban scenes using novel EEG methods in an experimental setting. *Environmental Sciences*, 1, 93–104. <https://doi.org/10.12988/es.2013.3109>
- Sahni, P., & Kumar, J. (2021). Effect of nature experience on fronto-parietal correlates of neurocognitive processes involved in directed attention: An ERP study. *Annals of Neurosciences*, 27(3/4), 136–147. <https://doi.org/10.1177/0972753121990143>
- Schultz, P.W. (2002). Inclusion with nature: The psychology of human-nature relations. Teoksessa P. Schmuck, W. P. Schultz (Toim.) *Psychology of Sustainable Development*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0995-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0995-0_4)
- Siegrist, J., & Rödel, A. (2006). Work stress and health risk behavior. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 32(6), 473–481. <https://doi.org/10.5271/sjweh.1052>
- Slater, M., & Wilbur, S. (1997). A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(6), 603–616. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603>
- Souchet, A. D., Lourdeaux, D., Pagani, A., & Rebenitsch, L. (2022). A narrative review of immersive virtual reality's ergonomics and risks at the workplace: Cybersickness, visual fatigue, muscular fatigue, acute stress, and mental overload. *Virtual Reality*. <https://doi.org/10.1007/s10055-022-00672-0>
- Stevenson, M. P., Schilhab, T., & Bentsen, P. (2018). Attention restoration theory II: A systematic review to clarify attention processes affected by exposure to natural environments. *Journal of Toxicology and Environmental Health. Part B, Critical Reviews*, 21(4), 227–268. <https://doi.org/10.1080/10937404.2018.1505571>
- Stiefel, K. M., & Ermentrout, G. B. (2016). Neurons as oscillators. *Journal of Neurophysiology*, 116(6), 2950–2960. <https://doi.org/10.1152/jn.00525.2015>
- Stone, R., Small, C., Knight, J., Qian, C., Shingari, V. (2014). Virtual natural environments for restoration and rehabilitation in healthcare. Teoksessa M. Ma, L. Jain, P. Anderson (Toim.) *Virtual, Augmented Reality and Serious Games for Healthcare 1*. Intelligent Systems Reference Library, vol 68. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-54816-1\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-642-54816-1_24)

- Surawski, B. (2019). Who is a “knowledge worker” – clarifying the meaning of the term through comparison with synonymous and associated terms. *Management*, 23(1), 105–133.  
<https://doi.org/10.2478/manment-2019-0007>
- Syed Abdullah, S. S., Awang Rambli, D. R., Sulaiman, S., Alyan, E., Merienne, F., & Diyana, N. (2021). The impact of virtual nature therapy on stress responses: A systematic qualitative review. *Forests*, 12(12), 1776. <https://doi.org/10.3390/f12121776>
- Teplan, M. (2002). Fundamentals of EEG measurement. *Measurement Science Review*, 2(2), 1–11
- Tilley, S., Neale, C., Patuano, A., & Cinderby, S. (2017). Older people's experiences of mobility and mood in an urban environment: A mixed methods approach using electroencephalography (EEG) and interviews. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(2), <https://doi.org/10.3390/ijerph14020151>
- Twohig-Bennett, C., & Jones, A. (2018). The health benefits of the great outdoors: a systematic review and meta-analysis of greenspace exposure and health outcomes. *Environmental Research*, 166, 628–637. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.06.030>
- Ulrich, R. S. (1981). Natural versus urban scenes. *Environment and Behavior*, 13(5), 523–556.  
<https://doi.org/10.1177/0013916581135001>
- Ulrich, R.S. (1983). Aesthetic and affective response to natural environment. Teoksessa I. Altman, J. F. Wohlwill (Toim.) *Behavior and the Natural Environment*. Human Behavior and Environment, vol 6. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4613-3539-9\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4613-3539-9_4)
- Ulrich, R. S., Simons, R. F., Losito, B. D., Fiorito, E., Miles, M. A., & Zelson, M. (1991). Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, 11(3), 201–230. [https://doi.org/10.1016/s0272-4944\(05\)80184-7](https://doi.org/10.1016/s0272-4944(05)80184-7)
- United Nations Department of Economic and Social Affairs. (2018). *World urbanization prospects: The 2018 revision*. United Nations.  
<https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>
- van den Berg, A. E., Joye, Y., & de Vries, S. (2019). Chapter 6: Health benefits of nature. Teoksessa L. Steg & J. I. M. De Groot (Toim.), *Environmental psychology: An introduction* (ss. 55–64). John Wiley & Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119241072>
- van den Berg, A. E. & Joye, Y. (2019). Chapter 7: Restorative environments. Teoksessa L. Steg & J. I. M. De Groot (Toim.), *Environmental psychology: An introduction* (ss. 65–675). John Wiley & Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119241072>

- Velarde, M. D., Fry, G. & Tveit, M. (2007). Health effects of viewing landscapes – Landscape types in environmental psychology. *Urban Forestry & Urban Greening*, 6, 199–212. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2007.07.001>
- Ventriglio A, Torales J, Castaldelli-Maia JM, De Berardis D, and Bhugra D (2021). Urbanization and emerging mental health issues. *CNS Spectrums* 26(1), 43–50. <https://doi.org/10.1017/S1092852920001236>
- Vuori, V., Helander, N., & Okkonen, J. (2018). Digitalization in knowledge work: The dream of enhanced performance. *Cognition, Technology & Work*, 21(2), 237–252. <https://doi.org/10.1007/s10111-018-0501-3>
- Wagner, M. J. (1975). Brainwaves and biofeedback: A brief history. Implications for music research. *Journal of Music Therapy*, 12(2), 46–58. <https://doi.org/10.1093/jmt/12.2.46>
- Wang, T.-C., Sit, C. H.-P., Tang, T.-W., & Tsai, C.-L. (2020). Psychological and physiological responses in patients with generalized anxiety disorder: The use of acute exercise and virtual reality environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(13), 4855. <https://doi.org/10.3390/ijerph17134855>
- Wang, X., Gong, X.-F., Xiong, K.-X., Guo, D.-S., Liu, L.-J., Lin, C.-M., & Chang, W.-Y. (2022). Mapping of research in the field of forest therapy-related issues: A bibliometric analysis for 2007–2021. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.930713>
- Ward L. M. (2003). Synchronous neural oscillations and cognitive processes. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(12), 553–559. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2003.10.012>
- White, M. P., Yeo, N., Vassiljev, P., Lundstedt, R., Wallergård, M., Albin, M., & Löhmus, M. (2018). A prescription for “nature” – the potential of using virtual nature in therapeutics. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, Volume 14, 3001–3013. <https://doi.org/10.2147/ndt.s179038>
- Wickham H (2016). ggplot2: Elegant graphics for data analysis. Springer-Verlag New York. ISBN 978-3-319-24277-4, <https://ggplot2.tidyverse.org>
- Wickham H, François R, Henry L, Müller K (2022). dplyr: A grammar of data manipulation. <https://dplyr.tidyverse.org>, <https://github.com/tidyverse/dplyr>
- Yao, W., Zhang, X., & Gong, Q. (2021). The effect of exposure to the natural environment on stress reduction: A meta-analysis. *Urban Forestry & Urban Greening*, 57, 126932. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126932>
- Yeo, N. L., White, M. P., Alcock, I., Garside, R., Dean, S. G., Smalley, A. J., & Gatersleben, B. (2020). What is the best way of delivering virtual nature for improving mood? An experimental comparison of high definition TV, 360° video, and computer generated

virtual reality. *Journal of Environmental Psychology*, 72, 101500.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2020.101500>

Zhang, G., Wu, G., & Yang, J. (2023). The restorative effects of short-term exposure to nature in immersive virtual environments (IVEs) as evidenced by participants' brain activities.

*Journal of Environmental Management*, 326, 116830.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116830>