

**Kiril Shädi Shenouda Khalil**

**Osoitinlaitteen valinta saattaa olla merkittävä tekijä  
kognitiivisen testin suunnittelussa ja siinä suoriutumisessa**

Tietotekniikan Pro gradu -tutkielma

4. syyskuuta 2020

Jyväskylän yliopisto

Informaatioteknologian tiedekunta

**Tekijä:** Kiril Shädi Shenouda Khalil

**Yhteystiedot:** kiril.khalil@hotmail.com

**Ohjaaja:** Paavo Nieminen

**Työn nimi:** Osoitinlaitteen valinta saattaa olla merkittävä tekijä kognitiivisen testin suunnittelussa ja siinä suoriutumisessa

**Title in English:** Choice of input device may be a significant factor in the design of and user performance in cognitive tests

**Työ:** Pro gradu -tutkielma

**Opintosuunta:** Ohjelmisto- ja tietoliikennetekniikka

**Sivumäärä:** 56+5

**Tiivistelmä:** Tutkimusta lähdettiin tekemään Niilo Mäki Instituutin (NMI) kognitiivisten testien digitalisoitumisen myötä. Kun perinteiset paperiset testit muutetaan digitaaliseen muotoon on huomattava, että käytettävä osoitinlaite on uusi ulkoinen muuttuja, jonka vaikutusta kognitiivisiin testeihin ei tunneta hyvin. Tutkimuksen tarkoitus on selvittää, onko NMI:n syytä rajata käytettävää osoitinlaitetyyppejä.

Tutkielmassa käydään läpi olemassa olevien tutkimusten löydöksiä ja niiden rakentamaa kehystä tutkielmassa tehdyille testeille ja havainnoille. Aineiston keräämistä varten suunniteltiin ja luotiin testikomponentti, josta saatua dataa analysoitiin tilastollisesti. Komponentista saatua dataa käydään läpi analyysiosuudessa, joka on toteutettu käyttäen IBM SPSS Statistics-ohjelmistoa.

Tutkielman tekijä on tehnyt testikomponentin, joka lisättiin osaksi NMI:n teettämää kognitiivista testipatteria keväällä 2020. Tähän testiin osallistui n. 300 opiskelijaa 7. ja 8. luokalta ympäri Suomea.

Johtopäätöksenä tutkimuksesta saatiin, että eri osoitinlaitteiden välillä on tilastollisesti huomattava ero tutkielmaa varten tehdyn testikomponentin kontekstissa, mutta samaa eroa ei ole nähtävissä suoraan testipatterissa käytetyissä testeissä.

**Avainsanat:** Osoitinlaite, Suorituskyky, Kognitiivinen testi

**Abstract:** The need for this research was defined by Niilo Mäki Institute's digitalisation of cognitive tests. As traditional paper based tests are digitalised it becomes clear that a new external variable has been introduced in the form of the input device being used. Therefore the idea for this research was formed on the basis of getting further knowledge to the question of if NMI should regulate the input device being used in the cognitive tests it manages. The research and its results regarding the potential performance differences between input devices will enable NMI to make better decisions regarding their cognitive tests.

Previous research regarding input devices and their performance will be touched upon in this research and their findings are used as a frame for the test and observations made in this research. A test component was made to collect the data used in this research and its technical aspects will be analysed in the practical section of this research. The data gained from using the aforementioned test component will be analysed using IBM SPSS Statistics-software in the analysis section.

The research was performed followingly: The author of this research has created a test component which was added as a part of the cognitive test collection done by NMI in the spring of 2020. Around 300 students were involved in this test from all around Finland.

As a conclusion it was determined that there was statistically relevant differences between different input device performances in the context of the test component but the same level of difference was not visible when comparing input devices in the context of the cognitive tests.

**Keywords:** Input device, Performance, Cognitive test

## Esipuhe

Aina ei ollut helppoa ja tekeminen venyi. Onneksi sattumien ja työnantajan kautta, löytyi motivaatio ja aihe.

Kiitettäviä riittää ja osa varmasti unohtuu:

- Karoliina Lemmetti, tuki tekemistä ja tekijää koko prosessin läpi.
- Heini ja Medhat Shenouda Khalil, jatkuva tsemppaaminen ja motivoiminen.
- Cecilia Shenouda Khalil, jälkisukupolvensa edessä oli syytä hoitaa asiat kunnialla loppuun ja näyttää esimerkkiä.
- Paavo Nieminen, vaikka homma venyi ja pyöri edes takasin, niin jaksoi olla auttamassa ja ajoi asiaa eteenpäin.
- Jari Westerholm, omaa aikaa uhraten opetti tilastoanalytiikkaa, jotta tarvittava analyysi saataisiin aikaiseksi.
- Maria Paananen, aiheen muodostaminen ja antoi mahdollisuuden hyödyntää omaa testipateriaan gradua varten.
- Kenneth Eklund, tutkimuskysymyksen muodostaminen ja analyysin muodostaminen.
- Juha-Matti Latvala, antoi mahdollisuuden yhdistää työn ja opiskelun, sekä hyödyntää työaikaa graduun. Kannusti vahvasti tekemistä.
- Matti Kinnunen, aiheen muodostaminen.
- Enni Stylman, oikoluenta ja korjausehdotukset.

Jyväskylässä 4. syyskuuta 2020

Kiril Shādi Shenouda Khalil

## Termiluettelo

ANOVA	Kokoelma varianssiin liittyviä analyysimenetelmiä ja tilastollisia malleja.
Arvio	NMI:n kehittämä modulaarinen arviointialusta.
Backend	Ohjelmiston osuus, joka koostuu käyttäjälle yleisesti ”näkyttömistä” osista, kuten tietokanta.
CSV	Tiedostomuoto, jolla tallennetaan yksinkertaista taulukkomuotoista tietoa tekstitiedostoon.
Django	Verkko-ohjelmistokehys (web framework), jonka avulla voidaan tehdä tietokantaan perustuvia monipuolisia verkkosivuja.
Digilukiseula	NMI:n kehittämä testipatteri lukivaikeuksien riskin tunnistamiseen. Lyhennettynä DLS.
Django REST	Mahdollistaa REST-arkkitehtuurien mukaisen toteuttamisen ohjelmointirajapinnoille (GET, PUT, POST, DELETE).
EventListener	TypeScriptissäkin käytettävä tapahtumankäsittelijä, jonka avulla koodissa voidaan reagoida haluttuihin tapahtumiin.
Fitts’s Law	Teoriakokoelma, jota käytetään määrittelemään osoitinlaitteen kohteeseen liikuttamisen vaikeutta.
Frontend	Ohjelmiston osuus, jonka käyttäjä näkee ja jota käyttäjä manipuloi toiminnallaan.
Funktiokomponentti	Reactissa toinen käytettävistä pääkomponenttityypeistä.
JavaScript	Pääasiassa web-ympäristössä käytettävä dynaaminen kieli.
JSON	Ohjelmointikielestä riippumaton, avoin ja standardoitu tiedostoformaatti, jota voi käyttää useiden eri ohjelmointikielien kanssa. JSON-tiedostot ovat tekstimuotoisia ja ihmisten luettavissa (ja muokattavissa).
JSX	Reactissa käytettävä syntaktinen laajennus JavaScriptille, jolla useimmiten hallitaan käyttöliittymän ulkonäköä.
Khiin neliö -testi	Englanniksi ”Chi-squared test”, käytetään toteamaan onko muutujien välillä tilastollisesti huomattavaa eroa. Käytetään notaa-

	tiota $\chi^2$ .
Laattahiiri	Tällä tarkoitetaan yleisesti kannettavassa tietokoneessa olevaa kosketuslevyä, jonka avulla voidaan ohjata osoitinta ruudulla.
Luokkakomponentti	Reactissa toinen käytettävistä pääkomponenttityypeistä.
Osoitinlaite	Yleiskielessä käytetään termiä hiiri tai tietokonehiiri. Yleistermi kaikille eri menetelmille ohjata osoitinta ruudulla.
PostgreSQL	Relaatiotietokantaohjelmisto.
React	JavaScript kirjasto, jota käytetään käyttöliittymien rakentamiseen.
SPA	”Single Page Application”, verkkosivu joka kommunikoi selaimen kanssa kirjoittaen nykyisen sivun tilalle uutta dataa. Vaihtoehtona perinteiselle tavalle, jossa sivun päivittäminen vaatii uuden sivun lataamisen.
SPSS Statistics	IBM:n omistama ohjelmisto, jota käytetään tilastoanalyysiin.
SQL	Kieliformaatti, jolla voidaan tehdä luettavassa muodossa olevia kyselyitä relaatiotietokantaan.
SVG	Kuvaformaatti (scalable vector graphics), jonka avulla voidaan piirtää helposti yksinkertaisia 2D-objekteja käyttöliittymään.
Tilamuuttuja	Englanniksi ”State variable”, Reactissa käytettävä erikoismuuttuja, jolla hallitaan käyttöliittymän tilaan liittyviä ominaisuuksia.
T-testi	Käytetään testatessa normaalijakautuneiden satunnaismuuttujien keskiarvoja.
TypeScript	JavaScriptiin pohjautuva kieli, joka lisää mahdollisuuden muuttujien tyyppitykselle.
Ulkoinen hiiri	Tällä tarkoitetaan erikseen tietokoneeseen kytkettävää osoitinlaitetta, jota liikuttelemalla voidaan ohjata osoitinta ruudulla.
Visual Studio Code	Suosittu koodieditori, jota käytettiin tämän tutkimuksen testikomponentin kehittämiseen.

## Kuviot

Kuvio 1. Esimerkki Fittsin laista (MacKenzie, Kauppinen ja Silfverberg 2001) . . . . .	9
Kuvio 2. Esimerkki oppilaalle annettavasta ohjelapusta. Esimerkissä olevat tiedot eivät ole käytössä nyt tai tulevaisuudessa. . . . .	12
Kuvio 3. Esimerkkikuva, jossa näkyy vihreä nappi, jolla edetään seuraavalle sivulle ja ääninappi, josta voi kuunnella ohjeet puhuttuna uudestaan. . . . .	16
Kuvio 4. Enum alustus ja tilamuuttujan alustus. . . . .	18
Kuvio 5. Oikeellisuuden tarkistus harjoituksissa. . . . .	19
Kuvio 6. Klikkauksien määrän ja ajankohdan talteenotto. . . . .	20
Kuvio 7. Reacting Lifecycle-funktion käyttö. . . . .	20
Kuvio 8. Klikattavan ympyräelementin luonti. . . . .	21
Kuvio 9. Oppilaiden jakauma käytetyn osoitinlaitteen suhteen. . . . .	25
Kuvio 10. T-testi suoritettu molemmille osoitinlaitteille. Parametreina klikkauksien lukumäärä ja kohdeosumien lukumäärä. . . . .	27
Kuvio 11. Kuvion 10 tuloksia graafisesti. . . . .	27
Kuvio 12. Ryhmäkojen pienuudesta johtuva ongelma. . . . .	29
Kuvio 13. Kysymyksen 196 jaon edelleen jakaminen 197 vaihtoehtojen mukaan. . . . .	30
Kuvio 14. Kysymyksen 196 jaon edelleen jakaminen 198 vaihtoehtojen mukaan. . . . .	31
Kuvio 15. Kysymyksen 196 jaon edelleen jakaminen 199 vaihtoehtojen mukaan. . . . .	32
Kuvio 16. Uusien ryhmäjakojen suoriutuminen graafisesti. . . . .	33
Kuvio 17. Descriptives taulukko. . . . .	33
Kuvio 18. Robust Test of Equality of Means -taulukko. . . . .	34
Kuvio 19. Post Hoc -testin tulokset. . . . .	35
Kuvio 20. Find Errors-tehtävän ja osoitinlaitekäyttäjryhmien ristiintaulukointi. . . . .	36
Kuvio 21. Find Errors-tehtävän ja osoitinlaitekäyttäjryhmien $\chi^2$ -testi. . . . .	36

# Sisältö

1	JOHDANTO .....	1
2	TUTKIMUKSEN TEORIAM JA TAUSTAT .....	3
2.1	Osoitinlaitteiden historia .....	3
2.2	Ihmisen ja tietokoneen välinen vuorovaikutus - HCI .....	3
2.3	Fittsin laki (Fitts's Law) .....	7
2.4	Laattahiiren ja ulkoisen hiiren vertailu .....	8
3	METODIT JA MATERIAALIT .....	12
3.1	Testiasetus .....	12
3.2	DigiLukiSeula (DLS) ja kysely .....	13
3.3	Find-errors -testi (FE-testi) .....	14
3.4	Arvio eli NMI:n ohjelmistoympäristöarkkitehtuuri .....	14
3.5	Osoitinlaitetesti .....	15
3.5.1	Osoitinlaitetestin käyttäjäkokemuksen toteutus .....	16
3.5.2	Osoitinlaitetestin tekninen toteutus .....	17
3.6	Analyysimenetelmät .....	21
3.6.1	Nollahypoteesi .....	21
3.6.2	Frekvenssianalyysi ja ristiintaulukointi .....	22
3.6.3	$\chi^2$ -testi (Chi Square Test) .....	22
3.6.4	Studentin t-testi .....	23
3.6.5	ANOVA (Analysis of Variance) ja Post Hoc .....	23
4	ANALYYSI .....	24
4.1	Aineiston valmistelu .....	24
4.2	Osoitinlaitetestin aineiston analyysi .....	24
4.2.1	Aineiston frekvenssianalyysi .....	25
4.2.2	Studentin t-testi aineistolle .....	25
4.2.3	Aineiston yhdistäminen ja muokkaaminen hienojakeisemmaksi .....	27
4.2.4	Muokatun aineiston ristiintaulukointi ja $\chi^2$ -testi .....	28
4.2.5	ANOVA Post Hoc-testit .....	31
4.2.6	Analyysitulosten vertailu kognitiiviseen FE-testiin .....	34
4.3	Analyysituloksien huomiot, yhteenveto ja johtopäätökset .....	36
5	POHDINTA .....	39
5.1	Aikaisempi tutkimus .....	39
5.2	Tutkimuksen puutteet ja rajoitteet .....	39
5.3	Tulevaisuus ja jatkotutkimus .....	41
6	YHTEENVETO .....	43
	LÄHTEET .....	44
	LIITTEET .....	48



A	Testi-info 1.....	48
B	Testi-info 2.....	48
C	Testi-info 3.....	49
D	Testi-info 4.....	49
E	Testi-info 5.....	50
F	Testi-info 6.....	50
G	Testi-info 7.....	50
H	NormaalijakaumaKlikkaustenMäärä .....	51
I	NormaalijakaumaOsumienMäärä .....	51
J	Ryhmien 196+199 ja 197 ristitaulukointi. ....	52
K	Ryhmien 196+199 ja 198 ristitaulukointi. ....	52

# 1 Johdanto

Maailman jatkuva digitalisaatio tuo hyödyllisyytensä mukana myös omia haasteita, jotka realisoituvat viimeistään käytännön tasolla. Tämän tutkimuksen viitekehys on Niilo Mäki Instituutin (NMI) teettämien lukivaikeuksien riskiä ennakoivien testien digitalisoitumisessa. Ennen nämä testit tehtiin paperisena, jolloin testattava henkilö täytti testilomakkeen käyttäen kynää. Niinpä lähtökohtaisesti testien tekemiseen käytetty väline ei ollut ulkoinen tekijä, jolla voi olla vaikutus testissä suoriutumiseen. Kuten Goonetilleke, Hoffmann ja Luximon (2009) totesivat tutkimuksessaan, ei kynän muodolla ole havaittavaa merkitystä lyhyessä tehtävässä, joita myös testipatterin tehtävät edustavat. Paperitestien digitalisoitumisen myötä on kynä vaihtunut tietokoneen osoitinlaitteeksi. Toisin kuin kynän kohdalla, on tietokoneella käytettävällä osoitinlaitetyypillä todettu mahdollisesti olevan merkitys suoritettavan tehtävän suhteen. Näitä merkityksellisiä eroja käydään tarkemmin läpi luvussa 2.2. Tullaankin huomaamaan, että vastaavanlaista tutkimusta, jossa yhdistetään osoitinlaitetyypin merkitys kognitiivisten testien kontekstissa, ei vaikuttaisi olevan tehty aikaisemmin.

Tässä tutkimuksessa mainitun NMI:n Arvio-järjestelmän DigiLukiSeulan päätarkoitus on antaa erikoisopettajille digitaalinen työkalu. Työkalun avulla he voivat teettää oppilailleen testipatterin, jonka tuloksia analysoimalla voidaan huomata mahdollinen riski lukivaikeuksien esiintymiselle kyseisellä testattavalla henkilöllä. Arvio-järjestelmä on tällä hetkellä optimoitu fyysisille osoitinlaitteille, joten tämän tutkimuksen tutkittavat osoitinlaitteet on rajattu laattahiireen ja ulkoisiin hiiriin. Täten esimerkiksi kosketusnäyttöä osoitinlaitteena ei ole tutkittu tässä tutkielmassa.

Koska tietokoneella käytettäviä osoitinlaitteita on erilaisia ja niiden toimintaperiaatteet ja toimintamekanismit eroavat toisistaan, on luontevaa myös pohtia, vaikuttaako eri osoitinlaitteiden käyttö niiden käyttäjän suorituskykyyn hänelle annetun tehtävän kontekstissa. Varsinkin ihmisen ja tietokoneen välisen vuorovaikutuksen (HCI) tutkimuksia on tehty runsaasti. Huomattavasti vähemmän on tehty tutkimuksia, jotka keskittyvät puhtaasti vertailemaan osoitinlaitteiden välistä suorituskykyä. Alan tutkimuksissa yleisin ryhmäjako on käyttäjän ikään liittyvä, kuten Hertzum ja Hornbæk (2010) ovat todenneet ja mitattava ominaisuus on joko osoitinlaitteen suorituskyky tai käyttömukavuus.

Tässä tutkimuksessa käytettiin NMI:n keväällä 2020, 7.- ja 8.-luokkalaisille teetättämää Di-giLukiSeula (DLS) testipatteria, johon sisältyi hiiritesti ja kyselyosio, jonka avulla mitattiin testattavien suoriutumista eri parametreihin peilattuna ja jaoteltuna eri käyttäjäryhmiin. Tämän avulla pystyttiin tuottamaan aineisto ja analyysi, joka kohdistuu juuri NMI:n kiinnostuksien mukaisen kohderyhmän suoriutumiseen ja sen analysointiin.

Mitä paremmin tällaiset ulkoiset tekijät pystytään eliminoimaan tai vähintäänkin normalisoimaan kaikille käyttäjille tasavertaisiksi (tai niin lähelle kuin tätä on mahdollista päästä todellisuudessa), sitä paremmin pystytään luottamaan testien tuottamaan aineistoon ja sen mahdollisiin indikaattoreihin liitettynä esimerkiksi lukivaikeuden riskiin. Tämä johtaa luonnollisesti siihen, että apua saadaan tehokkaasti ja mahdollisimman nopeasti kohdennettua niille, jotka sitä eniten tarvitsevat. On tiedossa, että NMI:llä on tätä osoitinlaitteeseen ja sen mahdollisiin vaikutuksiin liittyvää kysymystä pohdittu, mutta asiaa ei ole tarkemmin analysoitu ja täten on päädytty pakottamaan testattavat tekemään testit tietyllä osoitinlaitteella. Tämä NMI:n aiempi lähestymistapa asettaa teoriassa tekijät samalla lähtöviivalle, mutta ongelmaksi nousee tietämättömyys siitä, vaikuttaako tiettyyn osoitinlaitteen käyttämiseen ”pakottaminen” negatiivisesti tekijän suoriutumiseen DLS:n testeissä.

Täten on oleellista kysyä, vaikuttaako osoitinlaitteen tyyppi testattavan suorituskykyyn ja jos, niin millä tavalla. Tämän tyyllisen eri osoitinlaitteiden suorituskykyä vertaavan tutkimuksen ovat tehneet General ym. (2015), mutta sen lisäksi on tässä kontekstissa tärkeää vielä peilata näitä mahdollisia löytöjä DLS:n testeihin ja analysoida, toistuvatko löydöt myös näissä testeissä. Tavoitteena on tuottaa suuntaa antava ohjeistus NMI:n digitaalisille testeille sen suhteen, miten osoitinlaitteiden käyttämistä kuuluisi rajoittaa tai olla rajoittamatta. Tällaista kohdennettua suorituskykytestiä 7.- ja 8.-luokkalaisille, liitettynä taustatietokyselyyn ja peilaukseen DLS:n tyyliin kognitiivisiin testauksiin ei löytynyt etsinnän päätteeksi ja täten oli perusteltua lähteä tätä tutkimusta tekemään. Toissijaisena tavoitteena on todistaa osoitinlaitteen toimivuus osoitinlaitesuorituskyvyn mittarina (”proof of concept”).

## **2 Tutkimuksen teorit ja taustat**

Tässä luvussa käydään läpi osoitinlaitteiden historia, Human Computer Interaction (HCI) ja siihen liittyviä tutkimuksia, Fittsin lain perusteet ja aikaisempaa vertailevaa tutkimusta laattahiirestä ja ulkoisesta hiirestä.

### **2.1 Osoitinlaitteiden historia**

Alkuun on hyvä käydä läpi hyvin nopea katsaus osoitinlaitteiden historiasta. Ensimmäisen tietokoneelle tarkoitetun osoitinlaitteen kehitti Douglas Engelbart, joka kuvaili sitä, Bill Englishin kanssa, tarkemmin tekstissä (Engelbart ja English 1968). Kyseinen osoitinlaite toimi kahden metallisen renkaan avulla ja se ei vielä muistuttanut läheisesti nykyistä käsitystämme osoitinlaitteesta. Vasta vuonna 1972 Bill English kehitti hiiren, joka pyöri pallon päällä. Tässä ”pallohiiressä” kyseinen pallo pyöritti kahta rullaa, jotka lähettivät tietokoneelle signaalin siitä, mihin suuntaan käyttäjä halusi liikuttaa osoitinta. Tämä kyseinen ”pallohiiri-mekanismi” säilyi vielä 90-luvun loppupuolelle saakka suosituimpana osoitinlaitetyyppinä. Sitä seurannut nykyaikainen optinen hiiri kehitettiin jo vuonna 1980, se nousi valtasuosioon vasta 2000-luvun taitteesta eteenpäin.(Atkinson 2006)

Tässä tutkielmassa toinen merkittävä osoitinlaitetyyppi, laattahiiri, sai alkunsa vuonna 1982, kun Apollo-tietokoneissa oli näppäimistön vierellä pieni levy, jonka avulla pystyi ohjaamaan osoitinta (ApolloComputer 1983). Laattahiiren suosituin sovellus eli kannettavan tietokoneen integroitu osoitinlaite, toteutettiin ensimmäisen kerran vuonna 1992 Olivetti ja Triumph-Adlerin toimesta, mutta ensimmäinen laajasti saatavilla ollut versio oli vuonna 1994 julkaistu Applen PowerBook, joka hyödynsi Cirquen GlidePoint-laattahiirtä ja vakiinnutti nykyisen formaatin (Diehl 1995).

### **2.2 Ihmisen ja tietokoneen välinen vuorovaikutus - HCI**

Samalla kun maailma jatkuvasti digitalisoituu, on oletettavaa, että myös suhteessa näiden digitaalisten laitteiden ohjaamisen käytettävien menetelmien tärkeys ja vaikutus jokapäiväi-

seen elämäämme kasvaa. Näistä ohjaimista voidaan pitää yleisesti tutuimpana näppäimistöä ja osoitinlaitetta. Siinä missä näppäimistön kehittyminen on ollut melko maltillista vuosien varrella ovat osoitinlaitteet muuttuneet sekä ulkomuotonsa että liikettä tunnistavaan teknologiansa osalta huomattavan määrän (Glass 2018).

Tämän tutkielman puitteissa kiinnostaviksi tutkimuksen kohteiksi ja viitekehyksiksi nousee tutkimukset, joissa ollaan joko tutkittu eri osoitinlaitteiden käytettävyyttä ja tehokkuutta eri tilanteissa, eri demografian omaavien henkilöiden suoriutumista samalla tai eri osoitinlaitteilla tai näitä eri asteella yhdistäviä tutkimuksia. Koska osoitinlaitetta tässä kontekstissa käyttää aina ihminen, kerrotaan seuraavaksi tiiviisti Human Computer Interaction:stä (HCI).

HCI käsittelee ihmisen ja tietokoneen välistä vuorovaikutusta. Vuorovaikutuksen monimutkaisesta luonteesta johtuen, kyseessä on vaikeasti yksiselitteisesti määriteltävä tieteenala. HCI:n alle kuuluvat esimerkiksi kognitiivinen psykologia, tietojenkäsittelytiede, käyttöliittymät, käytettävyys, käyttäjäkokemus ja ohjelmistot. Tämän tutkielman osalta osoitinlaitteen käytettävyyden tarkastelu on mielekästä, jotta voidaan jo alustavasti poissulkea tai todeta käytettävyyden kannalta eri osoitinlaitteiden eroja ja niiden vaikutusta suorituskykyyn. Tämän tarkastelun perustana toimii Card (2018) kirja, jossa hän määrittelee ihmisen näön ja motoriikan järjestelminä, joiden toimintatehokkuuteen voi vaikuttaa ulkoiset tekijät. Tältä osin on tärkeää sulkea pois näitä mahdollisia ulkoisten tekijöiden vaikutuksia, jotta tulokseen vaikuttaisi mahdollisimman suuresti vain käytetty osoitinlaite.

Laattahiiren käyttäjien osalta, heidän kätensä ja ranteensa asento määrittyy kiinteästi käytettävän laitteen sijoittelun suhteen. Ulkoisen hiiren osalta on käyttäjä huomattavasti vapaampi sijoittamaan osoitinlaitteen itselle luontaiseen asentoon ja sijaintiin. Kelaher ym. (2001) tutkivatkin laattahiiren sijoittelun merkitystä rannekulmaan ja rasitukseen käyttäjässä. Heidän tutkimuksensa sai selville, että vaikka laattahiiren sijainti vaikutti selvästi käyttäjän ranteen ja käden asentoon, ei sillä ollut suoraan negatiivista vaikutusta epämukavuuden ja rasituksen suhteen. Ulkoisen hiiren osalta vastaavaa tutkimusta suorittanut Alhay (2018) totesi, että eri ulkoisilla hiirityypeillä, kuten pystyasenossa käytettävä hiiri vähensi riskiä sairastua jännetupintulehdukseen ja vastaaviin rasitusvammoihin. Kuitenkaan lyhyellä aikavälillä mitään suorituskykyyn vaikuttavaa haittaa ei löydetty. Kar ym. (2015) päätyivät myös samoihin tuloksiin, jossa eri osoitinlaitteiden välillä oli huomattavissa eroa käyttömukavuudessa ja käy-

tettävyydessä, mutta tällä epämukavuudella ei löydetty olevan suoraa merkitystä lyhyissä suorituksissa. Tutkimuksessa epäiltiin, että lyhyellä aikavälillä käyttäjä pystyi kompensoimaan biomekaanisesti eri osoitinlaitteiden mahdollisia käytettävyyseroja.

Labbafinejad ym. (2019) tutkimuksessaan, jossa vertailtiin lihasaktiivisuutta eri osoitinlaitteiden käyttämiseen liittyen, eivät löytäneet merkittävää eroa eri osoitinlaitteiden kohdalla. Samoin Çakir ym. (1995) ei tutkimuksessaan löytänyt selvää ja merkittävää eroa ulkoisen hiiren ja käyttämänsä laattahiiren välillä, kun verrattiin käyttäjien fyysistä mukavuustasoa käytön aikana.

Isokoski ja Raisamo (2002) vertailivat kuutta kooltaan erilaista ulkoista hiirtä ja totesivat, että näidenkään välillä ei ollut mitään tilastollisesti merkittävää eroa. Pieniä huomioita heillä oli liittyen siihen, että fyysisesti isompi hiiri oli hieman hitaampi käyttää kuin pienemmät hiiret.

Donker ja Reitsma (2007) tutkivat nuorten lasten kykyä osua kohteisiin ruudulla käyttäen ulkoista hiirtä. Testiin osallistui eri ikäisiä lapsia lastentarhasta alakoulun ensimmäiselle luokalle, sekä ryhmä aikuisia viiteryhmäksi. Testin tuloksien perusteella tutkijat totesivat, että pienet lapset eivät ole aikuisia epätarkempia kohteeseen osumisen suhteen, mutta kohteen koon pudottua tiettyjen raja-arvojen alapuolelle, hidastuu nuorten lasten tähtäämisprosessi huomattavasti. Tämä hidas tähtääminen taas lisää ranteen fyysistä rasitusta ajan myötä. Tuloksien perusteella, nuorten lasten kohdalla, tutkimus suositteli klikattavien kohteiden olevan vähintään 1cm x 1cm kooltaan. Koska tämä raja-arvo perustuu tämän tutkimuksen kontekstissa huomattavasti nuorempien lasten kohderyhmään on perusteltua olettaa, että vastaavanlainen raja-arvo, on tämän tutkielman osalta vähintäänkin riittävä.

Peters ja Ivanoff (1999) tutkivat ulkoisen hiiren käyttäjiä, jakaen heidät seuraaviin ryhmiin: oikeakätiset, jotka normaalisti käyttävät oikeakätistä hiirtä (OK-OH), vasenkätiset, jotka normaalisti käyttävät oikeakätistä hiirtä (VK-OH) ja vasenkätiset, jotka normaalisti käyttävät vasenkätistä hiirtä (VK-VH) ja vertailivat näiden ryhmien suorituskyykyä, kun he kaikki käyttivät oikeakätistä hiirtä. Suurimmat erot syntyivät odotetusti OK-OH ja VK-VH ryhmien suorituskyykyjen välillä, mutta tällöinkin ajallisesti erot olivat keskiarvoisesti alle 200ms (0.2s). Tämä aikaero todettiin olevan pieni, kun otetaan käytetty tehtävätyyppi huomioon.

Lane ja Ziviani (2010) yrittivät tutkimuksessaan määrittellä, miten henkilökohtaiset ominaisuudet, kehitykselliset seikat ja kokemus, vaikuttavat kouluikäisen henkilön osoitinlaite suorituskykyyn. Tämän tutkimuksen kontekstissa tuloksista tärkeimmät havainnot liittyvät siihen, kuinka osoitinlaitteen käytön suhteen nopeus ja tarkkuus kehittyvät nuorissa noudattaen samoja periaatteita kuin heidän motorisen järjestelmän kehitys, toisin sanoen iän suhteen positiivisesti.

Viimeisenä huomiona on syytä myös tarkistella joitain harvinaisempia osoitinlaitetyyppejä. Näitä ovat esimerkiksi trackball joka on ulkoinen osoitinlaite, jossa on iso pallo-ohjain, jota pyörittämällä voi manipuloida osoitinta ruudulla ja etäosoitinlaitteet (idea sama kuin television kaukosäätimessä, mutta tietokoneen osoitinlaitekontekstissa). MacKenzie ja Jusoh (2001) vertasivat tutkimuksessaan ulkoista hiirtä kahteen etäosoitinlaitteeseen ja totesivat tuloksissaan, että näiden suorituskyky jäi todella kauaksi perinteisen ulkoisen hiiren tasosta. Isokoski ym. (2007) taas tutkivat vastaavasti trackball-osoitinlaitteen suorituskykyä sitä suosivissa grafisissa tehtävissä ja siinäkin yhteydessä sen suorituskyky todettiin olevan vain hyvin spesifeissä tilanteissa hieman parempi kuin perinteisen ulkoisen hiiren.

Käytännössä yllä oleva materiaali vahvistaa tämän tutkielman oletusta, että perusterve 7.- ja 8.- luokkalainen nuori, jolla ei ole muita fysiologisia poikkeuksellisia tekijöitä ei tule käytettävyyden osalta kokemaan tilastollisesti merkitsevää eroa epämukavuudessaan osoitinlaitetyypin perusteella. Täten ei ole syytä olettaa, että osoitinlaitetyyppejä tulisi rajoittaa tai valita, käyttömukavuuden perusteella tai että suorituskykyyn vaikuttaisi osoitinlaitetyypin käyttömukavuuden osalta tilastollisesti merkitsevästi. Samoin käsipreferenssin hallinnointi suhteutettuna sen tilastolliseen merkitykseen absoluuttisessa suorituskyvyssä on niin rajallinen, että sitä ei suoriteta tässä tutkielmassa.

Tämän tutkielman asettelu painottuukin enemmän osoitinlaitetyyppien väliseen vertailuun mitattuna suorituskykyyn nähden, sillä tässä osiossa kuvattujen ulkoisten tekijöiden merkitys on todettavissa olevan joko olematon tai tilastollisesti merkityksetön tämän tutkimuksen kontekstissa. Testikomponentin suunnittelussa asetettiin kuitenkin klikattaville kohteille alaraja  $1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$ , jonka Donker ja Reitsma (2007) näkivät perustelluksi.

### 2.3 Fittsin laki (Fitts's Law)

Vuonna 1954 Paul Morris Fitts julkaisi tutkimuksen (Fitts 1954), jossa hän esitteli mallinsa, minkä avulla hän yritti kvantifioida määreen kohteen valitsemisen vaikeudelle. Kyseinen määre sai nimen ”Fitts's *index of difficulty*” eli suoraan käännettynä Fittsin vaikeusindeksi, josta käytetään yleisesti lyhennettä *ID*. *ID*:n arvo saadaan yhtälöllä:

$$ID = \log_2\left(\frac{2D}{W}\right) \quad (2.1)$$

jossa *D* on etäisyys kohteesta ja *W* on kohteen leveys. Yhtälöä tarkistelemalla on nähtävissä, että etäisyyden kasvaessa kohteen keskustasta eli *D*:n kasvaessa, kasvaa myös tuloksena saatu arvo *ID*, joka osoittaa että pidempi liike on haastavampi kuin lyhyempi, jos muut muuttujat eivät muutu. *W*-muuttujalle on nähtävissä käänteinen vaikutus, sillä kun *W* kasvaa eli osuttavan kohteen koko kasvaa, pienenee saatu *ID*-arvo eli mitä isompi osumakohde on, sitä helpompi siihen on osua. Näin ollen näitä kahta muuttujaa säätämällä saadaan osumakohteelle *ID*-arvo, jonka laskemalla voidaan määritellä tehtävästä haastavampi tai helpompi, verrattuna muihin vastaaviin tehtäviin. (Fitts 1954)

*ID*:n lisäksi Fitts esitti myös suorituskykyindeksin, jota merkataan *IP*:nä, joka yhdistää *ID*:n ja kohteeseen liikkumiseen kuluneen ajan, joka merkataan *MT*. Nykyään *IP*:tä monesti kutsutaan termillä ”*throughput*”, joka merkataan *TP* kuten MacKenzie, Kauppinen ja Silfverberg (2001) tutkimuksessaan. *IP/TP* lasketaan yhtälöllä:

$$IP = \left(\frac{ID}{MT}\right) \quad (2.2)$$

Koska Fittsin alkuperäinen testiasetus näille määreille perustui kahden fyysisen metallilevyn välillä siirrettävään stylukseen (Fitts 1954) (toisin sanoen liike kohteiden välissä on aina horisontaalista), on sen applikaatiota 2D-avaruuteen, esimerkiksi tietokoneen käyttöliittymän kohdalla, kritisoitu ja jatkokehitetty. Soukoreff ja MacKenzie (2004) tarkastelivat tutkimuksessaan Fittsin lain käyttöä HCI kontekstissa ja päätyivät ehdottamaan useita muokkauksia, korjauksia ja huomioita, millä lain hyödyllisyyttä pystytään ylläpitämään HCI:n digitaalisessa kontekstissa. Näistä ehdotuksista tälle tutkielmalle oleellimmat ovat *ID* arvojen laaja skaala, jolloin tulokset ovat luotettavimpia ja, mikäli halutaan verrata käytettäviä



laitteita testissä, on syytä käyttää *TP*:tä pääsääntöisenä metriikkana, sillä se edustaa kaikkia havaintoja. *ID* arvojen laajalla skaalalla tarkoitetaan klikattavien kohteiden monimuotoisuutta koon ja sijainnin suhteen testin aikana. Nämä ohjeistukset on otettu tässä tutkielmassa huomioon, mikä näkyy mitattavissa määreissä ja testiasetelmassa käytännön osuudessa, klikattavien kohteiden monimuotoisuutena. Tämä käytännössä tarkoittaa, että kohteilla on toisistaan huomattavasti eroavat *D* ja *W*-arvot, joka johtaa erilaisiin *ID*-arvoihin tutkielman testikomponentissa. Määre ”huomattavasti eroavat” rajautuu käytännössä käytettävän näyttötilan rajoitteisiin eli osumakohteille on määrätty raja-arvot niiden sijainnin suhteen, jotka estävät kohteiden poistumisen käyttäjän verkkoselaimen ikkunasta.

Nykyisessä HCI:n kontekstissa yleisemmin käytettävä kaava on (MacKenzie, Kauppinen ja Silfverberg 2001):

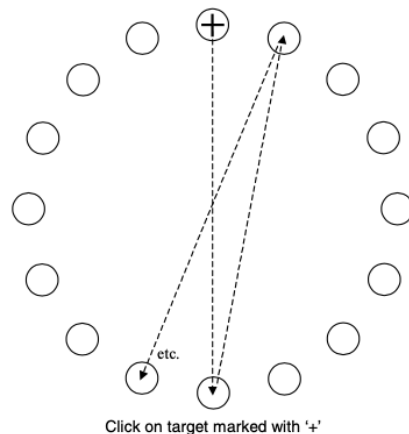
$$ID = \log_2\left(\frac{D}{W} + 1\right) \quad (2.3)$$

Kaavasta on argumentoitu olevan vielä tehokkaammin nykyiset vaatimuksen huomioon otettava versio, jossa *ID* on muodossa *IDE*, missä *e* tulee sanasta ”effective”. Wright ja Lee (2013) argumentoivat tämän ottavan paremmin huomioon osumakohteen efektiivisen vaikeusasteen. Huomioitavaa on, että kaava on edelleen jatkokehityksen ja tutkinnan alaisena ja siitä on monta eri adaptiota eri tarpeisiin. Tämän tutkielman osalta on Fittsin alkuperäinen vuonna 1954 esittämä kaava oleellisin ja sen esittämää ajatusta rippuvuudesta vaikeuden ja etäisyyden sekä kohteen koon välillä otetaan huomioon käytännön osuudessa.

Fittsin lakia ja sen sovellusta tämän tutkielman kontekstissa voidaan visualisoida kuviossa 1 esitettynä rinkiä palloja, joista testattavan pitää klikata yhtä kerrallaan (yleisesti klikattavaa ympyrää korostetaan värillä), jonka jälkeen klikattava kohde siirtyy toiseen palloon. Hertzum ja Hornbæk (2010) hyödynsivät testissään myös kuvion 1 mukaista testiä värimuunnelmin ja tämän tutkielman testikomponentti pohjautuu samaan logiikkaan.

## 2.4 Laattahiiren ja ulkoisen hiiren vertailu

Kuten aikaisemmin mainittiin on NMI:n käyttämässä Arvio-järjestelmässä tehtävien tekeminen rajattu osoitinlaitteen osalta toistaiseksi joko ulkoiseen- tai laattahiireen. Tästä johtuen myös viitekehys painottuu tutkimuksiin, joissa näitä kahta on verrattu tai joissa ne molemmat



Kuvio 1. Esimerkki Fittsin laista (MacKenzie, Kauppinen ja Silfverberg 2001) .

ovat olleet vähintään mukana muiden osoitinlaitteiden lisäksi.

Edellisessä luvussa kuvaillun Fittsin-lain pohjalta mitata osoitinlaitteen käyttöä, on kehitetty eri testejä, jotka perustuvat samaan periaatteeseen, mutta eroavat silti toteutukseltaan alkuperäisestä. Shanis ja Hedge (2003) hyödynsivät tutkimuksessaan testiä, jossa käyttäjän oli ohjattava osoitinlaitteellaan neliötä ruudulla kahta rataa pitkin (leveämpi = helppo ja kapea = vaikea). Rataa kiertäessä sen varrella piti osua määrättyihin pisteisiin. Shanis ja Hedge (2003) havaitsivat tilastollisesti merkittävän eron ulkoisen hiiren käyttäjien kyvyssä suorittaa enemmän kierroksia, tämä havainto oli nähtävissä sekä kapeammalla radalla, että leveämmällä radalla. Tämä taas kielii siitä, että tilastollisesti tämän tutkimuksen kontekstissa ulkoisen hiiren käyttäjät kykenivät liikuttamaan osoitinta ruudulla nopeammin ja tarkemmin kuin laattahiiren käyttäjät.

Vastaavasti taas Hertzum ja Hornbæk (2013) vertailivat miten sijainniltaan ennakkoon tiedettyjen kohteiden painaminen vertautui ulkoisen- ja laattahiiren välillä. Testissä ympyröistä koostuvan ringin lisäksi, ringin keskellä oli myös yksi ympyrä. Tehtävä aina alkoi painamalla keskimmäistä ympyrää, jonka jälkeen satunnaisesti yksi ringissä olevista ympyröistä indikoitui painettavaksi ja tämän jälkeen oli aina painettava taas keskiympyrää. Tämä sekvenssi jatkui testin läpi, jolloin käyttäjällä oli aina tieto, että ensimmäinen painallus ja sen jälkeen joka toinen painallus kohdistui keskellä olevaan ympyrään, mutta välissä olevien painalluksien kohde ei ollut ennakkoon tiedossa. Näin mitattiin kykyä reagoida ja siirtyä ennalta

tuntemattomaan kohteeseen sekä siirtymistä siitä ennalta tiedettyyn kohteeseen. Tuloksissa todetaan, että molemmissa tapauksissa (ennakkoon tiedetty kohde ja tuntematon kohde) ulkoisen hiiren käyttäjät pystyivät reagoimaan nopeammin. Huomiona vielä, että varsinkin tilanteessa, missä seuraava kohde oli ennakoon tiedossa, ulkoisen hiiren käyttäjät pystyivät suhteessa hyödyntämään tätä tietoa huomattavasti tehokkaammin ja ero kahden osoitinlaitteen suorituskyvyn välillä kasvoi suhteellisesti tässä tapauksessa.

Ulrich, Boring ja Lew (2015) testasivat tutkimuksessaan kosketusnäyttöä, ulkoista hiirtä ja laattahiirtä osoitinlaitteina ohjaamaan ydinvoimalaitoksen turbiinien ohjausjärjestelmää. Testissä 24 turbiinioperaattoria testasivat kaikkia kolmea vaihtoehtoa hallita järjestelmää sekä antoivat palautetta jokaisesta eri osoitinlaitetyypistä ja tämän lisäksi kertoivat, mikä näistä vaihtoehtoista oli heidän mielestä paras tapa ohjata uutta järjestelmää. Tämän subjektiivisen tuloksen lisäksi kerättiin empiiristä dataa eri osoitinlaitettyyppien suorituskyvystä. Käyttäjät itse subjektiivisessa palautteessaan suosivat lähes yksimielisesti kosketusnäyttöä perustellen valintaansa käytön helpoudella ja mukavuudella, mutta mainitsivat itse, että pienten kohteiden manipulointi näytöllä oli ajoittain vaikeata. Empiirinen data viittasi ulkoisen hiiren olevan sekä suoritusnopeudeltaan että -varmuudeltaan tasaisin. Molemmissa tapauksissa, niin subjektiivisen palautteen kuin empiirisen havainnon perusteella, laattahiiri sijoittui kaikissa mittareissa heikommin kuin muut vaihtoehdot.

MacKenzie ja Oniszczak (1998) testasi kolmea eri laattahiirityyppiä ja etsi tätä kautta suorituskykyisintä laattahiirimallia. Tavoitteena oli selvittää, voisivatko eri tyyppiset laattahiirimallit kilpailla ulkoisen hiiren kanssa suorituskyvyssä. Laattahiiristä suorituskykyisinkin jäi perinteisen ulkoisen hiiren taakse suorituskyvyltään ja tutkimuksessa todetaankin, että laattahiiri tuskin tulee korvaamaan ulkoisen hiiren yleisessä käytössä lähitulevaisuudessa.

Dehghan ym. (2015) testasivat neljän eri osoitinlaitteen suorituskykyä (ulkoinen hiiri, laattahiiri, kynähiiri, itse kehitetty ”ErgoMice”). Testaajina toimi kymmenen henkilöä, jotka olivat ammattilaisia kyseisen testiympäristön käytössä. Testihenkilöiden piti suorittaa ennalta määrättyjä ja heille tuttuja tehtäviä testiympäristössä ja näistä mitattiin suoritusaikaa sekunneissa ja virheklikkauksia prosentteina kokonaismäärästä. Tutkimuksen tuloksista käy ilmi, että ulkoista hiirtä käyttäen testikäyttäjät suoriutuivat tehtävistään nopeiten (lähes tuplasti nopeammin kuin laattahiirellä 0.846s vs 1.617s) ja sama kaava myös toistui virheiden lukumäärän

suhteen (ulkoinen hiiri 13% vs laattahiiri 34%).

Kuten johdannossa mainittiin, niin käy myös selväksi vertaillessa tätä osuutta HCI:n osuuteen, miten alan nykyiset tutkimukset ovat painottuneet. Puhtaasti eri osoitinlaitteiden suorituskykyä toisiinsa ei ole tutkittu läheskään yhtä lukumäärällisesti kattavasti, kuin HCI:n muita määreitä. Osittaisena syynä voidaan varmasti pitää tuloksien näennäistä yksiselitteisyyttä, ainakin vertaillessa perinteistä ulkoista hiirtä perinteiseen laattahiireen ja suurin osa tutkimuksista perustuvatkin haluun testata jotain uutta osoitinlaitetyyppejä näiden rinnalla.

Tutkielman lähtöasetelmana onkin syytä pitää oletus, että ulkoisella hiirellä testin suorittavien oppilaiden tulisi tilastollisesti suoriutua paremmin mitattavissa metriikoissa, kuin laattahiirellä testin tekevät. Tämä perusasetelma toimii perusteluna osoitinlaitetestin toimivuudesta, jos osoitinlaitetestin tuottamat tulokset ovat linjassa näiden havaintojen kanssa. Mikäli tästä poikkeava tulos saavutetaan, on analysoitava erikseen mahdollisia syitä tähän. Olennaiseksi tekijäksi jää vertailla suorituskyvyn potentiaalista eron määrää ja heijastuuko se suoraan myös DLS:n kognitiivisiin testeihin.

## 3 Metodit ja materiaalit

Tässä luvussa käydään läpi tutkielman testiasetelma, DigiLukiSeula, aineiston keräämiseen käytetty kysely ja testikomponentti, sekä käytetyt analyysimenetelmät.

### 3.1 Testiasetelma

Tämän tutkielman aineiston keräys ja tallennus on tehty osana NMI:n kevään 2020 DigiLuki-Seula (DLS) pilottia, johon osallistui noin 300 opiskelijaa 7.- ja 8.-luokalta eri puolelta Suomea. Lähtöasetelmiltaan testi oli tarkoitus suorittaa osallistuvien koulujen tiloissa hallitusti opettajan valvonnassa, mutta maailmaa vuoden 2020 ensimmäisellä puolikkaalla ravistellut koronavirus COVID-19 pandemia ja siitä seurannut julkisten opetuslaitosten sulkeminen toi muutoksen tähän asetelmaan. Poikkeustilasta johtuen vaihtoehtoiksi jäi pilotin suorittamatta jättäminen tai vaihtoehtoisesti sen teettäminen opiskelijoiden kotona heidän huoltajien avulla. Pilotti päätettiin järjestää etänä niiden osalta, jotka siihen suostuivat.

Testiin osallistuneet opiskelijat suorittivat DLS-testin kotonaan käyttäen tietokonetta (mobiililaitteita ei ollut lupa käyttää). Testiin osallistuva oli saanut opettajaltaan kuvion 2 mukaiset ohjeet, jossa käyttäjä ohjeistettiin siirtymään arviointiverkkosivulle (tuetut selaimet ovat Mozilla Firefox ja Google Chrome) ja syöttämään hänelle annettu lisenssiavain.

#### Opiskelija:

4C

XWZR-MRXM-KA3H-3XCP

#### Tehtäviin kirjautuminen

1. Avaa tietokoneelta Mozilla Firefox tai Google Chrome -selain.
2. Mene osoitteeseen:  
arvio.nmi.fi/tehtavat/
3. Syötä tekstikenttään henkilökohtainen avaimesi:  
XWZR-MRXM-KA3H-3XCP

Kuvio 2. Esimerkki oppilaalle annettavasta ohjelapusta. Esimerkissä olevat tiedot eivät ole käytössä nyt tai tulevaisuudessa.

Syötettyään lisenssiavaimen opiskelija siirtyy verkkosivulla suoraan ensimmäiseen tehtävään ja oppilas suorittaa kaikki DLS:ään kuuluvat tehtävät yksitellen kunnes kaikki tehtävät on suoritettu tai suoritukseen määritetty aika menee umpeen. Tämän jälkeen suoritus siirtyy seuraavassa luvussa tarkemmin kuvattuun kyselyyn, jonka jälkeen oppilas on valmis ja voi sulkea verkkosivun.

### 3.2 DigiLukiSeula (DLS) ja kysely

DLS on NMI:n Arvio-ympäristöön kehittämä (D)igitaalinen (L)uki(S)eula, jonka tavoitteena on antaa indikaattori potentiaalisesta lukihäiriöriskistä. DLS perustuu paperiseen testikoelmaan (Nevala ym. 2006). Tähän testikokonaisuuteen kevään 2020 pilotissa oli lisäksi lisätty osoitinlaitetesti, josta tämän tutkielman aineisto on kerätty. Suoritettuaan sekä DLS:n että osoitinlaitetestin, oppilaat ohjattiin vastaamaan kyselyyn, jossa tämän tutkielman kontekstissa oleelliset kohdat ovat osoitinlaitteen käyttöön liittyvät. Kysymykset olivat:

1. Mitä hiirtä käytit tehtävissä? Laattahiiri tarkoittaa kannettavissa tietokoneissa esiintyvää levyä. Mikäli käytät jotain muuta kuin laattahiirtä, vastaa ulkoinen hiiri. (Kysymys 196)
2. Kuinka usein käytät normaalisti tehtävissä käyttämääsi hiirityyppiä? (Kysymys 197)
3. Kuinka pitkään olet käyttänyt tehtävissä käyttämääsi hiirityyppiä? (Kysymys 198)
4. Kumpaa hiirityyppiä käytät useimmiten? Laattahiiri tarkoittaa kannettavissa tietokoneissa esiintyvää levyä. (Kysymys 199)

Näihin kysymyksiin oli valittavissa seuraavat vastausvaihtoehdot (eroteltu ”/” merkillä):

1. laattahiiri / ulkoinen hiiri
2. en koskaan / harvoin (vähemmän kuin kerran viikossa) / silloin tällöin (vähintään kerran viikossa, en kuitenkana päivittäin) / usein (vähintään kerran päivässä) / jatkuvasti (monta kertaa päivässä)
3. en ollenkaan / alle vuoden / 1-5 vuotta / yli 5 vuotta
4. laattahiiri / ulkoinen hiiri

Kysymysten ja niiden vastausvaihtoehtojen muotoilussa ja ideoinnissa ovat olleet mukana

Jyväskylän yliopiston psykologian laitoksen lehtori Kenneth Eklund ja NMI:ltä hankevastaa-va sekä DLS:n vastaava Maria Paananen. Kyselyn muodostamisessa on hyödynnetty myös Marshall (2005) työtä. Kysymysten rakenne mahdollistaa testattavien jakamisen yleisiin yläryhmiin kuten laattahiiri ja ulkoinen hiiri, mutta myös hienojakoisempaan esimerkiksi laattahiirellä testin tehneet, jotka normaalisti käyttävät ulkoista hiirtä ja toisinpäin. Analyysi ssa käydään läpi kuinka kysymyksiä hyödynnettiin luomaan analysoitavia ryhmiä.

### **3.3 Find-errors -testi (FE-testi)**

DLS testeistä tärkein tälle tutkielmalle on Find-errors -testi, jatkossa FE-testi, sillä sitä käytetään vertailukohteena, kognitiivisten testien osalta, osoitinlaitetestin tuloksille. FE-testi valittiin, koska se on heuristisesti vaikein tehtävä DLS:ssä osoitinlaitteen käytön tarkkuuden ja nopeuden suhteen (pienimmät kohteet, paljon liikettä). Kyseisessä testissä käyttäjälle näytetään sana, jossa on jonkinlainen virhe (ylimääräisiä kirjaimia, puuttuvia kirjaimia tai kirjoitusvirhe) ja käyttäjän pitää osoitinlaitetta käyttämällä klikata kirjainta tai kirjainväliä, jossa virhe on. Tehtävässä on myös aikaraja, joka painostaa käyttäjää tarkkuuteen ja nopeuteen, samalla tavalla kuten osoitinlaitetesti.

### **3.4 Arvio eli NMI:n ohjelmistoympäristöarkkitehtuuri**

Arvio on NMI:n kehittämä ohjelmistoympäristöarkkitehtuuri, jonka alustaan pystytään modulaarisesti lisäämään uusia ohjelmistoja tarpeiden mukaan. Yksi näistä digitalisoiduista kokonaisuuksista on tässä tutkielmassa käsitelty DLS. Arvio valittiin tämän tutkielman ohjelmalliseksi kontekstiksi, sillä DLS mahdollisti järkevän tavan kerätä osoitinlaitteisiin liittyvää aineistoa käyttäjämäärillä, jotka olisi lähes mahdottomia toisintaa, mikäli aineistoa olisi lähdetty keräämään tutkielman tekijän toimesta. Tutkielman kirjoittaja on myös itse töissä NMI:llä ja toimii kehittäjänä Arvio-ympäristössä ja täten pääsee vaikuttamaan osoitinlaitetestin käyttöön ja toimeenpanoon merkittävällä tavalla. Arviota ja DLS:ää on myös käytetty onnistuneesti vastaavissa testikokonaisuuksissa ja niiden aineiston keräämisessä, joten siihen liittyvät mekanismit ovat testattuja ja toimivia, jolloin niitä noudattamalla pystyttiin varmistamaan osoitinlaitetestin toimivuus ja siihen liittyvän aineiston kerääminen.

Koska Arvio ja sen sisältö on NMI:n omaisuutta, ei tässä tutkielmassa pystytä sillä kerättyihin aikaisempiin tuloksiin tai havaintoihin viittaamaan tai niiden tuottamaa aineistoa julkaisemaan. Toisaalta DLS lisenssejä on ostettu jo monia tuhansia ensimmäisen vuotensa aikana ja ennakkotilauksia on alkavalle lukuvuodelle 2020-2021 jo huomattava määrä, joten on kohtuullista olettaa, että järjestelmä on perusteltu valinta myös tämän tutkielman kontekstissa.

Arvio rakentuu tiivistetysti seuraavanlaisesti: verkko-ohjelmistokehityksenä toimii Adrian ja Willison (2005) kehittämä Django Web Framework, jonka päälle on myös asennettu Django REST framework. Django valittiin helppoutensa, laajennettavuutensa ja hyvän tukiverkon-sa takia. Sen päälle asennettu REST-framework mahdollistaa API:en tehokkaan luomisen ja ylläpidon. REST-framework mahdollistaa REST-arkkitehtuurien mukaisen toteuttamisen ohjelmointirajapinnoille (GET, PUT, POST, DELETE). API (Application Programming Interface) eli ohjelmointirajapinta taas on määritelmä, jonka avulla eri ohjelmat voivat keskustella keskenään eli toisin sanoen tehdä pyyntöjä toisilleen ja vaihtaa tietoa. Tietokantana toimii PostgreSQL (1996), joka on valittu laajennettavuutensa ja vakautensa takia. Tämä yhdistelmä karkeasti muodostaa Arvion backendin. Frontend puolella kielenä toimii Microsoft (2012) kehittämä TypeScript, joka pohjautuu suoraan JavaScriptiin, mutta mahdollistaa tyyppityksen. Arviossa tämän lisäksi käytetään Walke (2013) kehittämää React verkko-ohjelmistokehystä mahdollistaen tehokkaan ja modernin SPA:n rakentamisen. SPA (Single Page Application) eli yhden sivun sovellus tarkoittaa selaimessa käytettävää ohjelmistoa, jossa kaikki toiminnallisuus ja tiedot ladataan kerralla selaimen, mutta niitä ei näytetä välttämättä kaikkea kerralla, vaan käyttäjän toimintaan perustuen.

### **3.5 Osoitinlaitetesti**

Tutkimuksen aineisto kerättiin kirjoittajan suunnittelemana ja toteuttamalla osoitinlaitetesti-komponentilla, joka oli osana kevään 2020 DLS-pilottia. Osoitinlaitetestin suunnittelussa ja toteutuksessa hyödynnettiin teoreettista viitekehystä tavalla, joka on teknisesti toteuttavissa Arvio-alustalla. Samoin kuin Arvion kohdalla, myös osoitinlaitetestikomponentti, on NMI:n omaisuutta, joten sen lähdekoodia ei voida liittää suoraan tähän tutkielmaan. Komponentin toimintaa käydään läpi kuvailen ja esitellen lyhyitä koodiesimerkkejä, jotta tarpeellinen kuva sen toiminnasta on muodostettavissa myös jatkossa. Perustuen Fittsin-lakiin valikoitui



osoitinlaitetestissä mitattaviksi määreiksi klikkauksien määrä ja onnistuneet osumat kohteisiin eli osoitinlaitetarkkuus.

### 3.5.1 Osoitinlaitetestin käyttäjäkokemuksen toteutus

Oppilaan kirjaututtua Arvioon lisenssiavaimellaan, ohjaa Arvio hänet tässä tapauksessa DLS testeihin, joista tässä käsitellään osoitinlaitetestiä. Edetäkseen ohjesivuilla on oppilaan painettava vihreää painiketta ruudun alareunassa, ja jos oppilas haluaa kuunnella ohjeistuksen ääneenlausuttuna uudestaan, tulee hänen painaa kuviossa 3 näkyvää yläreunassa olevaa sinistä ääninappia.

Kuvio 3. Esimerkkikuva, jossa näkyy vihreä nappi, jolla edetään seuraavalle sivulle ja ääninappi, josta voi kuunnella ohjeet puhuttuna uudestaan.



#### Osoitintarkkuustesti

Tässä tehtävässä sinun on tarkoitus klikata hiiren osoittimella ruudulla näkyvää kuviota mahdollisimman nopeasti.



Ensimmäisenä oppilas näkee liitteen A mukaisen yleisselvityksen tehtävästä. Tätä seuraa liitteen B tarkempi selostus ja ohjeistus oppilaalle, mitä häneltä odotetaan tekävän testissä. Luettuaan tarkemman ohjeen oppilaalle tehdään vielä selväksi, että harjoitustehtävät ovat alkamassa ja odotetaan käyttäjältä lupa (napin painalluksen muodossa) aloittaa ne, liitteen C mukaisesti. Harjoitustehtävät ovat muuten identtisiä arviointitehtävien kanssa, mutta niissä annetaan liitteen D mukainen ohjeteksti ruudun yläreunassa ja klikatessaan kohdetta ruudulla, mikäli osoitin ei ole kohteen päällä, muuttuu teksti liitteen E mukaiseksi ilmoitukseksi ja mikäli osoitin on kohteen päällä seuraa liitteen F mukainen tekstimuunnos. Mikäli oppilas klikkaa ohi kohteesta palautuu järjestelmä takaisin liitteen D mukaiseen tilaan odottamaan uutta yritystä. Harjoitustehtävissä ei ole aikarajaa eikä niiden tuloksia tässä testi-iteraatioissa tallennettu tietokantaan. Suoritettuaan kaikki harjoitukset onnistuneesti oppilaalle esitetään liitteen G mukainen näkymä, jossa ilmoitetaan harjoituksen loppumisesta ja ohjeistetaan pai-

namaan jatka-painiketta, kun oppilas on valmis aloittamaan arviointitehtävät. Tästä eteenpäin käyttäjän suoritus tallennetaan ja hänellä on 45 sekuntia aikaa yrittää osua mahdollisimman moneen kohteeseen. Toisin kuin harjoituksessa, jossa annetaan palaute aina klikkauksien välissä, tässä vaiheessa ei anneta käyttäjälle mitään palautetta ja seuraava kohde ladataan heti, kun edelliseen on osuttu. Suoritettuaan tehtävän kokonaisuudessaan siirtyy käyttäjä vastaamaan kyselyyn, jonka sisältö on kuvailtu luvussa- 3.2

### 3.5.2 Osoitinlaitetestin tekninen toteutus

Testikomponentin koodi on kirjoitettu TypeScriptillä ja käytössä on myös React verkkohjelmistokehys. Komponentti toimii työkaluna aineiston keräämiseen, analyysia varten. Komponentin suunnittelussa on otettu huomioon aikaisempien tutkimuksien tulokset, ehdotukset ja Fittsin-lain visualisointi. Testikokonaisuuksien sisällön määrittely tapahtuu Django admin-käyttöliittymässä ja näitä luotuja kokonaisuuksia voidaan kutsua yksittäisissä komponenteissa kuten kyseisessä testikomponentissa ”MouseAccuracyModule.tsx”, joka on osoitinlaitetestiä hallinnoiva komponentti. Kun käyttäjä suorittaa testiä, niin testikomponentti tallentaa yksittäisen tehtävän tiedon ja vie sen eteenpäin ylemmälle komponentille. Ylempi komponentti tallentaa testisarjasta tietoa ja lopuksi erilaisten tarkistuksien perusteella, joko hylkää datan tai vie sen eteenpäin tietokantaan tallennettavaksi. Täten itse testikomponentti pyytää vain tarvittavan tiedon siitä, missä kohtaa testisarjan suoritusta edetään ja vie jokaisen testin kohdalla tietoa eteenpäin, mutta muuten se on oma suljettu kokonaisuutensa.

Komponentin rakenne ja logiikka on rakennettu ”reactimaiseksi” eli siinä hyödynnetään tilamuuttujia hallinnoimaan komponentin tilaa ja JSX-elementtejä perinteisen HTML:än sijaan. Käyttöliittymän etenemistä yksittäisestä tehtävästä toiseen testisarjan läpi hallinnoidaan **answerState** nimisellä enum-taulukolla, jolla määritellään enumeraattorit: **WRONG**, **CORRECT** ja **WAITING**. Klikkauksia varten alustetaan muuttuja **clickCount**.

Komponentin alustuksessa määritellään tilamuuttuja **answerState**, jolle alustetaan käyttäjän syötettä odottavaa tilaa edustava arvo **answerState.WAITING**, joka tuottaa liitteen D yläreunassa näkyvän ohjetekstin käyttöliittymään. **WRONG** ja **CORRECT** vaihtoehtoja käytetään, kun harjoituksen aikana käyttäjä joko vastaa väärin tai oikein ja ne tuottavat liitteen

Kuvio 4. Enum alustus ja tilamuuttujan alustus.

```
1 enum answerState {
2     WAITING,
3     CORRECT,
4     WRONG
5 }
6
7 class MouseAccuracyModule extends React.Component<
8     MouseAccuracyModuleProps, MouseAccuracyModuleState>{
9     constructor(props) {
10         super(props);
11         this.state = {
12             clickCount: 0,
13             answerState: answerState.WAITING,
14         }
15     }
16 }
```

E ja liitteen F mukaiset vasteviestit käyttäjälle, jonka jälkeen noin 1.5 sekunnin jälkeen käyttöliittymä palaa takaisin **WAITING**-tilaan.

Kuviosta 5 on huomattavissa myös, että harjoituksen aikana, kun käyttäjältä on saatu syöte, poistetaan tapahtumakuuntelija siksi aikaa, kun käyttäjälle annetaan palaute. Tämä tehdään, jotta käyttäjälle annettu palaute ei sotkeudu, jos käyttäjä painaa hiiren nappeja jatkuvasti. Itse arviointitehtävissä tätä ei tarvitse tehdä, sillä käyttäjälle ei anneta palautetta ja mikäli käyttäjä osuu kohteeseen siirtyy suoritus viipymättä seuraavaan testitehtävään. Kuviossa myös näkyvä **this.onAnswer()**; kutsulla viedään tieto ylemmälle komponentille siitä, että nykyinen tehtävä on suoritettu ja että seuraava tehtävä voidaan ladata.

Klikkauksien määrää ja niiden ajankohtaa hallinnoidaan luomalla uusi merkintä tietokantaan kuvion 6 mukaisesti. Nämä tiedot lisätään kyseisen testitehtävän tietoihin, jonne tallennetaan tarkka aika ja monesko klikkaus on kyseessä. Yhdistämällä nämä kaikki on tietokannassa tieto siitä, montako testitehtävää on tehty (onnistuneiden osumien klikkauksien määrä), montako klikkausta on mennyt tehtäväkohtaisesti (ja täten laskettavissa myös koko testisarjalle) ja aikaleimat näille kaikille tiedoille.

Kuvio 5. Oikeellisuuden tarkistus harjoituksissa.

```
1 if (targetObject.className.baseVal === "click-target" && !practice) {
2     this.onAnswer();
3 }
4
5 if (practice) {
6     if (targetObject.className.baseVal === "click-target") {
7         document.removeEventListener("click", this.clickCounter);
8         this.setState({ answerState: answerState.CORRECT, }, ()
=> {
9             setTimeout(() => {
10                this.onAnswer();
11            }, 1500);
12        })
13    } else {
14        this.setState({ answerState: answerState.WRONG, }, () =>
{
15            document.removeEventListener("click", this.
clickCounter);
16            setTimeout(() => {
17                this.setState({ answerState: answerState.WAITING,
}, () => {
18                document.addEventListener("click", this.
clickCounter);
19                })
20            }, 1500);
21        })
22    }
23 }
```

Kuvio 6. Klikkauksien määrän ja ajankohdan talteenotto.

```
1 let currentClickCount = this.state.clickCount;
2 currentClickCount++;
3     this.setState({ clickCount: currentClickCount });
4
5     const infoToHistory: object = {
6         clickTime: new Date(),
7         clickNumber: this.state.clickCount,
8     }
```

Kuvio 7. Reacting Lifecycle-funktion käyttö.

```
1     componentDidMount() {
2         document.addEventListener("click", this.clickCounter);
3     }
4
5     componentWillUnmount() {
6         document.removeEventListener("click", this.clickCounter);
7     }
```

Sekä kuvion 5, että 6 kuvatut koodit ajetaan reaktiona käyttäjän klikkaukseen ruudulla, kun yksittäinen tehtävä on ladattu valmiiksi verkkosivulle. Tätä hallitaan Reactin ”lifecycle-funktiolla”, jolloin voidaan varmistua, että käyttäjä ei pysty tekemään syötteitä ja täten virheellisiä tallenteita odottamattomissa tilanteissa tehtäväkontekstin ulkopuolella. Tämä hallinta tapahtuu kuvion 7 koodilla.

Itse kohteet, joihin oppilaiden oli tarkoitus osua, ovat liitteessä D näkyvän sinisen ympyrän mukaisia svg-elementtejä, joiden kokoa ja sijaintia ruudulla muutetaan tehtäväkohtaisesti. Kyseisten ympyröiden koko ja sijainti on kovakoodattu tietokantaan tehtäväkohtaisesti ja niiden luontiin käytetty koodi on nähtävissä kuvasta 8. Itse ympyrälle on annettu luokkanimi ja käyttäjän klikatessa ruutua tarkistetaan onko hän osunut elementtiin, jonka luokkanimi on sama kuin ympyrällä. Täten voidaan varmistaa, että kuvion 5 mukaiset tarkistukset osumasta

Kuvio 8. Klikattavan ympyräelementin luonti.

```
1   return <svg className="content" version="1.1" baseProfile="full"  
width="100%" height="100%" xmlns="http://www.w3.org/2000/svg">  
2       <circle className="click-target" r={svgValues[0]} cx={  
svgValues[1]} cy={svgValues[2]} fill="blue" />  
3   </svg>  
4   }
```

ovat totta vain silloin kuin itse ympyrään on osuttu, eikä esimerkiksi sen yläkomponenttiin, jossa se sijaitsee.

Koodista näytettiin ne osat, jotka ovat generistä logiikkaa, eikä rakenteellisesti ole innovatiivista sillä tasolla, jotta sitä voitaisiin pitää NMI:lle relevanttina kilpailuetuna. Loput tutkielmalle relevantista toiminnallisuudesta on kuvailtu sanallisesti sillä tasolla, kuin se on tarpeellista.

### 3.6 Analyysimenetelmät

Tämän tutkielman aineiston analysointi on tehty käyttämällä IBM Statistics SPSS:n versiota 26. Käyttölaitteena oli vuoden 2018 MacBook Pro 15” ja käyttöjärjestelmäversiona Catalina. Seuraavaksi käydään läpi tässä tutkimuksessa käytetyt tilastolliset analyysimetodit ja testit.

#### 3.6.1 Nollahypoteesi

Nollahypoteesi ei itsessään ole testi tai suoranainen analyysimenetelmä, mutta kaikki testit, joita tässä tutkielmassa käytetään, ovat riippuvaisia nollahypoteesin asettamisesta. Nollahypoteesilla yleisesti tarkoitetaan tulosta, joka on tilastollisesti odotettavissa oleva tulos. Yleensä nollahypoteesti on oletamus siitä, että tutkittavien kohteiden välillä ei ole yhteyttä, jolloin tähän rinnalle muodostetaan vaihtoehtoinen hypoteesi, joka olettaa että näiden välillä on yhteys. Riippuen kontekstista tämä vaihtoehtoinen oletamus voi olla nollahypoteesin looginen vastakohta (negaatio), mutta tämä ei ole ainoa mahdollisuus, vaan oletus on että

se ennustaa tuloksen, mikäli vaihtoehtohypoteesi pitää paikkansa. Nollahypoteesi on täysin teoreettinen ja täten sitä ei voida koskaan todeta todeksi vaan datan perusteella se voidaan vain hylätä tai olla hylkäämättä. (Fisher 1935)

Luvussa 4 tehtyjen analyysien nollahypoteesi on, että eri osoitinlaitetyyppien välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa osumatarkkuuden ja nopeuden suhteen. Näin ollen, jos alla kuvatuista testeistä saatu p-arvo jää alle 0.050, hylätään nollahypoteesi.

### **3.6.2 Frekvenssianalyysi ja ristiintaulukointi**

Frekvenssianalyysiä hyödynnettiin hahmottamaan, miten oppilaat jakautuivat eri ryhmiin, perustuen heidän vastauksiin kyselyssä. Perusjakona toimii jako niihin oppilaisiin, jotka tekivät testin ulkoisella hiirellä ja niihin, jotka käyttivät laattahiirtä. Tämän lisäksi oppilaat jaettiin vielä pienempiin ryhmiin, kuten esimerkiksi niihin, jotka tekivät testin ulkoisella hiirellä, mutta normaalisti käyttävät laattahiirtä, käyden läpi kaikki kombinaatiot, jotka voidaan muodostaa kyselyjen perusteella. Frekvenssianalysointia tarvittiin oleellisesti muodostamaan käsitys siitä, miten aineisto oli jakautunut ja sen avulla tehtiin päätöksiä jatkoanalyysistä. (Lawal ja Lawal 2003)

Ristiintaulukointi eli ”Crosstabs” SPSS:ssä, on tapa analysoida eroavatko tietyt ryhmät toisistaan tilastollisesti vertailtuna, kun niitä verrataan tiettyyn muuttujaan tai muuttujiin nähden. Tyypillisesti nämä tulokset esitetään prosenttilukuina, jolloin niiden vertailu on luonnollisempaa. Tämä auttaa muodostamaan käsityksen, miten aineisto jakautuu hienojakoisemmin ryhmitettynä ja myös tutkimalla näiden yhdistelmäryhmien kokoa (n), voidaan tehdä jo alustavia johtopäätöksiä jatkoanalyysien muodosta ja mahdollisuudesta. (Lawal ja Lawal 2003)

### **3.6.3 $\chi^2$ -testi (Chi Square Test)**

$\chi^2$ -testissä määritetään p-arvo, jonka arvoa tutkimalla voidaan yrittää vastata kysymykseen siitä, kuinka tilastollisesti merkitsevästi vertailtavat ryhmät eroavat toisistaan. Yleisen käytännön mukaan, mikäli p-arvo jää alle 0,050 eli 5.0%, niin on todettavissa ryhmien välillä olevan tilastollisesti merkitsevä ero. Mikäli p-arvo on yli 5.0%, niin sitä suurempi todennäköisyys on, että kyseessä on vain otantavirhe (mitä isompi arvo sitä isompi todennäköisyys).

Tutkielmassa  $\chi^2$ -testi on ajettu crosstabsin kanssa samoille ryhmyksille. (McHugh 2013)

#### **3.6.4 Studentin t-testi**

T-testissä lasketaan t-arvo, jonka avulla lasketaan normaalijakautuneiden (katso liitteet H ja I) muuttujien keskiarvoja, jota verrataan valittuun raja-arvoon (yleisesti 0.050 tai 5.0%). T-muuttujan arvo on sitä suurempi mitä isompi verrattavien ryhmien keskiarvo on oletetusta nollahypoteesista. Mikäli valittu raja-arvo (p-arvo) jää alle 5.0% on verrattavan ryhmän/ muuttujan ero testattavaan arvoon tilastollisesti merkitsevä. Tämän tutkielman kontekstissa käytettävien ryhmäjakautumien kohdalla, voidaan yleisesti todeta, että ryhmien koko (n-arvo) ei saisi olla alle 5, jotta tulokset olisivat luotettavia. (De Winter 2013)

#### **3.6.5 ANOVA (Analysis of Variance) ja Post Hoc**

Tässä tutkielmassa ANOVA:sta on käytetty yksisuuntaista varianssianalyysiä ja sille on valittu Post Hoc-lisäanalyysi. Yksisuuntaisessa varianssianalyysissä tutkitaan ryhmien tai muuttujien keskinäistä riippuvuutta. Tämän tutkielman kontekstissa kyseessä on usean keskiarvon yhtäsuuruus-teorian testaus. Nollahypoteesi olettaa että näiden välillä ei ole eroavaisuutta, jolloin vaihtoehtoinen hypoteesi on, että vähintään yhdellä parilla on tilastollisesti merkitsevä eroavaisuus. Post Hoc -tulokset kertovat taulukoituna, mitkä näistä parittaisista vertailutesteistä tuottavat p-arvon, joka viittaa tilastollisesti merkittävään eroon. (Tsui ja Weerahandi 1989)



## **4 Analyysi**

Tässä luvussa käydään läpi kaikki analyysit, joita käytettiin kerättyyn aineistoon. Analyysistä saatuja tuloksia selvitetään analyysikohtaisesti ja lopuksi käydään läpi niistä kerätyt huomiot ja johtopäätökset.

### **4.1 Aineiston valmistelu**

Käytetty aineisto on kopioitu Arvion DLS-tietokannasta, jonka jälkeen se on koottu ja järjestetty Exceliin CSV-tiedostoformaattissa. Käytössä oleva aineisto kattaa oppilaan suorittamisen osoitinlaitettestissä suoritettujen tehtävien, käytetyn ajan (tehtäväkohtaisesti), klikkauksien määrän (tehtävä- ja testisarja kohtaisesti) ja ohi menneiden klikkauksien määrän. Tutkielmaa varten aineistoa on alustavasti muokattu niin, että jäljellä olevat muuttujat ovat osoitinlaitettestiin liittyvät tiedot, sekä oppilaan vastaukset kyselyn osioon, jossa käsitellään osoitinlaitetta.

Data-analyysia varten on aineistosta poistettu 24 oppilasta, jotka eivät ole joko vastanneet kyselyyn, tehneet osoitinlaitettestiä tai heiltä puuttuu molemmat. Tämä johtuen siitä, että mikäli kyselyyn ei ole vastattu, ei tuotettua dataa osoitinlaitettestistä pystytä ryhmittämään taustatietoihin perustuen, jolloin mitkään vertailevat analyysit eivät ole mahdollisia. Poikkeuksellisten tuloksien tuottajien kohdalla on manuaalisesti tutkittu heidän suoritusta testisarjassa yleisesti ja jos ei ole nähtävissä, että oppilas on tarkoituksenmukaisesti vastannut arvaamalla tai ”nopeasti läpi naputellen”, on nämä tulokset jätetty voimaan aineistoon. Näiden toimenpiteiden seurauksena on SPSS-datamatriisiin jäänyt 263 oppilasta, jotka ovat sekä 7.-luokkalaisia, että 8.-luokkalaisia.

### **4.2 Osoitinlaitetestin aineiston analyysi**

Ennen analyysia on syytä mainita, että kaikki kuviot, joita tässä luvussa käytetään, on tuotettu suoraan SPSS-ohjelmistosta. Tähän on päädytty, jotta välttyään tuloksien vääristymiseltä ja virheiltiltä, jota saattaisi esiintyä mikäli tuloksia lähdetäisiin latomaan taulukkoon käsin.

Kuvia on skaalattu parhaimman luettavuuden saavuttamiseksi ja todettu, että kompromissi luettavuudessa on hyväksyttävä aineiston virheettömyyden nimissä.

#### 4.2.1 Aineiston frekvenssianalyysi

Ensimmäisenä tarkastettiin frekvenssianalyysillä, miten jäljelle jääneet oppilaat jakautuivat ulkoisen hiiren ja laattahiiren käyttäjiin. Koska osoitinlaitteen käyttöä ei rajattu tässä pilotissa millään tavalla, oli riskinä, että otantamäärä jäisi turhan pieneksi jommalla kummalla ryhmällä, mutta lopputulos oli tämän suhteen hyvin positiivinen. Laattahiiren käyttäjien osuus oli 40.3% ja ulkoisen hiiren käyttäjien 59.7% ja vastaavasti lukumäärinä 106 sekä 157, kuten kuviosta 9 on nähtävissä. Tämä jakauma mahdollistaa tutkimuksen jatkamisen, sillä ryhmä-

Kuvio 9. Oppilaiden jakauma käytetyn osoitinlaitteen suhteen.

**196 Mitä hiirtä käytit tehtävissä? Laattahiiri tarkoittaa kannettavissa tietokoneissa esiintyvää levyä. Mikäli käytät jotain muuta kuin laattahiirtä vastaa ulkoinen hiiri.**

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	laattahiiri	106	40.3	40.3	40.3
	ulkoinen hiiri	157	59.7	59.7	100.0
	Total	263	100.0	100.0	

jakauma mahdollistaa molempien vaihtoehtojen tilastollisen tarkastelun ryhmäkokojen puolesta.

#### 4.2.2 Studentin t-testi aineistolle

Seuraavaksi tarkasteltiin, samalla ryhmäjaolla, kuinka ryhmät suoriutuivat osoitinlaitetestissä. Tämä tehtiin suorittamalla t-testi molemmille ryhmille suhteutettuna klikkauksien lukumäärään ja osuttujen kohteiden lukumäärään, jotka olivat osoitinlaitetestin suorituskykyparametrit

Kuvio 11 esittää lähtöaineiston graafisesti. Kuviota tarkastelemalla on nähtävissä, että ulkoisen hiirten esittämät punaiset ympyrät painottuvat taulukossa eri tavalla kuin laattahiirtä

kuvaavat siniset rastit. Varsinkin kohdeosuemien lukumäärän suhteen on nähtävissä selvästi, kuinka ulkoisen hiiren käyttäjien tulokset painottuvat x-akselilla isommille luvuille. Sama tulos on nähtävissä myös hieman lievemmin y-akselin eli klikkauksien lukumäärän suhteen. Kuvion 11 tuloksia ei ole tarkoitus olla mahdollista lukea tarkasti tässä formaatissa, vaan tärkeätä on havainnoida merkkien ryppäytymisen painottuminen toisiinsa nähden.

Kuviota 11 tarkastelemalla on myös nähtävissä kaksi selvästi poikkeavaa tulosta. Näiden kahden oppilaan suoritukset tarkistettiin käsin osana aineiston valmistelua ja molempien osalta ei ollut näyttöä tarkoituksenmukaisesta tuloksien väärentämisestä. Molemmissa tapauksessa oppilaat olivat suorittaneet koko testipatterin loppuun ja muissa testeissä ei ollut nähtävissä mitään, joka perustelisi heidän tuloksien poistamista tiedoista. Oppilas joka sai poikkeavan korkean tulokset klikkauksien määrän suhteen oli myös erittäin korkealla kohdeosumien suhteen ja täten on pääteltävissä, että hän on klikannut ulkoista hiirtään jatkuvasti siirtäessään sitä kohdetta kohti ja täten yrittänyt maksimoida nopeuttaan. Toisaalta oppilas, joka sai poikkeuksellisen matalat tulokset, oli osunut joka kohteeseen ensimmäisellä yrityksellä ja käyttänyt reippaasti aikaa siirtyäkseen kohteisiin. Näiden tuloksien poistamista harjittiin, mutta koska mitään rajausta ei oltu tehty ennakkoon, siitä mitä tekniikka saisi tai ei saisi käyttää testissä ja otantamäärän ollessa kuitenkin suhteellisen suuri, ei nähty perusteltuna poistattaa muuten hyväksyttäviä suorituksia otannasta.

Kuviota 10 tarkastelemalla nähdään kuvaillun t-testin tulokset. Ryhmien tilastotaulukkoa tarkastelemalla selviää, että laattahiirtä käyttäneet oppilaat klikkasivat keskimäärin 55.79 kertaa osoitinlaitetestin aikana, kun taas vastaava luku ulkoisen hiiren käyttäjillä oli 76.22. Vastaavasti on havaittavissa, että ulkoisen hiiren käyttäjien keskuudessa varianssi käyttäjien kesken oli suurempi kuin laattahiiren käyttäjillä. Alemmasta taulukosta on nähtävissä, että Levenen testin nollahypoteesi yhtäsuurista variansseista ei jää voimaan kummankaan mitattavan parametrin suhteen ( $p = 0.003$  ja  $p = 0.005$ ), jolloin tuloksien tarkistelu siirtyy riville "Equal variances not assumed" (Gastwirth, Gel ja Miao 2009). T-testisuureen arvoksi saadaan -8.293 ja -11.906 vapausastein 223.360 ja 259.193 ja p-arvo on 0.000, joten nollahypoteesi hylätään 5%-riskitasolla. Täten on todettavissa, että sekä klikkauksien lukumäärään, että kohdeosumien suhteen on laattahiiren ja ulkoisen hiiren käyttäjillä tilastollisesti merkitsevä ero.

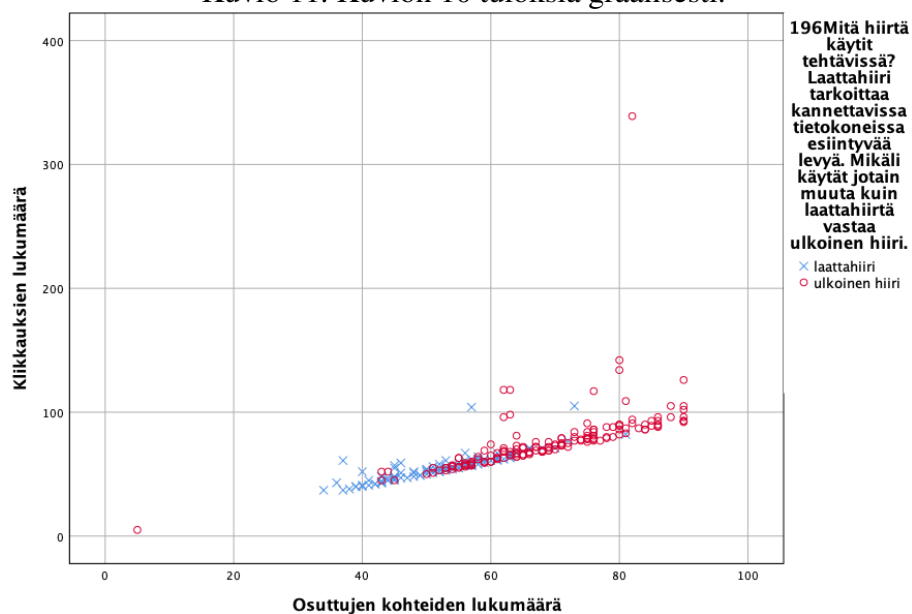
Kuvio 10. T-testi suoritettu molemmille osoitinlaitteille. Parametreina klikkauksien lukumäärä ja kohdeosumien lukumäärä.

Group Statistics					
	Hiirityyppi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
COMPUTE MOUSE_ACCURACY_CLIC K_SUM=SUM (MOUSE_ACCURACY_ANSWER155052335 to MOUSE_ACCURACY_ANSWER155052424)	laattahiiri	106	55.79	11.368	1.104
	ulkoinen hiiri	157	76.22	27.584	2.201
MOUSE_ACCURACY_ANSWERED	laattahiiri	106	52.42	9.077	.882
	ulkoinen hiiri	157	68.19	12.381	.988

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances			t-test for Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
COMPUTE MOUSE_ACCURACY_CLIC K_SUM=SUM (MOUSE_ACCURACY_ANSWER155052335 to MOUSE_ACCURACY_ANSWER155052424)	Equal variances assumed	9.126	.003	-7.217	261	.000	-20.424	2.830	-25.997	-14.852
	Equal variances not assumed			-8.293	223.360	.000	-20.424	2.463	-25.277	-15.571
MOUSE_ACCURACY_ANSWERED	Equal variances assumed	8.198	.005	-11.228	261	.000	-15.767	1.404	-18.532	-13.001
	Equal variances not assumed			-11.906	259.193	.000	-15.767	1.324	-18.374	-13.159

Kuvio 11. Kuvion 10 tuloksia graafisesti.



#### 4.2.3 Aineiston yhdistäminen ja muokkaaminen hienojakeisemmaksi

Analyysin seuraavassa vaiheessa jaetaan oppilaat vielä hienojakoisempiin ryhmiin, jolloin on mahdollista ymmärtää mahdollisia taustatekijöitä ja tehdä tarkempia johtopäätöksiä. Looginen tapa suorittaa tämä on edelleen jakaa ulkoisen hiiren ja laattahiiren käyttäjät erillisiin pienempiin ryhmiin, jossa jakavana tekijänä on luvussa 3.2 kuvatut kyselyn kysymykset.

Kysymykset ovat järjestelmässä numeroitu ja kysymys 196 on kysymys siitä kumpaa osoitinlaitetta käytti ja kysymykset 197-199 ovat sitä seuraavat kysymykset, jotka liittyvä osoitinlaitetettiin. Kysymykset ja niitä vastaavat numeroinnit on esitetty luvun 3.2 alussa. Jotta kuitenkin tässä luvussa esitettävien analyysitulosten seuraaminen olisi helpompaa, toistetaan kyselykysymykset niillä numeroilla, joita analyysissä käytettiin:

- Kysymys 196: Mitä hiirtä käytit tehtävissä? Laattahiiri tarkoittaa kannettavissa tietokoneissa esiintyvää levyä. Mikäli käytät jotain muuta kuin laattahiirtä, vastaa ulkoinen hiiri.
- Kysymys 197: Kuinka usein käytät normaalisti tehtävissä käyttämäsi hiirityyppiä?
- Kysymys 198: Kuinka pitkään olet käyttänyt tehtävissä käyttämäsi hiirityyppiä?
- Kysymys 199: Kumpaa hiirityyppiä käytät useimmiten? Laattahiiri tarkoittaa kannettavissa tietokoneissa esiintyvää levyä.

Kun nämä pienempiin ryhmiin jakamiset tehdään kysymyksen 196 vastausten perusteella, huomataan kuitenkin ongelma, sillä ryhmäkoot vaihtoehtojen suhteen tippuvat osittain erittäin pieniksi. Kuten kuvion 12 näkee on kysymyksen 198 mukaan jakaminen jo tuottanut yhden ryhmän, jonka koko on tasan viisi ja kun tämä sama operaatio suoritetaan kysymykselle 197 saadaan vielä pienempiä ryhmiä. Liian pienet ryhmät estävät tiettyjen tilastollisten testien tekemisen kokonaan ja yleisesti alentavat tuloksien valideettia, joten tässä tapauksessa on järkevämpää suorittaa vastaavanlaisten ryhmien yhdistäminen, jotta analysointia voidaan jatkaa. Ryhmien yhdistäminen on kompromissi, mutta vaihtoehto on jättää analysoiminen tähän, joka ei vastaa tutkimuksen asettamaa tavoitetta.

Yhdistäminen suoritetaan kysymyksen 197 vaihtoehdoille ”en koskaan” ja ”harvoin”, joista muodostuu uusi ryhmä ”en koskaan tai harvoin” ja kysymyksen 198 vaihtoehdoille ”en ollenkaan” ja ”alle vuoden”, joista muodostuu ryhmä ”en ollenkaan tai alle vuoden”. Kysymyksen 199 vaihtoehdoille ei tarvitse suorittaa yhdistämistä.

#### **4.2.4 Muokatun aineiston ristiintaulukointi ja $\chi^2$ -testi**

Yhdistämisen jälkeen voidaan suorittaa näille uusille ryhmille ristiintaulukointi kysymyksen 196 suhteen, sekä  $\chi^2$ -testi. Kuvioista 13 on nähtävissä, että uudet ryhmäkoot ylittävät mini-

Kuvio 12. Ryhmäkokojen pienuudesta johtuva ongelma.

**Crosstab**

198 Kuinka pitkään olet käyttänyt tehtävissä käyttämäsi hiirityyppiä?

			1-5 vuotta	alle vuoden	en ollenkaan	yli 5 vuotta	Total
196 Mitä hiirtä käytit tehtävissä? Laattahiiri tarkoittaa kannettavissa tietokoneissa esiintyvää levyä. Mikäli käytät jotain muuta kuin laattahiirtä vastaa ulkoinen hiiri.	laattahiiri	Count	47	31	9	19	106
		% within 196 Mitä hiirtä käytit tehtävissä? Laattahiiri tarkoittaa kannettavissa tietokoneissa esiintyvää levyä. Mikäli käytät jotain muuta kuin laattahiirtä vastaa ulkoinen hiiri.	44.3%	29.2%	8.5%	17.9%	100.0%
		Adjusted Residual	.9	1.0	1.9	-2.9	
		Count	61	37	5	54	157
	ulkoinen hiiri						
		% within 196 Mitä hiirtä käytit tehtävissä? Laattahiiri tarkoittaa kannettavissa tietokoneissa esiintyvää levyä. Mikäli käytät jotain muuta kuin laattahiirtä vastaa ulkoinen hiiri.	38.9%	23.6%	3.2%	34.4%	100.0%
		Adjusted Residual	-.9	-1.0	-1.9	2.9	
Total		Count	108	68	14	73	263
		% within 196 Mitä hiirtä käytit tehtävissä? Laattahiiri tarkoittaa kannettavissa tietokoneissa esiintyvää levyä. Mikäli käytät jotain muuta kuin laattahiirtä vastaa ulkoinen hiiri.	41.1%	25.9%	5.3%	27.8%	100.0%

mivaatimukseksi määritellyn viiden oppilaan lukumäärän. Ristiintaulukoinnista oleellisena tietona on ”adjusted residuals”-rivi, jonka itseisarvon ollessa 1.96 tai ylitse on tulkittavissa, että kyseisen vaihtoehdon kohdalla on tilastollisesti merkittävä ero verrattavan ryhmän vaihtoehtojen suhteen (196-kysymys). Adjusted residuals-arvoa kutsutaan jatkossa suomen-  
netulla nimellä korjattu jäännös. (Agresti 2002)

Jatkoa ajatellen on huomioitavaa myös, että  $\chi^2$ -testin p-arvon ollessa alle 0.050, on sillä vaikutus tuleviin testeihin. Taulukoinnista on nähtävissä, että ryhmillä ”en koskaan tai harvoin” ja ”jatkuvasti” on tilastollisesti merkitsevä ero sen suhteen oliko testi tehty laattahiirellä vai ulkoisella hiirellä.

Kuviosta 14 on nähtävissä myös, että ryhmäkoko ehto täyttyy. Korjattuja jäännöksiä tarkastellessa on huomattavissa, että ryhmä ”yli 5 vuotta” on ainoa, joka tuottaa tilastollisesti merkitsevän eron osoitinlaitetyypin suhteen.  $\chi^2$ -testin p-arvo on alle 0.050.

Kuvio 13. Kysymyksen 196 jaon edelleen jakaminen 197 vaihtoehtojen mukaan.

		@197_2yhdistetyt ryhmät					
		en koskaan tai harvoin	silloin tällöin	usein	jatkuvasti	Total	
196Mitä hiirtä käytit tehtävissä? Laattahiiri tarkoittaa kannettavissa tietokoneissa esiintyvää levyä. Mikäli käytät jotain muuta kuin laattahiirtä vastaa ulkoinen hiiri.	laattahiiri	Count	22	17	23	44	106
		% within 196Mitä hiirtä käytit tehtävissä? Laattahiiri tarkoittaa kannettavissa tietokoneissa esiintyvää levyä. Mikäli käytät jotain muuta kuin laattahiirtä vastaa ulkoinen hiiri.	20.8%	16.0%	21.7%	41.5%	100.0%
		Adjusted Residual	2.6	1.1	1.3	-3.5	
	ulkoinen hiiri	Count	15	18	24	100	157
	% within 196Mitä hiirtä käytit tehtävissä? Laattahiiri tarkoittaa kannettavissa tietokoneissa esiintyvää levyä. Mikäli käytät jotain muuta kuin laattahiirtä vastaa ulkoinen hiiri.	9.6%	11.5%	15.3%	63.7%	100.0%	
	Adjusted Residual	-2.6	-1.1	-1.3	3.5		
Total	Count	37	35	47	144	263	
	% within 196Mitä hiirtä käytit tehtävissä? Laattahiiri tarkoittaa kannettavissa tietokoneissa esiintyvää levyä. Mikäli käytät jotain muuta kuin laattahiirtä vastaa ulkoinen hiiri.	14.1%	13.3%	17.9%	54.8%	100.0%	

#### Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	13.780 <sup>a</sup>	3	.003
Likelihood Ratio	13.792	3	.003
N of Valid Cases	263		

Kuviosta 15 nähdään, että ryhmäkokoehto täyttyy. Korjattuja jäännöksiä tarkastellessa huomataan, että molemmat ryhmät ”laattahiiri” ja ”ulkoinen hiiri” eroavat tilastollisesti merkittävästi toisistaan testissä käytetyn osoitinlaitetyypin suhteen.  $\chi^2$ -testin p-arvo on alle 0.050.

Näiden uusien ryhmäjakojen suorituksia voidaan tarkistella myös graafisesti kuten kuviossa 11 tehtiin. Tämä tehdään kysymyksen 199 suhteen, sillä kuten aikaisemmin huomattiin tuotti se suurimmat arvot korjattujen jäännöksiä suhteen ja täten on myös graafisesti parhaiten havaittavissa. Kuviosta 16 on tulkittavissa, että kohdeosumien (x-akseli) osalta ulkoista hiirtä käyttäneet, siitä huolimatta oliko heillä normaalikäytössä laattahiiri, suoriutuvat keskimääräisesti paremmin. Sama ryppäytyminen on nähtävissä klikkauksien määrän suhteen (y-akseli). Tällä samalla ryhmäjaolla tehdään myös seuraavat testit, suurien korjattujen jäännös-arvojen takia, jotka kertovat havaittujen erojen olevan suurempia tässä yhdistelmäs-

Kuvio 14. Kysymyksen 196 jaon edelleen jakaminen 198 vaihtoehtojen mukaan.

		@198_2yhdistetyryhmat				
			en ollenkaan tai alle vuoden	1-5 vuotta	yli 5 vuotta	Total
196Mitä hiirtä käytit tehtävissä? Laattahiiri tarkoittaa kannettavissa tietokoneissa esiintyvää levyä. Mikäli käytät jotain muuta kuin laattahiirtä vastaa ulkoinen hiiri.	laattahiiri	Count	40	47	19	106
		% within 196Mitä hiirtä käytit tehtävissä? Laattahiiri tarkoittaa kannettavissa tietokoneissa esiintyvää levyä. Mikäli käytät jotain muuta kuin laattahiirtä vastaa ulkoinen hiiri.	37.7%	44.3%	17.9%	100.0%
		Adjusted Residual	1.9	.9	-2.9	
	ulkoinen hiiri	Count	42	61	54	157
		% within 196Mitä hiirtä käytit tehtävissä? Laattahiiri tarkoittaa kannettavissa tietokoneissa esiintyvää levyä. Mikäli käytät jotain muuta kuin laattahiirtä vastaa ulkoinen hiiri.	26.8%	38.9%	34.4%	100.0%
		Adjusted Residual	-1.9	-.9	2.9	
Total		Count	82	108	73	263
		% within 196Mitä hiirtä käytit tehtävissä? Laattahiiri tarkoittaa kannettavissa tietokoneissa esiintyvää levyä. Mikäli käytät jotain muuta kuin laattahiirtä vastaa ulkoinen hiiri.	31.2%	41.1%	27.8%	100.0%

#### Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	9.097 <sup>a</sup>	2	.011
Likelihood Ratio	9.407	2	.009
N of Valid Cases	263		

sä.

#### 4.2.5 ANOVA Post Hoc-testit

Kuvion 16 tuloksia voidaan tarkastella tarkemmin ajamalla ANOVA-testi ja katsomalla testin tuloksien pohjalta luotua ”descriptives” taulukkoa. Kuvion 17 taulukkoa katsomalla voidaan todeta, katsomalla ”Mean”-kolumnia, että keskiarvoisesti ulkoisen hiiren käyttäjät suoriutuvat paremmin kuin laattahiiren sekä klikkausmäärän että kohdeosumien suhteen.

Jatkamalla ANOVA-testiä hyödynnetään aikaisempaa tietoa, missä kysymystä 196 vertailtiin 199 suhteen ja  $\chi^2$ -testistä saadut p-arvot olivat alle 0.050, jolloin homogeenisyys ole-



Kuvio 15. Kysymyksen 196 jaon edelleen jakaminen 199 vaihtoehtojen mukaan.

Crosstab					
		199Kumpaa hiirityyppiä käytät useimmiten? Laattahiiri tarkoittaa kannettavissa tietokoneissa esiintyvää levyä.			
		laattahiiri	ulkoinen hiiri	Total	
196Mitä hiirtä käytit tehtävissä? Laattahiiri tarkoittaa kannettavissa tietokoneissa esiintyvää levyä. Mikäli käytät jotain muuta kuin laattahiirtä vastaa ulkoinen hiiri.	laattahiiri	Count	85	21	106
		% within 196Mitä hiirtä käytit tehtävissä? Laattahiiri tarkoittaa kannettavissa tietokoneissa esiintyvää levyä. Mikäli käytät jotain muuta kuin laattahiirtä vastaa ulkoinen hiiri.	80.2%	19.8%	100.0%
		Adjusted Residual	10.8	-10.8	
	ulkoinen hiiri	Count	21	136	157
		% within 196Mitä hiirtä käytit tehtävissä? Laattahiiri tarkoittaa kannettavissa tietokoneissa esiintyvää levyä. Mikäli käytät jotain muuta kuin laattahiirtä vastaa ulkoinen hiiri.	13.4%	86.6%	100.0%
		Adjusted Residual	-10.8	10.8	
Total		Count	106	157	263
		% within 196Mitä hiirtä käytit tehtävissä? Laattahiiri tarkoittaa kannettavissa tietokoneissa esiintyvää levyä. Mikäli käytät jotain muuta kuin laattahiirtä vastaa ulkoinen hiiri.	40.3%	59.7%	100.0%

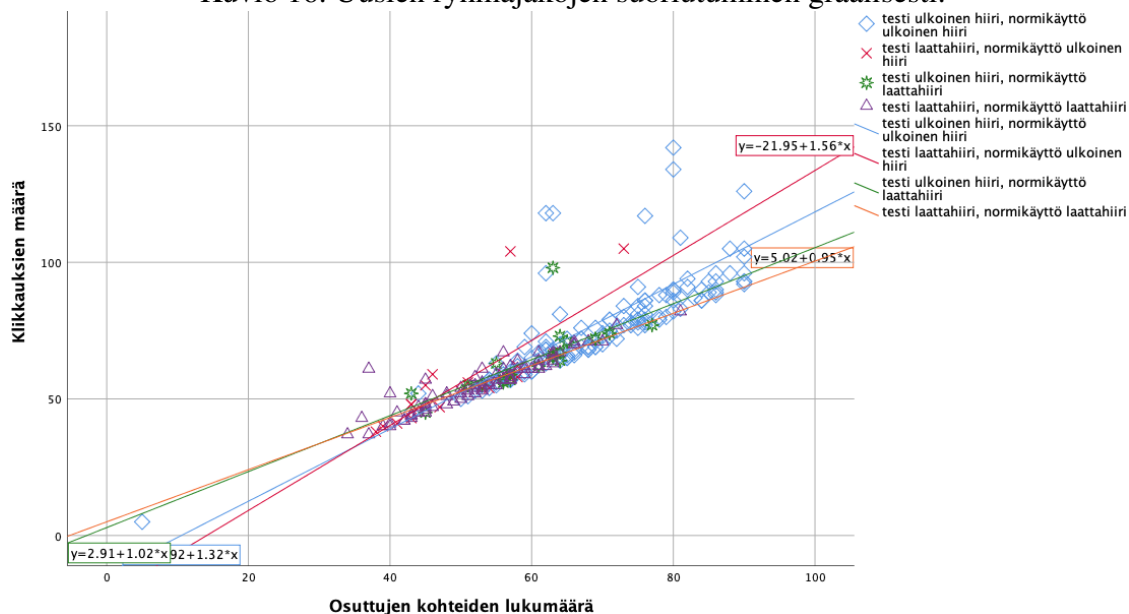
Chi-Square Tests					
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	117.402 <sup>a</sup>	1	.000		
Continuity Correction <sup>b</sup>	114.642	1	.000		
Likelihood Ratio	125.565	1	.000		
Fisher's Exact Test				.000	.000
N of Valid Cases	263				

a. 0 cells (.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 42.72.  
b. Computed only for a 2x2 table

tus hylätään ja tulokset katsotaan ”Robust Tests of Equality Means”-taulukosta. Kuviota 18 katsomalla nähdään, että molempien muuttujien suhteen on p-arvo alle 0.050, joten on todettavissa, että molempien muuttujien suhteen (klikkausten määrä ja kohdeosumien määrä) on vähintään yksi ryhmäpari, joka eroaa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Parikohtaiset arvot saadaan suorittamalla ”Post Hoc” -testi.

”Post Hoc”-testin avulla saadaan analysoitua kaikkien eri ryhmäparien väliset erot keskiarvoina ja myös tilastollisen merkitsevän eroavaisuuden osalta. Tutkielman lopputulema ja mahdolliset ehdotukset perustuvat pitkälti tämän kyseisen testin tuloksiin. Kuviossa 19 näh-

Kuvio 16. Uusien ryhmäjakojen suoriutumisen graafisesti.



Kuvio 17. Descriptives taulukko.

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
COMPUTE MOUSE_ACCURACY_CLIC K_SUM=SUM (MOUSE_ACCURACY_ANSWER155052335 to MOUSE_ACCURACY_ANSWER155052424)	testi ulkoinen hiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	136	78.10	28.876	2.476	73.20	82.99	5	339
	testi laattahiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	21	57.48	17.389	3.794	49.56	65.39	38	105
	testi ulkoinen hiiri, normikäyttö laattahiiri	21	64.05	11.272	2.460	58.92	69.18	45	98
	testi laattahiiri, normikäyttö laattahiiri	85	55.38	9.416	1.021	53.35	57.41	37	82
	Total	263	67.98	24.609	1.517	65.00	70.97	5	339
MOUSE_ACCURACY_ANSWERED	testi ulkoinen hiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	136	69.51	12.421	1.065	67.40	71.61	5	90
	testi laattahiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	21	51.05	8.817	1.924	47.03	55.06	38	73
	testi ulkoinen hiiri, normikäyttö laattahiiri	21	59.67	8.138	1.776	55.96	63.37	43	77
	testi laattahiiri, normikäyttö laattahiiri	85	52.76	9.159	.993	50.79	54.74	34	81
	Total	263	61.84	13.577	.837	60.19	63.48	5	90

tävät värikoodaukset osoittavat kaikkien uniikkien parien välistä tilastollista merkitsevyyttä, jossa vihreä on ei merkitsevää ja punainen merkitsevää löydös. Mean difference-kolumnista on luettavissa keskimääräisen suorituksen ero parametreilla I ja J, missä I on ryhmä johon verrataan ja J ryhmä mitä verrataan. Mikäli kolumnissa oleva arvo on positiivinen, niin  $I > J$  ja päinvastoin mikäli arvo on negatiivinen. Täten taulukosta on luettavissa esimerkiksi, että ryhmällä joka teki testin ulkoisella hiirellä ja käyttää sitä myös normaalisti ja ryhmällä joka käytti testissä laattahiirtä, mutta normaalisti käyttää ulkoista hiirtä on tilastollisesti mer-

Kuvio 18. Robust Test of Equality of Means -taulukko.

**Robust Tests of Equality of Means**

		Statistic <sup>a</sup>	df1	df2	Sig.
COMPUTE MOUSE_ACCURACY_CLIC K_SUM=SUM (MOUSE_ACCURACY_AN SWER155052335 to MOUSE_ACCURACY_ANS WER155052424)	Welch	24.846	3	55.355	.000
MOUSE_ACCURACY_ANS WERED	Welch	50.041	3	58.825	.000

a. Asymptotically F distributed.

kitsevä ero (p-arvo < 0.050). Klikkaus määrän suhteen ensimmäinen ryhmä keskiarvoisesti klikkaa 20.619 kertaa enemmän ja saa 18.460 kohdeosumaa enemmän.

#### 4.2.6 Analyysitulosten vertailu kognitiiviseen FE-testiin

Lopuksi on syytä vertailla neljää luotua käyttäjäryhmää, DLS:ssä käytettyyn FE-testiin. FE-testin tehneet on jaettu kahteen ryhmään, jossa kuvion 20 ensimmäisessä kolumnissa on ne, joiden tulokset ylittivät 16 persentiiliin rajan ja toisessa kolumnissa ne, jotka sijoituivat 16 persentiiliin sisälle. Kuviota 20 tarkastellessa huomataan, että korjatut jäännös-arvot jäävät kaikissa ryhmäpareissa alle itseisarvo 1.96, joka määriteltiin tilastollisen merkitsevyyden raja-arvoksi.

Ristiintaulukoinnin yhteydessä suoritettu kuvion 21 mukainen  $\chi^2$ -testi osoittaa, että tilastollista merkitsevää eroa ei ole (p-arvo > 0.050) osoitinlaitetyypin suhteen FE-testiä tehdessä.

Analysointia olisi periaatteessa järkevä tästä jatkaa tekemällä ryhmäjaoista vielä hienojakeisempia, mahdollistaen potentiaalisesti tarkemman selityksen havaituille tuloksille ja niiden taustalla vaikuttaviin tekijöihin. Lähtökohtaisesti olisi mielekäästä tarkistaa esimerkiksi ryhmällä, joka teki testin ulkoisella hiirellä ja myös käyttää sitä normaalisti, onko näiden välillä eroa sen suhteen kuinka usein he käyttävät, testissä käyttämäänsä osoitinlaitetta. Tätä mahdollisuutta on tarkasteltu, mutta kuten liitteistä J ja K nähdään tässä otantakoossa jää oppilaiden otantamäärä liian pieneksi näin hienojakoiselle analyysille. Jotta ryhmäkoot saataisiin yli minimimäärien pitäisi vastausvaihtoehtoja yhdistellä, kunnes jäljellä on kaksi ryhmää,

Kuvio 19. Post Hoc -testin tulokset.  
Multiple Comparisons

Games-Howell

Dependent Variable	(I) COMPUTE Hiirityyppi4Luokkaa=@ 196Hiirityyppi + @199Hiirityyppi	(J) COMPUTE Hiirityyppi4Luokkaa=@ 196Hiirityyppi + @199Hiirityyppi	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
COMPUTE MOUSE_ACCURACY_CLIC K_SUM=SUM (MOUSE_ACCURACY_AN SWER155052335 to MOUSE_ACCURACY_ANS WER155052424)	testi ulkoinen hiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	testi laattahiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	20.619 <sup>*</sup>	4.531	.000	8.47	32.77
		testi ulkoinen hiiri, normikäyttö laattahiiri	14.048 <sup>*</sup>	3.490	.001	4.86	23.23
		testi laattahiiri, normikäyttö laattahiiri	22.719 <sup>*</sup>	2.678	.000	15.77	29.67
	testi laattahiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	testi ulkoinen hiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	-20.619 <sup>*</sup>	4.531	.000	-32.77	-8.47
		testi ulkoinen hiiri, normikäyttö laattahiiri	-6.571	4.522	.476	-18.78	5.64
		testi laattahiiri, normikäyttö laattahiiri	2.100	3.930	.950	-8.78	12.97
	testi ulkoinen hiiri, normikäyttö laattahiiri	testi ulkoinen hiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	-14.048 <sup>*</sup>	3.490	.001	-23.23	-4.86
		testi laattahiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	6.571	4.522	.476	-5.64	18.78
		testi laattahiiri, normikäyttö laattahiiri	8.671 <sup>*</sup>	2.663	.015	1.39	15.95
	testi laattahiiri, normikäyttö laattahiiri	testi ulkoinen hiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	-22.719 <sup>*</sup>	2.678	.000	-29.67	-15.77
		testi laattahiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	-2.100	3.930	.950	-12.97	8.78
		testi ulkoinen hiiri, normikäyttö laattahiiri	-8.671 <sup>*</sup>	2.663	.015	-15.95	-1.39
MOUSE_ACCURACY_ANS WERED	testi ulkoinen hiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	testi laattahiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	18.460 <sup>*</sup>	2.199	.000	12.52	24.40
		testi ulkoinen hiiri, normikäyttö laattahiiri	9.841 <sup>*</sup>	2.071	.000	4.27	15.42
		testi laattahiiri, normikäyttö laattahiiri	16.743 <sup>*</sup>	1.457	.000	12.97	20.51
	testi laattahiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	testi ulkoinen hiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	-18.460 <sup>*</sup>	2.199	.000	-24.40	-12.52
		testi ulkoinen hiiri, normikäyttö laattahiiri	-8.619 <sup>*</sup>	2.618	.011	-15.64	-1.60
		testi laattahiiri, normikäyttö laattahiiri	-1.717	2.165	.857	-7.59	4.15
	testi ulkoinen hiiri, normikäyttö laattahiiri	testi ulkoinen hiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	-9.841 <sup>*</sup>	2.071	.000	-15.42	-4.27
		testi laattahiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	8.619 <sup>*</sup>	2.618	.011	1.60	15.64
		testi laattahiiri, normikäyttö laattahiiri	6.902 <sup>*</sup>	2.035	.009	1.40	12.40
	testi laattahiiri, normikäyttö laattahiiri	testi ulkoinen hiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	-16.743 <sup>*</sup>	1.457	.000	-20.51	-12.97
		testi laattahiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	1.717	2.165	.857	-4.15	7.59
		testi ulkoinen hiiri, normikäyttö laattahiiri	-6.902 <sup>*</sup>	2.035	.009	-12.40	-1.40

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

jotka koostuvat alkuperäisistä viiden ryhmän yhdistelmistä. Täten menetetään jo niin paljon jakaisuutta ryhmissä, jolloin niiden analysointi ei ole mielekästä eikä niistä saadut tulokset ole kovin hyödyllisiä.

Kuvio 20. Find Errors-tehtävän ja osoitinlaitekäyttäjryhmien ristiintaulukointi.

Total	COMPUTE Hiirityyppi4Luokkaa=@ 196Hiirityyppi + @199Hiirityyppi	testi ulkoinen hiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	Count	117	19	136
			% within COMPUTE Hiirityyppi4Luokkaa=@ 196Hiirityyppi + @199Hiirityyppi	86.0%	14.0%	100.0%
			Adjusted Residual	-.1	.1	
		testi laatta hiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	Count	16	5	21
			% within COMPUTE Hiirityyppi4Luokkaa=@ 196Hiirityyppi + @199Hiirityyppi	76.2%	23.8%	100.0%
			Adjusted Residual	-1.4	1.4	
		testi ulkoinen hiiri, normikäyttö laatta hiiri	Count	20	1	21
			% within COMPUTE Hiirityyppi4Luokkaa=@ 196Hiirityyppi + @199Hiirityyppi	95.2%	4.8%	100.0%
			Adjusted Residual	1.2	-1.2	
		testi laatta hiiri, normikäyttö laatta hiiri	Count	74	11	85
			% within COMPUTE Hiirityyppi4Luokkaa=@ 196Hiirityyppi + @199Hiirityyppi	87.1%	12.9%	100.0%
			Adjusted Residual	.2	-.2	
Total			Count	227	36	263
			% within COMPUTE Hiirityyppi4Luokkaa=@ 196Hiirityyppi + @199Hiirityyppi	86.3%	13.7%	100.0%

Kuvio 21. Find Errors-tehtävän ja osoitinlaitekäyttäjryhmien  $\chi^2$ -testi.

### Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	3.286 <sup>a</sup>	3	.350
Likelihood Ratio	3.419	3	.331
Linear-by-Linear Association	.216	1	.642
N of Valid Cases	263		

### 4.3 Analyysituloksien huomiot, yhteenveto ja johtopäätökset

Tutkielman tavoitteena oli tuottaa NMI:lle suosituksia osoitinlaitetyypin suhteen heidän suorittamissa testeissään. Tätä varten testioppilaat suorittivat tutkielmaa varten tehdyn osoitelaitetestin ja vastasivat siihen liittyviin kysymyksiin. Oppilaiden suorituksia verrattiin osoitinlaitetyypin mukaan jaettuna, jonka jälkeen tarkkuutta kasvatettiin jakamalla oppilaat vielä pienempiin ryhmiin heidän osoitinlaitetottumuksiensa mukaan ja analysoimalla näiden pienempien ryhmien suorituksia. Lopuksi osoitinlaitetestin kontekstissa löydettyjä tuloksia verrattiin FE-testiin ja analysoitiin toistuivatko löydökset näissä kahdessa eri testissä.

Ensimmäisten analyysien tulokset osoittivat, että klikkauksien määrän ja kohdeosumien suhteen ulkoisten hiiren käyttäjät olivat saavuttaneet keskimäärin parempia tuloksia kuin laattahiiren käyttäjät. Nämä tulokset on nähtävissä kuviosta 10. Tämä tulos on linjassa aikaisemman tutkimuksen kanssa, kuten Kar ym. (2015), Çakir ym. (1995) ja Ulrich, Boring ja Lew (2015) tutkimuksista on nähtävissä. Jotta suorituskyvyn vertailu olisi relevantimpi NMI:n kontekstissa, jaettiin käyttäjät käytetyn osoitinlaitetyypin lisäksi vielä pienempiin ryhmiin perustuen siihen, mitä osoitinlaitetta he normaalisti käyttävät. Näille uusille ryhmille suoritettiin ANOVA-testi, jonka tuloksia voidaan tarkistella kuviosta 17. Kuviota tarkastelemalla on nähtävissä, että siitä huolimatta mitä hiirtä oppilaat olivat tottuneet käyttämään, niin osoitinlaitetestin suorittaminen ulkoisella hiirellä tuotti keskiarvoisesti parhaan tuloksen sekä klikkauksien määrän että kohdeosumien suhteen.

Edellä mainittuja tuloksia analysoitiin vielä tarkemmin ”Post Hoc”-testin muodossa, jonka avulla saatiin analysoitua kaikkien eri ryhmäparien väliset erot keskiarvoina ja merkitsevän tilastollisen eroavaisuuden osalta. Tulokset on nähtävissä kuviosta 19. Kuviota tarkastelemalla nähdään, että 6:sta parikombinaatiosta 4 tuottaa tilastollisesti merkitsevän eron parien välillä (punainen taustaväri) ja 2 ei (vihreä taustaväri). Tuloksien tehokkaamman kuvailun nimissä lyhennetään ryhmät seuraavanlaisesti: testi ulkoinen hiiri = TU, testi laattahiiri = TL, normikäyttö ulkoinen hiiri = NU, normikäyttö laattahiiri = NL.

Tuloksista nähdään, että ryhmään TU-NU verrattuna kaikki muut ryhmäkombinaatiot (TL-NU, TU-NL, TL-NL) tuottavat tilastollisesti merkitsevän eron sekä klikkauksien määrän että kohdeosumien suhteen. Konkreettisenä arvona tämä on nähtävissä mean difference-kolumnista, jos sen sisältämä arvo on positiivinen niin ryhmä, johon verrataan (TU-NU ensimmäisellä rivillä) on saavuttanut isomman arvon. TU-NU käyttäjien nähdään olevan molempien mitattavien suureiden valossa suoriutuneet parhaiten osoitinlaitetestistä ja toiseksi parhaiten pärjäsivät TU-NL käyttäjät. Toisin sanoen tässä testiyhteydessä voidaan todeta, että ulkoisen hiiren käyttäjät pärjäsivät osoitinlaitetestissä paremmin kuin laattahiiren käyttäjät, kaikkien ryhmäparien vertailuissa. Toisaalta on myös nähtävissä, että kun verrataan TL-NU käyttäjiä, TL-NL käyttäjiin, niin näiden ryhmien välillä ei ole todettavissa tilastollisesti merkitsevää eroa. Tällä perusteella vaikuttaa siltä, että osoitinlaitetestissä laattahiirtä normaalisti suosivat henkilöt eivät suoriutuneet merkitsevästi erilailla kuin ne jotka käyttivät laattahiirtä

testissä, mutta normaalisti suosivat ulkoista hiirtä.

Viimeisenä analyysinä verrattiin käyttäjäryhmiä FE-testiin, joka oli valittu ennakkoon kognitiivisista testeistä haastavimmaksi, osoitinlaitteen tarkkuuden ja nopeuden suhteen. Kuviossa 20 nähtävissä olevan ristitaulukoinnin tarkoitus oli selvittää, onko todettavissa vastaavia tilastollisesti merkitseviä eroja suorituskäytössä ryhmien välillä FE-testissä, kuin osoitinlaitteissa todettiin. Koska minkään käyttäjäryhmän kohdalla korjattu jäännös-riveillä esiintyvät arvot eivät ylitä itseisarvo 1.96 ja kuvion 21 esittämä  $\chi^2$ -testissä p-arvot ovat yli 0.050, voidaan todeta, että osoitinlaitteen käytössä ei ole tilastollista eroa find-error:siin, sen suhteen mitä osoitinlaitetyyppejä käyttää.

## **5 Pohdinta**

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli luoda perusteltu suositus osoitinlaitteiden tyyppin rajaamisesta NMI:n kognitiivisissa testeissä. Ajallisesti tutkimus sijoittui kevääseen 2020 ja pro gradun kirjoittaminen kesään 2020. Tässä luvussa käydään läpi kirjoittajan omat pohdinnat aikaisemmasta tutkimuksesta, tämän tutkielman puutteista ja rajoitteista, sekä pohditaan potentiaalisia jatkotutkimuksen kohteita.

### **5.1 Aikaisempi tutkimus**

Luvun 2 kirjallisuuskatsaus vahvisti oletusta ulkoisen hiiren suorituskyvystä. Osoittautui myös, että ergonomiaan liittyvät näkökohdat voitiin rajata tämän tutkimuksen ulkopuolelle, koska kirjallisuuden perusteella niiden vaikutus olisi pieni.

On myös nähtävissä, että osoitinlaitetestin kontekstissa tulokset olivat aikaisempien tutkimuksien mukaisia. Samalla myös voi todeta, että tulokset myös validoivat oman komponenttini toimivuuden, se tuotti tuloksia, joita voitiin objektiivisesti verrata aiempiin HCI-tutkimuksiin. Aikaisempi tutkimus on pitkälti ollut puoleksi HCI mukaista eli käyttäjän biomeetriikkaa mittaavia, sekä käyttökokemusta tarkistelevia ja toiselta puoleltaan suorituskykyä mitattaessa, on mitattavat muuttujat olleet iän vaikutukseen ja sukupuoleen liittyviä. Yksittäisiä tutkimuksia on tehty muihin parametreihin viitaten, mutta tietääkseni tätä pro gradua vastaavaa vertausta kognitiivisiin testeihin ei ole aikaisemmin tehty.

### **5.2 Tutkimuksen puutteet ja rajoitteet**

Seuraavaksi käyn läpi havaitsemiani puutteita ja rajoitteita tässä työssä. Covid-19 pandemian takia itse testitapahtuma siirtyi opettajan valvomasta hallitusta tilasta oppilaiden kotiin, jossa opettaja lähetti ohjeet perille ja ”toivottiin parasta” sen jälkeen. Tästä johtuen ei voida olla täysin varmoja onko joissain tapauksissa esimerkiksi oppilaan vanhempi auttanut tehtävässä tai oppilas etsinyt samalla vastauksia internetistä. Toisaalta aineistosta on käyty läpi epäilyttävät tulokset manuaalisesti NMI:n tutkijoiden toimesta ja selvät tapaukset on karsittu pois



aineistosta.

Parhaimman tuloksen saavuttamiseksi tärkeätä tehdä testi uudestaan syksyllä 2020 DLS testin yhteydessä ja määritellä, että kevään pilottiin osallistuneet tekisivät testin toisella osoitinlaitteella, jolloin voitaisiin verrata suoraan henkilötasolla suorituskykyä eri osoitinlaitteilla. Tällä hetkellä verrataan saman ikäisten suoritusta eri osoitinlaitteilla, joka ei ota huomioon henkilökohtaisia muuttujia, joita opiskelijoilla on. Tätä ei ehditty tehdä vielä tämän tutkimuksen puitteissa.

Kuten analyysistä kävi selväksi niin nykyinen datamäärä ei ole kooltaan tarpeeksi suuri hienojakoisempaan analyysiin kuin kahden ryhmän yhdistämiseen perustuvaan. Perustuen omaan arviooni sanoisin, että noin kooltaan kaksinkertainen otanta mahdollistaisi jo yhden ryhmätason lisäämisen analyysiin. Tällöin voitaisiin lisätä nykyiseen analyysiin vielä ryhmäjako käyttökokemuksen mukaan ja analysoida, jos eri käyttökokemus määrän omaavat eroavat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan. Teoriassa tämä oltaisiin voitu tehdä jo nykyisellä aineistolla, mutta se olisi johtanut vielä huomattavasti laajempiin ryhmien yhdistelyyn kuin mitä tähän mennessä oltiin tehty. Tämä taas johtaa aina tarkkuuden häviämiseen eli siksi emme NMI:llä nähneet, että on kannattavaa kuluttaa aikaa ja energiaa lähteä tekemään tarkempaa ryhmäjaottelua, selvempien tuloksien saamisen perusteella ja samalla vähentää tarkkuutta tekemällä sen. Nykyisen analyysin tarkkuus riittää tämän tutkielman tavoitteiden saavuttamiseen ja mahdollistaa sen hyödyntämisen mahdollisissa jatkotutkimuksissa.

Edelliseen liittyen tehtiin myös lopulliset analyysit vain kysymyksien 196 ja 199 välillä. Tämä johtuu jo mainitusta ilmiöstä, jossa 196 ja 199 välillä oli selvästi suurin korjattu jäännösarvo ja siinä vertaillaan käyttäjän testissä käyttämään osoitinlaitetta hänen normaalisti käyttämänsä, joten se oli myös lähtökohtaisesti kiinnostavin lähtökohta tutkimuksen kannalta. Jatkotutkimuksena olisi hyvä tehdä myös samat testit 196 ja 197 sekä 196 ja 198 suhteen, vaikka on jo tiedossa, että erot ovat paljon pienemmät ja kertovat vähemmän. Samoin osoitinlaitetestin ja kognitiivisten testien välistä korrelaatiota suorituskykyerojen suhteen, olisi hyvä testata muiden kognitiivisten testien suhteen kuin FE-testi.

Tutkimuksessa myös hyödynnettiin Fittsin-lakia lähinnä ohjenuorana tutkimukselle. Alan tutkimuksien mukaan, olisi kannattavaa määritellä omat ID-skaalat tehtäville ja integroida

ne mukaan analyysiin.

Lopuksi on vielä huomautettava, että teknisestä näkökulmasta myös Arvio-järjestelmä, ei ole lähtökohtaisesti suunniteltu rakenteeltaan osoitinlaitetestiin tyyliseen testaukseen, vaan puhtaasti kognitiivisten tehtävien suorittamiseen. Tämä näkyy esimerkiksi siinä, että yleisesti Fittsin lakia mukailevat testit tehdään yhtenä kokonaisuutena, missä käyttäjä näkee jatkuvasti kuvion, josta klikkaamalla aina tiettyä kohdetta. Arviossa tämän tuottaminen ja siitä datan tallentaminen olisi vähintään epäkäytännöllistä. Täten osoitinlaitetestissä on aina yksi kohde nähtävissä per tehtävä, jota pitää klikata, jotta toinen kohde ilmestyy eri kohtaa ruutua eri kokoisena. Samoin olisi ollut kiinnostavaa tallentaa, kuinka pitkän matkan osoitinlaite on kulkenut ruudulla per tehtävä ja millaista reittiä. Tämä on teknillisesti melko haastavaa ja tällaisten tietojen tallentaminen vaatii erillisiä lupia ja hyväksyntää käyttäjiltä.

### **5.3 Tulevaisuus ja jatkotutkimus**

Se, miksi osoitinlaitetesti tulokset eivät peilaantuneet FE-testiin, ei enää kuulu tämän tutkielman asetelmaan, mutta hypoteettisesti voitaisiin nähdä, että FE-testi ei ole tarpeeksi vaativa osoitinlaitteen suorituskyvyn suhteen, jotta ulkoisen hiiren parempi absoluuttinen suorituskky tuottaisi tilastollisesti merkitseviä eroja. Ajatusleikkinä olisikin mahdollista nähdä, että osoitinlaitetesti edustaa ”puhdasta” suorituskkyä mittaavaa testiä ja täten erot näkyvät siinä selvästi. Toisaalta, mitä kauemmas mennään tehtävästä, jossa osoitinlaitteen käytön tarkkuus ja nopeus ovat etusijalla menestymisen suhteen, sitä vähemmän erot näkyvät. Tätä ideaa ei tämä tutkimus selvitä tai tutkinut, mutta näiden hypoteesien testaaminen olisikin tulevaisuutta ajatellen mielenkiintoinen lähtökohta. Todistettavaksi jäisi idea siitä, että Fittsin-lain mukainen *ID*-arvo eri tehtävätyyppien kohteille vaikuttaisi siihen, onko osoitinlaitetyypillä vaikutusta tuloksiin. Toisin sanoen, mitä vaikeampi tehtävä osoitinlaitteella klikkattavien kohteiden suhteen, sitä selvemmin tässä tuskielmassa todetut erot suorituskkyillä toisiintuisivat.

Olisi myös kiinnostavaa testata, onko aikarajalla tai muilla käyttäjää nopeaan toimintaan painostavilla tekijöillä vaikutusta saatuihin tuloksiin. Mikäli käyttäjä ei koe, että hänellä on kiire siirtää osoitin kohteeseen ja olla tarkka osuman suhteen, onko osoitinlaitetyypin valinnalla

nähtävissä mitään eroa?

Tämän tutkielman kontekstissa jatkoksi olisi kiinnostavaa teetättää osoitinlaitetesti uudestaan mahdollisimman monella opiskelijalla, jotka tekivät sen keväällä 2020. Kuitenkin niin, että he tekisivät testin toisella osoitinlaitteella kuin ensimmäisellä kerralla. Näin voitaisiin verrata henkilötasolla suorituskykyeroa osoitinlaitteiden välillä, jolloin voitaisiin eliminoida henkilökohtaiset ominaisuudet kattavammin. Samalla saataisiin myös isompi otanta, sillä syksyn 2020 DLS-testi on laajempi kuin kevään 2020, joka mahdollistaisi ryhmien jakamisen pienemmiksi kyselyn vastauksien perusteella. Samalla voitaisiin tehdä ristiintaulukoinnit kaikille DLS:ssä oleville kognitiivisille testeille suhteessa osoitinlaitetestiin ja näin varmistaa, että löydökset FE:n suhteen eivät olleet poikkeuksia.

## 6 Yhteenveto

Tämä tutkielma sai alkunsa NMI:n tarpeesta selvittää, onko käytettävän osoitinlaitteen tyyppillä vaikutusta, kognitiivisissa testeissä testattavan suoriutumiseen ja tulokseen. Tutkielmas-  
sa käytetty aineisto kerättiin keväällä 2020 NMI:n suorittaman DLS-testisarjan pilotissa. Tut-  
kimuksen päätavoite oli tuottaa NMI:lle suositus siitä, millä tavalla osoitinlaitetyyppejä pitäisi  
hallita, rajoittaa tai suositella käyttämään digitaalisissa testeissä, jotta sen vaikutus tuloksiin  
saataisiin minimoitua. Tutkielman toissijaisena tavoitteena oli osoitinlaitetestin toimivuuden  
todistaminen (”proof of concept”), osoitinlaitetyypin suorituskyvyn mittaamisen työkaluna.

Tutkielman pohjalta suositellaan ulkoisen hiiren käyttöä digitaalisissa testeissä. Suositusta on  
syytä varsinkin noudattaa, mikäli valinta osoitinlaitteesta on poissulkeva. Mikäli on valittava,  
tekevätkö kaikki testattavat testinsä ulkoisella- vaiko laattahiirellä, niin valinnaksi suositel-  
laan vahvasti ulkoista hiirtä. Jos testattavalla on vapaasti valittavissa osoitinlaite, jota hän  
haluaa käyttää, ei tähän mennessä saadut löydökset puolla pakottamista ulkoiseen hiireen,  
toisaalta ulkoisen hiiren käyttämiseen pakottamisessa ei myöskään ole löydetty suoritusky-  
kyyn vaikuttavaa negatiivista vaikutusta kognitiivisten testien kontekstissa. Vaikka osoitin-  
laitetestissä havaitut tulokset eivät peilaantuneet testattuun kognitiiviseen testiin, on silti to-  
dettavissa, että tehtävissä, jotka vaativat huomattavaa tarkkuutta ja nopeutta osoitinlaitteen  
käytöltä, on ulkoinen hiiri suorituskykyisempi valinta. Tässä tutkielmassa ei ollut nähtävistä,  
että laattahiiri tuottaisi missään tilanteessa tilastollisesti merkitsevästi parempia tuloksia  
kuin ulkoinen hiiri. Myös tästä johtuen on perusteltua suositella ulkoista hiirtä.

Tutkielmaa varten suunniteltu ja toteutettu testiohjelma myös mahdollisti tarvittavan aineis-  
ton keräämisen ja sen analysointi johti tuloksiin, jotka ovat linjassa aikaisempien tutkimuk-  
sien löydöksiä kanssa. Myös kognitiivisiin testeihin verrattuna tulokset olivat perusteltuja.  
Näin ollen pro gradu -työn osana toteutetulle testiohjelmalle asetetut tavoitteet ovat tutkiel-  
man kontekstissa täyttyneet.

## Lähteet

Adrian, Holovaty, ja Simon Willison. 2005. "Django Framework". Viitattu 12. heinäkuuta 2020. <https://www.djangoproject.com/>.

Agresti, Alan. 2002. "Categorical data analysis 2nd edition". *Edited by: Wiley JSI. Hoboken, NJ: 228–230.*

Alhay, Bashayer. 2018. "An analysis of the kinematics of the elbow and wrist joints, and the muscle activity of the arm when using three different computer mice". Tohtorinväitöskirja, University of Brighton.

ApolloComputer, Inc. 1983. *Getting Started With Your DOMAIN System.*

Atkinson, Paul. 2006. "The best laid schemes o'mice and men: the evolution of the computer mouse".

Çakir, Ahmet E, Gisela Çakir, Thomas Müller ja Pieter Unema. 1995. "The trackpad: a study on user comfort and performance". Teoksessa *Conference companion on Human factors in computing systems*, 246–247.

Card, Stuart K. 2018. *The psychology of human-computer interaction.* CRC Press.

De Winter, Joost CF. 2013. "Using the Student's t-test with extremely small sample sizes". *Practical Assessment, Research, and Evaluation* 18 (1): 10.

Dehghan, Naser, Alireza Choobineh, Mohsen Razeghi, Jafar Hasanzadeh, Moslem Irandoost ja Samaneh Ebrahimi. 2015. "Assessment of functional parameters and comfort of a new computer mouse as compared with other types of input devices". *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* 21 (4): 493–497.

Diehl, Stanford. 1995. "Touchpads to Navigate By". *BYTE* 20 (10): 150–150.

Donker, Afke, ja Pieter Reitsma. 2007. "Aiming and clicking in young children's use of the computer mouse". *Computers in Human Behavior* 23 (6): 2863–2874.

- Engelbart, Douglas C, ja William K English. 1968. "A research center for augmenting human intellect". Teoksessa *Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I*, 395–410.
- Fisher, Ronald A. 1935. "The logic of inductive inference". *Journal of the royal statistical society* 98 (1): 39–82.
- Fitts, Paul M. 1954. "The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement." *Journal of experimental psychology* 47 (6): 381.
- Gastwirth, Joseph L, Yulia R Gel ja Weiwen Miao. 2009. "The impact of Levene's test of equality of variances on statistical theory and practice". *Statistical Science* 24:343–360.
- General, Ashley, Brandon Da Silva, Daniel Esteves, Matthew Halleran ja Michael Liut. 2015. "A Comparative Analysis Between the Mouse, Trackpad and the Leap Motion". Teoksessa *CHI Conference 2016. ibitemmc2T*.
- Glass, Dan. 2018. "The Evolution Of The Computer Mouse". Viitattu 8. elokuuta 2020. <https://www.theversed.com/86383/the-evolution-of-the-computer-mouse/#.HlzVRVxUZV>.
- Goonetilleke, Ravindra S, Errol R Hoffmann ja Ameersing Luximon. 2009. "Effects of pen design on drawing and writing performance". *Applied ergonomics* 40 (2): 292–301.
- Hertzum, Morten, ja Kasper Hornbæk. 2010. "How age affects pointing with mouse and touchpad: A comparison of young, adult, and elderly users". *International Journal of Human-Computer Interaction* 26 (7): 703–734.
- Hertzum, Morten, ja Kasper Hornbæk. 2013. "The effect of target precuing on pointing with mouse and touchpad". *International Journal of Human-Computer Interaction* 29 (5): 338–350.
- Isokoski, Poika, ja Roope Raisamo. 2002. "Speed-accuracy measures in a population of six mice". Teoksessa *Proc. APCHI2002: 5th Asia Pacific Conference on Computer Human Interaction*, 765–777. Science Press.
- Isokoski, Poika, Roope Raisamo, Benot Martin ja Grigori Evreinov. 2007. "User performance with trackball-mice". *Interacting with Computers* 19 (3): 407–427.

- Kar, Gourab, Amy Vu, Begoña Juliá Nehme ja Alan Hedge. 2015. "Effects of mouse, trackpad and 3d motion and gesture control on performance, posture, and comfort". Teoksessa *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 59:327–331. 1. SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA.
- Kelaher, Dan, Todd Nay, Brad Lawrence, Sabrina Lamar ja Carolyn M Sommerich. 2001. "An investigation of the effects of touchpad location within a notebook computer". *Applied Ergonomics* 32 (1): 101–110.
- Labbafinejad, Yasser, Mansour Eslami-Farsani, Saber Mohammadi, Mohamad Sadegh Ghasemi, Mahnoush Reiszadeh ja Naser Dehghan. 2019. "Evaluating muscle activity during work with trackball, trackpad, slanted, and standard mice". *Iranian Rehabilitation Journal* 17 (2): 121–128.
- Lane, Alison E, ja Jenny M Ziviani. 2010. "Factors influencing skilled use of the computer mouse by school-aged children". *Computers & Education* 55 (3): 1112–1122.
- Lawal, Bayo, ja H Bayo Lawal. 2003. *Categorical data analysis with SAS and SPSS applications*. Psychology Press.
- MacKenzie, I Scott, ja Shaidah Jusoh. 2001. "An evaluation of two input devices for remote pointing". Teoksessa *IFIP International Conference on Engineering for Human-Computer Interaction*, 235–250. Springer.
- MacKenzie, I Scott, Tatu Kauppinen ja Miika Silfverberg. 2001. "Accuracy measures for evaluating computer pointing devices". Teoksessa *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 9–16.
- MacKenzie, I Scott, ja Aleks Oniszczyk. 1998. "A comparison of three selection techniques for touchpads". Teoksessa *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 336–343.
- Marshall, Gill. 2005. "The purpose, design and administration of a questionnaire for data collection". *Radiography* 11 (2): 131–136.
- McHugh, Mary L. 2013. "The chi-square test of independence". *Biochemia medica: Biochemia medica* 23 (2): 143–149.

Microsoft. 2012. “TypeScript”. Viitattu 12. heinäkuuta 2020. <https://www.typescriptlang.org/>.

Nevala, Jukka, Leila Kairaluoma, Timo Ahonen, Mikko Aro ja Leena Holopainen. 2006. “Lukemis- ja kirjoittamistaitojen yksilötestistö nuorille ja aikuisille”. *Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti*.

Peters, Michael, ja Jason Ivanoff. 1999. “Performance asymmetries in computer mouse control of right-handers, and left-handers with left- and right-handed mouse experience”. *Journal of Motor Behavior* 31 (1): 86–94.

PostgreSQL, Global Development Group. 1996. “PostgreSQL”. Viitattu 12. heinäkuuta 2020. <https://www.postgresql.org/>.

Shanis, Jenna M, ja Alan Hedge. 2003. “Comparison of mouse, touchpad and multitouch input technologies”. Teoksessa *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 47:746–750. 4. SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA.

Soukoreff, R William, ja I Scott MacKenzie. 2004. “Towards a standard for pointing device evaluation, perspectives on 27 years of Fitts’ law research in HCI”. *International journal of human-computer studies* 61 (6): 751–789.

Tsui, Kam-Wah, ja Samaradasa Weerahandi. 1989. “Generalized p-values in significance testing of hypotheses in the presence of nuisance parameters”. *Journal of the American Statistical Association* 84 (406): 602–607.

Ulrich, Thomas A, Ronald L Boring ja Roger Lew. 2015. “Control board digital interface input devices-touchscreen, trackpad, or mouse?” Teoksessa *2015 Resilience Week (RWS)*, 1–6. IEEE.

Walke, Jordan. 2013. “React”. Viitattu 12. heinäkuuta 2020. <https://reactjs.org/>.

Wright, Charles E, ja Francis Lee. 2013. “Issues related to HCI application of Fitts’s law”. *Human-Computer Interaction* 28 (6): 548–578.



# Liitteet

## A Testi-info 1



### Osoitintarkkuustesti

Tässä tehtävässä sinun on tarkoitus klikata hiiren osoittimella ruudulla näkyvää kuviota mahdollisimman nopeasti.



## B Testi-info 2



Vie hiiren osoitin kuvion kohdalle ja klikkaa sitä. Ole tarkkana, jos et osu kuvioon, niin siirrä hiiren osoitin paremmin kuvion päälle ja klikkaa uudestaan, kunnes kuvio häviää ruudulta.



### **C Testi-info 3**

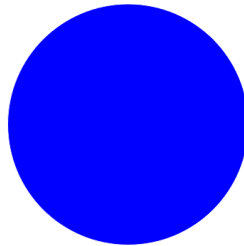


Harjoitellaan ensin. Kun olet valmis paina alla olevaa jatka-painiketta.



### **D Testi-info 4**

Klikkaa ruudulla näkyvää palloa mahdollisimman nopeasti.



## E Testi-info 5

Hiresi osoitin ei ollut pallon päällä. Yritä uudestaan.

## F Testi-info 6

---

Hienoa, osuit palloon!

## G Testi-info 7



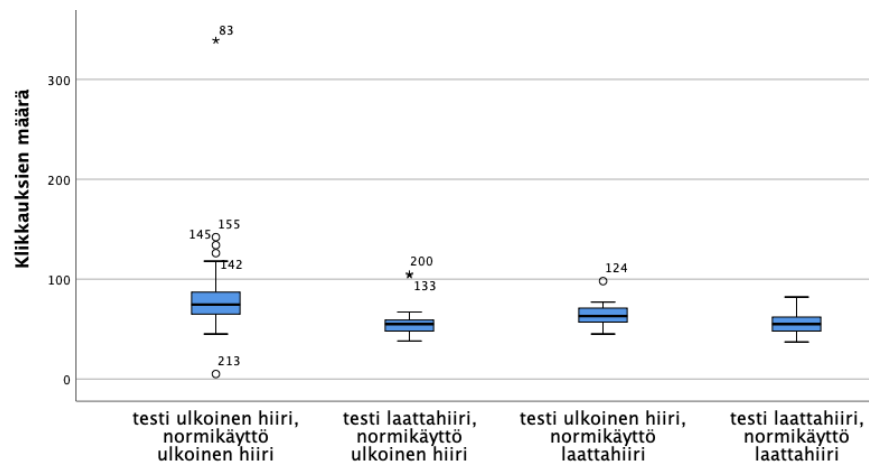
Hyvä! Harjoitus loppui.

Seuraavaksi alkaa varsinainen tehtävä. Kun olet valmis aloittamaan, paina jatka-painiketta.

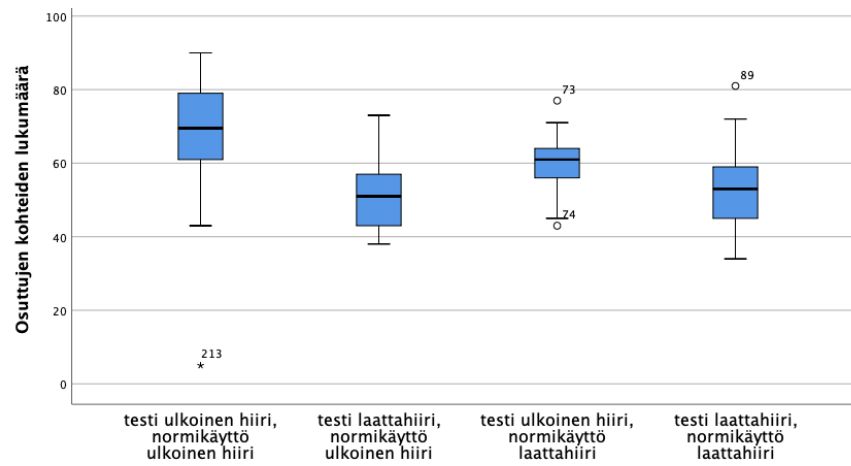
Tehtävässä sinulla on 45 sekuntia aikaa klikata mahdollisimman montaa palloa.



## H NormaalijakaumaKlikkaustenMäärä



## I NormaalijakaumaOsumienMäärä



## J Ryhmien 196+199 ja 197 ristitaulukointi.

		@197_2yhdistetyryhmat				Total
		en koskaan tai harvoin	silloin tällöin	usein	jatkuvasti	
COMPUTE Hiirityyppi4Luokkaa=@ 196Hiirityyppi + @199Hiirityyppi	testi ulkoinen hiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	8	12	23	93	136
	testi laattahiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	7	6	4	4	21
	testi ulkoinen hiiri, normikäyttö laattahiiri	7	6	1	7	21
	testi laattahiiri, normikäyttö laattahiiri	15	11	19	40	85
<b>Total</b>		<b>37</b>	<b>35</b>	<b>47</b>	<b>144</b>	<b>263</b>

## K Ryhmien 196+199 ja 198 ristitaulukointi.

		@198_2yhdistetyryhmat			Total
		en ollenkaan tai alle vuoden	1-5 vuotta	yli 5 vuotta	
COMPUTE Hiirityyppi4Luokkaa=@ 196Hiirityyppi + @199Hiirityyppi	testi ulkoinen hiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	30	56	50	136
	testi laattahiiri, normikäyttö ulkoinen hiiri	9	12	0	21
	testi ulkoinen hiiri, normikäyttö laattahiiri	12	5	4	21
	testi laattahiiri, normikäyttö laattahiiri	31	35	19	85
<b>Total</b>		<b>82</b>	<b>108</b>	<b>73</b>	<b>263</b>