

Juuso-Petteri Partanen

**AUTOJEN KÄYTTÖJÄRJESTELMIEN VAIKUTUS
TURVALLISUUTEEN**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TIEDEKUNTA
2021

TIIVISTELMÄ

Partanen, Juuso-Petteri

Autojen käyttöjärjestelmien vaikutus turvallisuuteen

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2021, 27 s.

Tietojärjestelmätiede, kandidaatin tutkielma

Ohjaaja(t): Räisänen, Jaana

Uusissa autoissa olevien erilaisten järjestelmien ja ominaisuuksien määrä on kasvanut viimeisten vuosien aikana huomattavasti. Niiden hallitsemiseen on täytynyt kehittää uudenlaisia ohjaustapoja, sillä pelkät painikkeet eivät enää riitä kaikkien ominaisuuksien käyttämiseen. Lisäksi kaikki tämä lisääntynyt informaatio täytyy olla helposti esitetyssä muodossa, jotta kuljettaja pystyy hyödyntämään sitä ajon aikana.

Tässä tutkielmassa tarkastellaan erilaisia ratkaisuja toteuttaa auton käyttöjärjestelmä ja sen ohjaus, keskittyen niiden käytön turvallisuuteen ajon aikana. Aluksi esitellään nykyään käytössä olevia tapoja ohjata auton käyttöjärjestelmää ja esittää siinä olevaa informaatiota, jonka jälkeen tarkastellaan niiden vaikutusta ajosuoritukseen ja turvallisuuteen. Lopuksi esitellään ehdotus niin sanotusta optimaalisesta käyttöjärjestelmästä perustuen löydettyyn dataan.

Tutkielma on kirjallisuuskatsaus, joka perustuu aiheesta aiemmin tehtyihin tutkimuksiin, sekä autonvalmistajien tarjoamiin tietoihin mallistoistaan. Tutkimustuloksena esitellään vähiten ajosuoritukseen vaikuttavat käyttöjärjestelmän suunnitteluratkaisut, joihin kuuluvat oikeanlaisten valikkorakenteiden käyttäminen, oikeanlaisen teknologian käyttö sekä vaihtoehtoisten ohjaustapojen tarjoaminen eri tilanteisiin.

Asiasanat: käyttöliittymä, turvallisuus, henkilöauto, auton käyttöliittymä

ABSTRACT

Partanen, Juuso-Petteri

The impact of car user interface on road safety

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2021, 27 s.

Information systems science, Bachelors thesis

Supervisor(s): Räisänen, Jaana

The number of different systems and features in new cars has grown significantly in recent years. New types of controls have had to be developed to control them, as the buttons alone are no longer enough to use all the features. In addition, all this increased information must be in an easily presented form so that the driver can utilize it while driving.

This thesis examines different solutions to implement a car operating system and its controls, focusing on the safety of their use while driving. First, the ways in which the car's operating system is controlled and the information contained in it are presented, followed by an examination of their effect on driving performance and safety. Finally, a proposal for a so-called optimal operating system based on the data found is presented.

This thesis is a literature review based on previous research on the subject, as well as information provided by car manufacturers on their models. As a result of the research, the operating system design solutions that have the least impact on driving performance are presented, which include the use of the right kind of menu structures, the use of the right kind of technology and the provision of alternative control methods for different situations.

Keywords: User interface, safety, car, car user interface

KUVIOT

KUVIO 1	Eri tilanteisiin sopivat ohjaustavat	23
---------	--	----

TAULUKOT

TAULUKKO 1	Suosittelut kosketusnäytön suunnitteluratkaisut	21
------------	---	----

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVIOT

TAULUKOT

1	JOHDANTO.....	6
2	ERILAISET KÄYTTÖLIITTYMÄT.....	8
2.1	Fyysiset painikkeet	8
2.2	Kosketusnäytöt.....	9
2.3	Kosketuspaneelit ja valintarullat	10
2.4	Ääni ja elekomennot.....	10
3	ERILAISTEN RATKAISUJEN VAIKUTUS TURVALLISUUTEEN.....	12
3.1	Kosketusnäytöt.....	13
3.2	Näyttöteknologia	14
3.3	Näytön asettelu	14
3.4	Valikkonavigointi	15
3.5	Koketuspaneelit ja valintarullat.....	17
3.6	Ääni ja elekomennot.....	18
4	HYVÄT KÄYTTÖLIITTYMÄRATKAISUT TURVALLISUUDEN KANNALTA	20
4.1	Kosketusnäyttö.....	20
4.2	Ääniohjaus	21
4.3	Ehdotettu käyttöjärjestelmä	22
5	YHTEENVETO	24

1 JOHDANTO

Tässä tutkielmassa käsitellään tällä hetkellä markkinoilla olevien autojen käyttöliittymiä, ja vertaillaan niitä aiempaa tutkimustietoa hyödyntäen. Käyttöliittymien vertailussa keskitytään niiden turvallisuuteen, ja tarkastellaan erilaisten suunnitteluratkaisujen vaikutusta kuljettajien ajosuoritukseen. Aihe on ajankohtaisempi kuin koskaan, sillä uusissa autoissa olevien järjestelmien määrä on kasvanut viime vuosina valtavasti (Udovicic, Jovanovic, Nenad & Milan, 2015). Autonvalmistajien onkin täytynyt kehittää niiden kaikkien ohjaamiseen uusia tapoja. Yhtenä ratkaisuna tähän ongelmaan on kosketusnäyttöön perustuva käyttöjärjestelmä, jossa auton toimintojen käyttö tapahtuu näytön avulla. Kosketusnäyttö on ylivoimaisesti yleisin pääasiallinen käyttöliittymäratkaisu uusissa autoissa, joten tässäkin tutkielmassa sitä käsitellään hieman tarkemmin kuin muita ohjausmetodeja. Monia eri ohjausmetodeja kuitenkin yhdistää se, että niitä käytetään kuljettajan on siirrettävä katseensa pois tiestä. Tämä luo potentiaalisesti lisääntyneen onnettomuusriskin, sillä mitä pidempään kuljettajan katse on pois tiestä, sitä suurempi on mahdollisuus onnettomuuteen (Liang, Lee, & Yekhshatyan, 2012). Tutkimusmenetelmänä on systemaattinen kirjallisuuskatsaus, joka perustuu aiempaan tutkimukseen aiheesta. Systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa jonkin aihepiirin aikaisempien tutkimusten olennainen sisältö tiivistetään, ja siitä etsitään tärkeimpiä löydöksiä. Tässä tekstissä on käytetty apuna Finkin mallia, joka koostuu tutkimuskysymysten asettamisesta, tietokantojen ja hakutermien seulomisesta, tulosten seulomisesta, itse katsauksen teosta sekä lopuksi synteesisistä (Fink, 2005). Tutkimusmateriaalin etsimiseen on käytetty eri tietokantaportaaleja, joista eniten hyödynnettyjä ovat ACM Digital library ja IEEE Xplore. Hakusanoina on käytetty muun muassa seuraavia: "vehicle UI", "UI safety", "car user interface" sekä "driver distraction". Lisäksi tärkeänä lähteenä on käytetty Tuomo Kujalan Jyväskylän yliopistossa tekemiä tutkimuksia aiheesta. Tutkimuskysymyksinä tässä tekstissä on:

- Miten eri käyttöjärjestelmäratkaisut vaikuttavat turvallisuuteen ja ajosuoritukseen?

- Mitkä käyttöjärjestelmäratkaisut ovat hyviä turvallisuuden kannalta?

Tutkielma koostuu kolmesta sisältökappaleesta, joista ensimmäisessä esitellään erilaisia tällä hetkellä markkinoilla olevia vaihtoehtoja auton käyttöjärjestelmän ohjaamiseen. Toisessa sisältökappaleessa näitä eri vaihtoehtoja tarkastellaan lähemmin, hyödyntäen niistä tehtyjä aiempia tutkimuksia. Tarkoituksena on löytää niiden hyödyt ja haitat, sekä selvittää miten ne vaikuttavat ajosuoritukseen. Kolmannessa sisältökappaleessa esitellään edellisiin kappaleisiin pohjaten, mitkä tämän hetken käyttöjärjestelmistä ovat turvallisuuden kannalta toimivimpia, sekä esitellään ehdotus erittäin turvallisesta käyttöjärjestelmästä.

2 ERILAISET KÄYTTÖLIITTYMÄT

Henkilöautojen käyttöliittymä on tänä päivänä mahdollista toteuttaa lukuisilla eri tavoilla, jotka poikkeavat suuresti toisistaan. Perinteisin tapa toteuttaa vuorovaikutus auton kanssa, ovat fyysiset painikkeet, joita on hyödynnetty lähestulkoon koko autojen olemassaolon ajan. Teknologian kehittyminen, ja autoissa olevien toimintojen määrä on kuitenkin pakottanut autonvalmistajia keksimään vaihtoehtoisia tapoja käyttää auton lukuisia eri järjestelmiä. Tässä kappaleessa esittelen erilaisia tapoja, joilla autonvalmistajat ovat toteuttaneet auton kanssa vuorovaikuttamisen.

2.1 Fyysiset painikkeet

Fyysiset painikkeet ja valitsimet ovat kaikista perinteisin tapa toteuttaa auton eri toimintojen ohjaus. Toimintojen kuten ilmastoinnin ja radion käyttö, on aikaisemmin hyvin yleisesti toteutettu juuri fyysisiä nappeja hyödyntäen. Niiden käyttö on kuitenkin viimeisten vuosien aikana vähentynyt, ja niiden takana olleet toiminnot ovat siirtyneet muualle.

Useimmiten fyysiset painikkeet ovat sijoitettu niin kutsuttuun keskikonsoliin, jolla tarkoitetaan kuljettajan ja matkustajan välissä olevaa aluetta kojelaudassa. Lisäksi automaattivaihteisten autojen yleistyessä painikkeita ja muita hallintalaitteita on voitu sijoittaa paikalle, joka oli aikaisemmin varattu vaihdekepile. Myös rattiin sijoitetut painikkeet ovat nykyään hyvin yleisessä käytössä, ja esimerkiksi vakionopeudensäätimen käyttäminen tapahtuu usein auton rattiin sijoitettuja painikkeita käyttämällä.

Fyysisien painikkeiden käyttö on vähentynyt huomattavasti viime vuosina, ja käyttöjärjestelmät ovat siirtyneet käyttämään muita tapoja vuorovaikutuksen toteuttamiseen. Tämä johtuu pitkälti siitä, että erilaisten toimintojen ja ominaisuuksien määrä nykyautoissa on kasvanut valtavasti, eikä pelkillä napeilla ole mahdollista ohjata niitä kaikkia (Pfleger, Schneegass & Schmidt, 2012). Fyysiset painikkeet eivät kuitenkaan ole kokonaan hävinneet

uusista autoista, vaan niitä käytetään usein jonkin toisen ohjaustavan lisäksi. Esimerkiksi ilmastoinnin käyttö tapahtuu hyvin yleisesti vieläkin fyysisiä painikkeita ja rullia hyödyntämällä. Fyysisten painikkeiden suunnittelussa täytyy ottaa huomioon painikkeiden käyttötapa. Esimerkiksi on-off tyyppisissä painikkeissa näppäintuntuma on tärkeämpi kuin napin muoto ja koko, kun taas vaikkapa radiokanavan hakemiseen käytettävissä napeissa juuri geometriset ominaisuudet ovat tärkeämpiä (Gaspar, Fontul, Henriques, E.Arlindo & S.Arlindo, 2017). Perinteisten nappien tilalle on kuitenkin monessa uudessa autossa tulleet hipaisupainikkeet, joita ei tarvitse painaa alaspäin, vaan riittää, että niihin osuu. Esimerkiksi kaikissa uusissa Volkswagen brändin autoissa äänijärjestelmän äänenvoimakkuuden säätäminen tapahtuu vetämällä sormea vasemmalle tai oikealle hipaisupaneelia pitkin.

2.2 Kosketusnäytöt

Viime vuosina kosketusnäyttöjen käyttö autojen käyttöjärjestelmien pääasiallisena ohjaustapana on yleistynyt valtavasti (Mayer, Le, Nesti, Henze, Bulthoff & Chuang, 2018). Nykyisin kosketusnäyttöjä löytyy, melkein jokaisesta uudesta autosta hintatasosta riippumatta. Useimmiten kosketusnäyttö on sijoitettu keskikonsoliin kuljettajan ja matkustajan väliin noin ratin korkeudelle (Heikkinen, Mäkinen, Lylykangas, Pakkanen, Väänänen-Vainio-Mattila & Raisamo, 2013). Näyttöjen koko vaihtelee suuresti, mutta yleisimmin ne ovat noin 10 tuuman kokoisia. Nykyinen trendi varsinkin kalliimmissa malleissa, on kuitenkin yhä suurenevat näytöt.

Kosketusnäyttöjä hyödynnetään eri autonvalmistajien toimesta hyvin erilaisin tavoin. Näyttöjen lisäksi voi esimerkiksi olla fyysisiä painikkeita ilmastoinnin ohjaamista varten tai äänijärjestelmän äänenvoimakkuuden säätämiseen. Toisaalta jotkin valmistajat ovat päätyneet integroimaan kaikki auton toiminnot kosketusnäytön kautta ohjattaviksi. Tästä tunnetuin esimerkki on luultavasti Teslan mallit, joissa kaikki auton toiminnot ovat käytettävissä yhden suurikokoisen kosketusnäytön kautta (Tesla, 2021). Näyttöjä voi myös olla enemmän kuin yksi kappale.

Kosketusnäyttöjen yleistymiseen henkilöautoissa on useita eri syitä. Navigointijärjestelmien saapuminen henkilöautoihin toi tullessaan ruudut, sillä kartan ja opasteiden esittämiseen tarvittiin jokin ratkaisu. Näiden ruutujen muuttuminen kosketuksella ohjattaviksi onkin sinällään luonnollinen kehitysaskel. Myös kosketusnäyttöjen valmistuskustannusten lasku on mahdollistanut niiden integroimisen autoihin, ilman että niiden hinta kasvaa liikaa. Suurin syy kosketusnäyttöjen yleistymiseen on kuitenkin autoissa olevan teknologian ja erilaisten toimintojen määrän kasvu. Ilman kosketusnäyttöjä ja niiden mahdollistamia valikkorakenteita, kaikkiin auton toimintoihin käsiksi pääsy olisi haastavaa toteuttaa. Kosketusnäytön etuna on myös se, että samalta ruudulta voidaan sekä esittää informaatiota, että käyttää suurta määrää erilaisia ominaisuuksia. Näyttöjen käyttöjärjestelmät ovat kuitenkin seuranneet pitkälti

älypuhelinmallia, joka ei välttämättä sellaisenaan sovellu tieliikenteeseen, ja järjestelmien suunnittelussa tulisi yhä enemmän nojautua tutkittuun tietoon eri vaihtoehtoja vertaillen (Colley, Väyrynen, Häkkinen, 2015).

2.3 Kosketuspaneelit ja valintarullat

On myös muita tapoja hyödyntää näyttöä informaation esittämiseen autossa, ilman että ruutua tarvitsee koskea. Näissä tapauksissa valikoissa navigoimiseen käytetään jotain vaihtoehtoista ohjauslaitetta. BMW (2021) Tällainen vaihtoehtoinen ruutuun perustuva käyttöliittymä on esimerkiksi BMW:n iDrive käyttöliittymä. Siinä valikoissa navigointi tapahtuu pyöreällä rullalla, joka toimii hieman hiiren tavoin. Rulla on sijoitettu matalalle keskikonsoliin käsinojan etupuolelle noin penkin istuinosan korkeudelle. Käyttöliittymässä voi liikkua pyörittämällä rullaa molempiin suuntiin, jolloin osoitin liikkuu joko oikealle tai vasemmalle. Lisäksi rullaa pystyy työntämään oikealle, vasemmalle, ylös ja alas. Alavalikoihin pääsee painamalla rullaa alaspäin ja "takaisin"-nappi on erillinen painike rullan vieressä. Uudemmissa tämän käyttöjärjestelmän versioissa, sitä pystyy rullan lisäksi käyttämään myös kosketusnäytön kautta, joten kuljettaja voi itse päättää, kuinka haluaa valikoissa liikkua (BMW, 2021)

Mercedes-Benz (2021) Mercedesen MBUX käyttöliittymä on edellisen kanssa hyvin samankaltainen, mutta rullan sijaan valikoissa navigoidaan käyttämällä kosketuspaneelia, joka on sijoitettu samalle paikalle. Paneeli on kooltaan noin 5x5 senttimetriä. Valikoissa liikutaan vetämällä sormea paneelin päällä haluttuun suuntaan. Mitä pidemmän matkan sormea paneelin päällä vetää, sitä useamman valikkoelementin yli osoitin liikkuu. Alavalikkoihin pääsee painamalla koko paneelia alaspäin. Takaisin-painike on paneelin vasemmassa yläkulmassa. BMW:n järjestelmän tapaan, myös MBUX:ää voi käyttää myös näytön kautta sormella. Lisäksi sitä voi käyttää myös ratissa sijaitsevalla hipaisupainikkeella, joka toimii samaan tapaan kuin keskikonsolissa sijaitseva paneeli (Mercedes-Benz, 2021).

Näiden järjestelmien heikkous pelkkään kosketusnäyttöön verrattuna on niiden lisääntynyt monimutkaisuus, ja siitä syntyvät kustannukset. Pelkän näytön hinnan lisäksi autonvalmistajat joutuvat investoimaan myös vaihtoehtoiseen ohjaustapaan. Lisäksi nämä järjestelmät vievät tilaa auton ohjaamosta, ja tilat pitääkin suunnitella niiden ehdoilla. Hyvänä puolena nämä järjestelmät tarjoavat kuljettajalle useita vaihtoehtoja käyttää auton toimintoja oman mieltymyksensä ja tilanteen mukaan.

2.4 Ääni ja elekomennot

Uudempia tapoja toteuttaa käyttöjärjestelmän ohjaaminen, ovat äänikomennot sekä eleillä viestittävät komennot. Äänikomentojen käyttäminen toimii

sanomalla äänen valmiiksi määritellyjä sanoja tai virkkeitä. Kuljettaja voi esimerkiksi sanoa: "Aseta määränpää", jonka jälkeen käyttöjärjestelmä kysyy ääntä käyttäen yksi kerrallaan tarkemmat tiedot kuten kaupungin ja tarkan osoitteen. Äänikomennot aktivoidaan useimmiten painikkeella, joka sijaitsee ohjauspyörässä, jolloin kuljettajan ei tarvitse irrottaa käsiään ratista missään vaiheessa. Äänikomennot voidaan myös mahdollisesti aktivoida sanomalla jokin tietty fraasi, kuten Mercedesen MBUX-käyttöliittymässä, jossa äänikomennot aktivoidaan sanomalla: "Hei, Mercedes". Kyseisessä käyttöjärjestelmässä sanottavat komennot voivat olla hyvin yksinkertaisia, kuten: "Hei Mercedes, minulla on kylmä", jolloin auto kohottaa ohjaamon sisälämpötilaa muutamalla asteella (Mercedes-Benz, 2021). Ääniohjaus on tänä päivänä jo melko yleinen varuste myös halvemmissä automalleissa, mutta sen toimivuus on usein korkeintaan kohtalainen (Parada-Loira, Gonzalez-Agulla, E.Castro & Alba-Castro, 2014). Ääniohjauksen ongelmiin kuuluu myös sen vaatima lokalisointi, joka kasvattaa kustannuksia huomattavasti.

Toinen varsin uusi tapa kontrolloida käyttöliittymää, on eleiden avulla annettavat komennot. Tämä toteutetaan hyödyntämällä kojelautaan tai taustapeilin yhteyteen asennettua kameraa, joka tarkkailee kuljettajan kädenliikettä. Esimerkiksi BMW:n liiketunnistusjärjestelmässä kuljettaja voi säätää äänijärjestelmän äänenvoimakkuutta pyörittämällä etusormeaan myötä tai vastapäivään keskikonsolin edessä (BMW, 2021). Liikeohjaus on kuitenkin vielä hyvin varhaisessa vaiheessa kehitystään, mitä tulee sen hyödyntämiseen autoissa. Sen saa lisävarusteena hyvin harvoihin automalleihin, joiden hintaluokka on korkea. Eleentunnistuksen kehittyessä, ja siihen vaadittavan teknologian hinnan alentuessa, tämä ohjaustapa tulee varmasti saataville myös halvemman hintaluokan autoihin.

3 ERILAISTEN RATKAISUJEN VAIKUTUS TURVALLISUUTEEN

Tässä kappaleessa tarkastellaan, minkälaisia vaikutuksia erilaisilla käyttöliittymäratkaisuilla on ajoturvallisuuteen ja kuljettajan keskittymiseen. Erilaisten järjestelmien vaikutus turvallisuuteen koostuu useista eri osa-alueista. Vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi valikkorakenteiden suunnittelu, visuaalisen ilmeen selkeys ja näppäinpainikkeiden asettelu. Kuljettajan on koettava käyttöjärjestelmä helppokäyttöiseksi ja sulavaksi, jotta hänen ei tarvitse käyttää liikaa keskittymistään yrittäessään suorittaa haluttua toimintoa. Tärkein kriteeri eri käyttöliittymäratkaisuja vertailtaessa on aika, jonka kuljettaja joutuu käyttämään suorittaessaan jotain tiettyä toimintoa. Mitä vähemmän kuljettaja käyttää aikaa käyttöliittymän käyttämiseen, sitä enemmän aikaa jää liikenteen ja tien tarkkailuun.

Vuonna 2013 Yhdysvaltain tieliikenne- ja turvallisuusvirasto National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), julkaisi raportin: "Visual-Manual NHTSA Driver Distraction Guidelines for In-Vehicle Electronic Devices", jossa tavoitteena oli esittää universaaleja määritelmiä ja käsitteitä liittyen kuljettajan keskittymiseen ja autossa olevien elektronisten laitteiden käyttämiseen. Useat tässä tutkielmassa käytetyt kirjallisuuslähteet käyttävät teksteissään NHTSA:n esittelemiä käsitteitä ja määritelmiä, on oleellista, että ne esitellään tarkemmin. Tässä kappaleessa esitellään tarkemmin raportin pääkäsitteet ja kuljettajan keskittymisen mittaamiseen ehdotetut tavat.

NHTSA:n raportti jakaa kuljettajan keskittymisen häiriintymisen kolmeen eri kategoriaan: visuaaliseen häiriintymiseen, manuaaliseen häiriintymiseen ja kognitiiviseen häiriintymiseen. Visuaalisella häiriintymisellä raportti tarkoittaa kuljettajan suorittamia tehtäviä, jotka vaativat katseen kääntämistä pois tiestä, jotta hän saa jonkin tarvitsemansa informaation. Esimerkkinä tällaisesta häiriintymisestä on vaikkapa vilkaisu auton viihdejärjestelmän näyttöruutuun, kun kuljettaja haluaa nähdä seuraavan käännöksen navigoidessaan. Kosketusnäyttöjen on todettu lisäävän visuaalista häiriintymistä, verrattuna perinteisempiin järjestelmiin (Swette, May, Gable & Walker, 2013). Manuaalisella häiriintymisellä tarkoitetaan tehtäviä, joiden takia kuljettaja

joutuu irrottamaan kätensä ohjauspyörästä. Tällainen tehtävä on esimerkiksi radiokanavan vaihtaminen, jos se tapahtuu muualta kuin ohjauspyörän painikkeista käsin. Kognitiivisella häiriintymisellä raportti tarkoittaa tehtäviä, jotka vievät kuljettajan kognitiivista kapasiteettia pois itse ajamiselta. Raportti myös painottaa, että kun tarkastellaan kuljettajan keskittymisen häiriintymistä, on otettava huomioon keskittymistä häiritsevän tehtävän vaikeuden lisäksi myös sen kesto ja kuinka usein se toistuu. Lyhyellä ja helpolla tehtävällä voi olla suurempi vaikutus kuljettajan keskittymiseen kuin vaikealla ja pitkällä, jos se toistuu tarpeeksi usein.

3.1 Kosketusnäytöt

Kosketusnäytöt ovat tällä hetkellä suurin trendi autojen käyttöjärjestelmien toteuttamisessa, ja ne ovat integroituneet keskeiseksi osaksi uusien autojen käyttökokemusta (Ahmad, Langdon, Godsill, Hardy, Skrypchuk & Donkor, 2015). Onkin tärkeää tarkastella kosketusnäyttöjä käyttöliittymäratkaisuna erityisen tarkasti, ja selvittää sen vaikutuksia ajoturvallisuuteen. Kosketusnäyttöjen turvallisuutta ja käytettävyyttä voi tarkeastella useasta eri näkökulmasta. Ensimmäinen tärkeä valinta, jonka autonvalmistajat tekevät näytön suhteen on sen fyysinen sijainti ohjaamossa. Näytön sijoitteluun on useita erilaisia lähestymistapoja riippuen siitä, halutaanko näyttö pääosin kuljettajan käytettäväksi, vai otetaanko asettelussa yhtä paljon huomioon myös etuistuimen matkustaja. Tällä valinnalla on vaikutusta esimerkiksi näytön kulmaan kuljettajaan nähden. Jos näyttö halutaan kohdentaa enemmän kuljettajan käytettäväksi, voi se olla hieman enemmän käännettynä osoittamaan kohti kuljettajaa. Nämä valinnat ovat kuitenkin hyvin usein kompromisseja, eikä aina ole mahdollista löytää vain yhtä oikeaa ratkaisua. Edellä esitetystä esimerkissä matkustajan käyttömukavuutta käyttöjärjestelmän suhteen karsitaan kuljettajan käyttökokemuksen parantamiseksi. Hyvin usein matkustaja on kuitenkin ajon aikana aktiivinen näytön käyttäjä, joten myös hänen tarpeensa tulee ottaa huomioon. Toinen tärkeä kokonaisuus, joka on kriittinen kosketusnäytön käyttökokemuksen kannalta, on käyttöjärjestelmän valikkorakenne ja painikkeiden sijainti näytöllä. Näiden elementtien onnistunut suunnittelu on kriittistä, sillä mitä pidemmän ajan kuljettaja käyttää valikoissa navigoimiseen, sitä pidemmän ajan hänen katseensa on pois tiestä ja muusta liikenteestä. Asioita, joita valikkoja suunnitellessa täytyy ottaa huomioon ovat muun muassa niiden rakenne, painikkeiden sijainti, painikkeiden koko ja miten eri valikoiden välillä liikutaan. Lisäksi tulee ottaa huomioon mahdollinen haptinen palaute näytöstä, eli erilaiset värinäpalautteet, joita näytöstä välittyy käyttäjän sormeen eri toimenpiteitä suoritettaessa. Haptinen palaute voi olla myös vaihtelevaa, riippuen siitä mitä toimenpiteitä ollaan suorittamassa. Erilaisia vaihtoehtoja kosketusnäyttöä hyödyntävän käyttöliittymän toteuttamiseen onkin valtavasti, ja seuraavissa kappaleissa niitä tarkastellaan tarkemmin.

3.2 Näyttöteknologia

Vaikka autoissa käytettävät kosketusnäytöt voivat näyttää keskenään hyvin samankaltaisilta, on niiden tekniseen toteutukseen olemassa useita erilaisia vaihtoehtoja. Pitts, Skrypchuck, Attridge & Williams (2014) tutkimuksessa vertailtiin erilaisia kosketusnäyttöteknologioita käyttäjäkokemuksen ja erilaisiin tehtäviin käytetyn ajan avulla. Vertailtavia teknologioita olivat resistiivinen, kapasitiivinen ja infrapunaa hyödyntävä näyttö. Resisttiivisessä näytössä on kaksi eri kerrosta, joista ulompi on pehmeämpi. Kun käyttäjä painaa näyttöä sormellaan ulompi kerros painuu taempaa vasten ja kosketus rekisteröityy. Kapasitiivisessa kosketusnäytössä on johtava päällimmäinen kerros, joka havaitsee muutoksen johtavuudessa, kun jokin koskettaa sitä, ja näin ollen rekisteröi kosketuksen. Infrapunaa hyödyntävissä kosketusnäytöissä näytön reunoilla on infrapunavaloa lähettäviä ja vastaanottavia komponentteja. Kun käyttäjän sormi katkaisee infrapuna säteen, rekisteröityy kosketus. Tutkimuksen tuloksista käy ilmi, että varsinkin varhaisissa autojen kosketusnäytöissä käytetty resistiivinen kosketusnäyttö oli selkeästi huonoin ja vähiten käyttäjäystävällinen ratkaisu kokeeseen osallistuneiden arvion perusteella. Nykyään uusimmissa automalleissa yleistynyt kapasitiivinen näyttöteknologia, sekä infrapunaan perustuva näyttö olivat käyttäjäkokemukseltaan sen sijaan huoattavasti parempia, joskin kapasitiivinen näyttö arvioitiin hieman infrapunaa paremmaksi (Pitts, Skrypchuck, Attridge & Williams 2015).

3.3 Näytön asettelu

Autoon integroitu kosketusnäyttö on hyvin usein sijoitettu keskikonsoliin, kuljettajan ja matkustajan väliin. Syynä tähän ovat kosketusnäyttöpohjaisen ratkaisun mukanaan tuomat rajoitteet. Koska järjestelmää ohjataan kosketuksella, on sen oltava helposti käden ulottuvissa, ilman että kuljettaja joutuu muuttamaan asentoaan. Lisäksi myös matkustajan on voitava ohjata auton toimintoja kuten viihdejärjestelmää. Poikkeuksena tähän ovat hyvin harvat tapaukset, joissa matkustajalla on käytössään oma kosketusnäyttö päänäytön lisäksi. Pelkästään matkustajalle tarkoitettuja näyttöjä löytyy kuitenkin vain hyvin harvasta, ja korkean hintaluokan autosta. Heikkinen ym (2013) tutkimuksessa tutkimukseen osallistuneilta selvitettiin heidän mielestään parasta sijaintia autoon integroidulle kosketusnäytölle. Vastaajat arvoivat parhaiksi sijainneiksi joko ohjauspyörän, niin että näyttö on suoraan kuljettajan katseen linjalla, tai keskikonsolin yläosan. Keskikonsolin alaosa todettiin huonoksi vaihtoehdoksi, koska sitä käyttäessä kuljettaja joutuu laskemaan katseensa alaspäin, joka koettiin ajamista haittaavaksi (Heikkinen ym, 2013). Myös Hagiwara, Sakakima, Hashimoto & Kawai (2013) tutkimuksessa vertailtiin kosketusnäytön sijainnin vaikutusta koehenkilöiden ajosuoritukseen

testiradalla. Tutkimuksessa näyttö oli sijoitettu joko keskikonsolin ala- tai yläosaan. Vaikka näytön sijainnilla ei tutkimuksessa ei havaittu suurta merkitystä ajosuoritukseen, oli kuljettajien lateraalinen hallinta hieman heikompaa, jos kosketusnäyttö sijaitsi keskikonsolin alaosassa, yläosan sijaan. Toisin sanoen koehenkilöt eivät pysyneet niin hyvin kaistojen keskellä, jos kosketusnäyttö sijaitsi alempana (Hagiwara, Sakakima, Hashimoto & Kawai, 2013).

Koska kosketusnäyttöpaneelit ovat kaikissa niitä hyödyntävissä laitteissa pääosin suorakulmion muotoisia, on autonvalmistajien niiden sijainnin lisäksi valittava, asetetaanko näyttö pystyyn vai vaakatasoon. Lasch & Kujala (2012) tutkimuksen yhtenä osuutena vertailtiin näytön orientaation vaikutusta ajosuoritukseen. Tutkimuksessa ei havaittu merkittävää eroa pystyyn ja vaakaan asetetun näytön välillä, kun tarkasteltiin niiden vaikutusta kuljettajan keskittymiseen. Molemmissa asettelutavoissa keskiarvoisen näyttöön vilkaisun aika oli kaikilla tutkituilla ohjaustavoilla alle kaksi sekuntia, joka on hyväksyttävä aika NHTSA:n antamien suositusten mukaan. Tutkimuksessa kuitenkin havaittiin, että ne koehenkilöt, jotka käyttivät pystyyn asetettua näyttöä, kokivat painikkeet miellyttävämmäksi tavaksi navigoida kosketusnäytön valikoissa, kun taas ne, joilla näyttö oli vaakatasossa, kokivat pyyhkäisyn paremmaksi tavaksi navigoida valikoiden välillä. Tulokseen saattaa kuitenkin vaikuttaa se, että vaakatasoon asetettua näyttöä testanneista koehenkilöistä suurimmalla osalla oli kosketusnäyttöä käyttävä älypuhelin, kun taas pystynäyttöä testanneesta ryhmästä vain yhdellä kolmasosalla oli sellainen (Lasch & Kujala, 2012). Kosketusnäytön koolla on hyvin pieni merkitys kuljettajan ajosuoritukseen, joskin suurempi näyttö näyttäisi vähentävän kuljettajan tekemien vilkaisujen määrää siihen, sekä vähentävän vilkaisuihin käytettyä aikaa jonkin verran (Grahn & Kujala, 2020).

3.4 Valikkonavigointi

Kosketusnäyttöjen turvallisuutta tarkasteltaessa tärkein osa-alue, joka vaikuttaa niiden käytettävyyteen on niiden käyttöliittymän suunnittelu. Tähän lukeutuu muun muassa valikkojen rakenne, valikoissa liikkuminen, painikkeiden koko ja kuinka erilaisten listojen selaaminen on toteutettu. Erilaisia vaihtoehtoja käyttöliittymän suunnittelussa on lukemattomia ja jokaisen autonvalmistajan toteutus on omanlaisensa. Tässä kappaleessa vertaillaan edellä mainittuja suunnitteluelementtejä niiden turvallisuuden kannalta, pohjautuen aiempaan tutkimukseen.

Kujala (2013) tutkimuksessa vertailtiin erilaisia tapoja selata listoja autoa ajaessa hyödyntäen kosketusnäyttöä. Tutkimukseen osallistuneet ajoivat tutkimusta varten kootussa ajosimulaattorissa, ja kosketusnäyttönä toimi 3,5 tuuman kokoinen älypuhelin. Tutkimuksen tavoitteena oli vertailla kolmea eri tapaa navigoida listarakenteessa käyttäen kosketusnäyttöä. Eri vaihtoehdot olivat kineettinen rullaus, jossa lista liikkuu ns. vapaasti rullaavasti,

pyyhkäisyruullaus, jossa näyttöä pyyhkäisemällä lista liikkuu eteenpäin sen verran kuin näyttöön mahtuu uusia kohteita ja painikkeeseen perustuva ruullaus, joka toimii samalla tavoin kuin pyyhkäisy, mutta painamalla nuolinäppäintä. Näitä kolmea tapaa vertailtaessa kriteereinä käytettiin muun muassa kuinka pitkään osallistujien vilkaisut näyttöön kestivät, miten hyvin he säilyttivät nopeutensa, kuinka helpoksi he kokivat tehtävän eri navigointitavoilla ja miten hyvin he pysyivät ajokaistalla. Tuloksista kävi ilmi, että kineettinen valikkonavigointi lisäsi osallistujien visuaalista takkaa eniten ja lisäsi yli 1.6 sekuntia kestäneiden vilkaisujen määrää kaikista eniten. Se myös lisäsi kaistalta poistumisten määrää paljon enemmän kuin muut vaihtoehdot. Painikkeen käyttö listan rullaamisessa todettiin paremmaksi vaihtoehdoksi kuin kineettinen ruullaus, mutta sillä oli silti melko suuri vaikutus kuljettajan ajosuoritukseen. Kujalan mukaan tämä saattaa johtua kokeessa käytetyn näytön pienestä koosta, ja suuremmalla näytön ja painikkeen koolla tulos voisi olla toinen. Pyyhkäisyllä tapahtuva ruullaus todettiin tutkimuksessa parhaaksi tavaksi navigoida listavalikkoa. Tätä tapaa käyttäessä osallistujien näytön katsomiseen käytetty aika oli huomattavasti pienempi, kuin kahdella muulla tavalla. Myös ajosuoritukset olivat pyyhkäisyä käytettäessä parempia kuin muilla navigointitavoilla. Syyksi tähän Kujala arvioi sen, että pyyhkäisynavigoinnin vaatima tarkkuus on verrattain pieni, sillä kuljettajan ei tarvitse osua sormellaan yhteen tiettyyn kohtaan näytössä, eikä seurata tarkkaan valikon rullaamista kuten kineettisessä navigoinnissa. Myös tutkimukseen osallistuneet arvoivat pyyhkäisynavigoinnin kaikista helpokäyttöisimmäksi tavaksi selata listoja (Kujala, 2013).

Kujala & Saariluoma (2011) tutkimuksessa vertailtiin tapoja esittää kohteita kosketusnäytöllä. Vertailun kohteena oli ruudukko ja lista tyyppiset informaation esitysmuodot. Tutkimuksessa tehtyjen havaintojen perusteella listan muodossa esitettävä informaatio on ajosuorituksen kannalta parempi ratkaisu. Esimerkiksi mutkissa ajettaessa kuljettajan yli kaksi sekuntia kestävät vilkaisut näyttöön lisääntyivät, kun käytössä oli ruudukkoa käyttävä esitystapa. Tutkimus myös esittää, että ruudukkoa hyödynnettäessä näytöllä ei saisi olla enempää kuin kuusi elementtiä, jotta niillä ei ole häiritsevää vaikutusta. Listamuodossa sen sijaan voisi olla jopa yhdeksän elementtiä (Kujala & Saariluoma, 2011). Myös muut tutkimukset tukevat edellä esitettyjä havaintoja. Feng, Yili & Chen (2018) tutkimus tarkasteli valikkoelementtien määrän ja niiden koon vaikutusta kuljettajan toimintaan. Painikkeiden koolla ei havaittu olevan vaikutusta näyttöön tehtyjen vilkaisujen määrään tai pituuteen. Sen sijaan valikkoelementtien määrän kasvaessa kuljettajan vilkaisut näyttöön lisääntyvät, ja niiden kestot pitenivät (Feng, Yili & Chen, 2018).

Burnett, Lawson, Donkor & Kuriyagawa (2013) tutkimuksessa vertailtiin erilaisia tapoja esittää informaatiota kosketusnäytöllä. Vertailun kohteena olivat niin kutsutut "leveä" ja "syvä" valikkorakenne. Leveässä rakenteessa yhdessä näkymässä esitetään paljon tietoa. Siinä voi esimerkiksi olla 16 valikkoelementtiä yhdessä näkymässä, ja olla vaikkapa kolme näkymää syvä. Tässä tapauksessa kyseessä on 16x3 rakenne. Syvässä rakenteessa taas on

vähemmän elementtejä yhdessä näkymässä, mutta siinä on enemmän tasoja. Syvä rakenne voi olla esimerkiksi 4x6 valikkorakenne. Tutkimuksessa kävi ilmi, että leveä rakenne toimii tehokkaammin, kuin syvä rakenne jos kuljettaja osaa jo ennakkoon arvioida suunnilleen oikean painikkeen sijainnin. Tällainen tapaus on vaikkapa aakkosjärjestyksessä oleva lista, josta voi nopeasti havaita halutun elementin. Jos elementit taas ovat sekalaisia, eikä oikean kohdan sijaintia voi ennakkoon arvioida, pitää valikkorakenteen olla syvempi, jotta vältetään liika visuaalinen kuormitus, ja valikkonavigointi jakautuu selkeämmin osiin (Burnett, Lawson, Donkor & Kuriyagawa, 2013).

3.5 Kokeutuspaneelit ja valintarullat

Kosketuspaneelit ja valintarullat ovat tyypillisin vaihtoehtoinen käyttöjärjestelmän ohjaustapa tänä päivänä. Näyttöjen määrän lisääntyessä autojen ohjaamoissa, niitä kaikkia on yhä vaikeampi suunnitella kuljettajan käden ulottuville. Tähän ratkaisuna on useasti jonkinlainen kosketuspaneeli (Sheik-Nainar, Huber, Bose & Matic, 2016). Tässä kappaleessa vertaillaan erilaisia kosketuspaneelin tai valintarullan toteutuksia, ja tarkastellaan niiden vaikutusta turvallisuuteen.

Burnett, Lawson, Millen & Pickering (2011) tutkimuksessa vertailtiin kolmea eri tapaa käyttää auton käyttöjärjestelmää. Vertailun kohteina oli kosketusnäyttö, kosketuspaneeli ja valintarulla. Tehtävinä tutkimukseen osallistuneilla oli esimerkiksi muuttaa puhaltimen nopeutta ja kirjoittaa puhelinnumero. Tutkimuksen tuloksista kävi ilmi, että valintarulla oli selkeästi heikoiten suoriutuva ohjaustapa, sekä osallistuneiden arvioiden mukaan, että tehtyjen havaintojen perusteella. Tätä ohjaustapaa käytettäessä osallistujien nopeus muuttui simulaattorissa eniten, ja kaistalta poistumisten määrä oli huomattavasti suurempi, kuin kahdella muulla ohjaustavalla. Tutkimus arvelee, että tämä johtuu tarpeesta seurata näytöllä olevaa ”korostinta”, joka näyttää millä kohdalla valitsin on. Esimerkiksi numeroa näppäiltäessä kuljettajan täytyy jatkuvasti seurata, missä korostin liikkuu.

Kaksi muuta ohjaustapaa olivat paljon lähempänä toisiaan, mitä tulee niiden käyttömukavuuteen ja turvallisuuteen. Kosketusnäyttö ja kosketuspaneeli suoriutuivat tutkimuksen seitsemästä eri tehtävästä keskiarvoisesti hyvin samankaltaisesti, eikä niiden välillä ollut turvallisuuden kannalta merkittävää eroa. Tuloksissa kuitenkin havaittiin, että eri tehtävät soveltuvat paremmin eri ohjaustyyyleille. Yksinkertaisen tehtävät, joissa kuljettajan tarvitsee painaa vain yhtä painiketta, ovat paremmin kosketusnäytölle soveltuvia. Sen sijaan pidemmät tehtävät, joissa kuljettaja joutuu navigoimaan useiden valikoiden läpi, sujuivat paremmin kosketuspaneelia käyttäen. Tämän lisäksi havaittiin, että kosketuspaneelia käytettäessä osallistujien näyttöön tekemien vilkaisujen määrä oli 20 prosenttia vähemmän, kuin kosketusnäyttöä käytettäessä. Tutkimus ehdottaakin, että järjestelmä, joka käyttää sekä kosketuspaneelia, että kosketusnäyttöä, olisi

mielenkiintoinen aihe jatkotutkimusta varten (Burnett, Lawson, Millen & Pickering, 2011).

Kosketuspaneelin toteuttamisessa on myös erilaisia vaihtoehtoja. Sen sijaan, että paneelin avulla valikoissa navigointi tapahtuisi ainoastaan visuaalisen palautteen avulla, on useissa kosketuspaneelin toteutuksessa käytössä myös haptinen palaute. Blattner, Bengler, Hamberger & Schnieder (2012) tutkimuksessa vertailtiin kahta erilaista tapaa toteuttaa haptinen palaute. Vertailtavat toteutustavat olivat niin sanottu oikea haptinen palaute, ja simuloitu haptinen palaute. Oikealla haptisella palautteella tarkoitetaan valikkopainikkeiden simulointia Braille kirjoituksen tapaisilla fyysisillä nastoilla, jotka reagoivat käyttäjän toimiin. Simuloidulla haptisella palautteella tarkoitetaan kosketuspaneelin värisyttämistä eri kohdista, tarkoituksena simuloida valikkojen kanssa vuorovaikuttamista. Tutkimuksessa todettiin, että oikeaa haptista palautetta käyttämällä valikoissa navigoiminen oli nopeampaa, ja kuljettajan katse oli selkeästi vähemmän aikaa pois tiestä, sekä yksittäisten vilkaisujen, että kokonaisajan suhteen. Ero koehenkilöiden ajosuorituksessa ei kuitenkaan ollut eri kosketuspaneeleita käyttäessä tarpeeksi suuri, jotta siitä voitaisiin tehdä varmoja johtopäätöksiä, mitä tulee turvallisuuteen (Blattner, Bengler, Hamberger & Schnieder, 2012).

3.6 Ääni ja elekomennot

Ääni ja elekomentoja sisältävät käyttöliittymät ovat yleistyneet lähivuosina huomattavasti, ja lähes jokaisesta uudesta automallista löytyy ainakin jonkintasoinen ääniohjaus. Haasteina näissä ohjaustavoissa on lisääntyneet kustannukset, sekä ääniohjauksen tapauksessa tarve lokalisaatiolle, joka sekin osaltaan vaikuttaa kustannuksiin. Angelini, Baumgartner, Carrino.F, Carrino.S, Caon, Khaled, Sauer, Lalanne, Mugellini & Sonderegger (2016) tutkimuksessa vertailtiin kolmea eri tapaa ohjata auton käyttöliittymää. Vertailussa ohjaustapoina oli kosketusnäyttö, äänikomennot ja rattia hyödyntävät elekomennot. Tutkimuksessa kaikki kolme ohjaustapaa todettiin käytettävyydeltään melko tasavertaisiksi. Ääniohjaus oli joissakin tilanteissa tehokkain ohjaustapa, kun taas kosketusnäyttö toimi paremmin esimerkiksi tilanteissa, joissa samaa painiketta täytyi painaa useasti. Eri ohjaustapojen välillä ei ollut tutkimuksessa merkittävää eroa, mitä tulee ajosuoritukseen, joskin ääni ja elekomentoja käytettäessä kuljettajan katse pysyi enemmän tiessä verrattuna kosketusnäyttöön. Tutkijat ehdottavat, että jatkotutkimuksen aiheena voisi olla sellaisen käyttöjärjestelmän tarkastelu, jossa kaikki edellä esitellyt ohjausmenot ovat käytettävissä (Angelini, Baumgartner, Carrino.F, Carrino.S, Caon, Khaled, Sauer, Lalanne, Mugellini & Sonderegger, 2016).

Maciej & Vollrath (2009) tutkimuksessa vertailtiin kosketusnäytön ja ääniohjauksen vaikutusta kuljettajan keskittymiseen eri ajotilanteissa. Ääniohjaus suoriutui kaikista tehtävistä paremmin, lukuun ottamatta kiinnostavan paikan etsimistä navigointijärjestelmästä. Tutkijoiden mukaan

tämä johtuu luultavasti siitä, että kyseinen tehtävä vaati useita vilkaisuja näyttöön (Maciej & Vollrath, 2009). Edellä mainitun tutkimuksen rajoitteena on, että siinä otettiin huomioon pelkästään kuljettajan keskittyminen ja katseen suuntaus, eikä tehtäviin käytettyä aikaa, joka on ääniohjauksen tapauksessa yleensä kosketusnäyttöä suurempi. Vaikka kuljettajan katse pysyy paremmin tiessä, on kuljettajan keskittyminen ääniohjausta käytettäessä pitempään tehtävässä. Tällä saattaa olla vaikutusta tehtävän kokonaisvaikutukseen keskittymiselle.

May, Keenan & Walker (2014) tutkimuksessa tarkasteltiin elekomentojen soveltuvuutta käytettäväksi auton viihdejärjestelmän ohjaukseen. Eleohjausta verrattiin kosketusnäyttöpohjaiseen ratkaisuun. Elekomentojen osalta mukana oli järjestelmä, joka käytti myös äänielementtejä tukemaan eleillä tapahtuvaa ohjausta. Äänielementteinä oli tässä tapauksessa puhepalautetta sekä erilaisia merkkiääniä. Lisäksi mukana oli järjestelmä, jota ohjattiin pelkästään eleillä ilman äänielementtiä. Tuloksista käy ilmi, että molemmat eleohjausjärjestelmät suoriutuvat tehtävistä NTHSA:n suositusten rajoissa. Äänielementtejä käyttävä vaihtoehto oli kuitenkin selkeästi pelkkää eleohjausta parempi, ja kuljettajat pystyivät rytmittämään järjestelmän käyttöä paremmin. Molemmat elettä hyödyntävät ohjausmenot todettiin kuitenkin vaikeammiksi käyttää, kuin pelkkä kosketusnäyttö (May, Keenan & Walker, 2014). Nämä tulokset viittaavat siihen, että elekomentot eivät sovellu nykyisellään pääasialliseksi käyttöjärjestelmän ohjaustavaksi, vaan ne toimivat paremmin avustavana ohjausmetodina.

4 HYVÄT KÄYTTÖLIITTYMÄRATKAISUT TURVALLISUUDEN KANNALTA

Tässä luvussa tarkastellaan edellisessä luvussa käsiteltyjen tutkimusten ja niissä tehtyjen havaintojen perusteella, mitkä henkilöauton käyttöliittymän ohjaamiseen käytetyt teknologiat ovat liikenneturvallisuuden kannalta hyviä. Kuten useissa tässä tekstissä tarkastelussa olleissa tutkimuksissa, eri ohjaustapojen paremmuuteen vaikuttaa sekä niiden vaikutus kuljettajan ajosuoritukseen, että niiden helppokäyttöisyys. Helppokäyttöisyydellä tarkoitetaan tässä yhteydessä aikaa, joka kuljettajalta kuluu keskimäärin eri tehtävien, kuten radiokanavan valitsemiseen tai navigoinnin määränpään asettamiseen. Tämä on merkittävä mittari käyttöjärjestelmän turvallisuutta tarkastellessa, sillä mitä pidemmän ajan kuljettaja käyttää järjestelmän käyttämiseen, sitä pidemmän aikaa huomio suuntautuu muualle, kuin liikenteeseen (Chen, Xue, & Jiang, 2019). Tämä korostuu etenkin jonkinlaista näyttöä hyödyntävissä ratkaisuisissa, sillä ne vaativat käytettäessä katseen siirtämistä pois tiestä.

4.1 Kosketusnäyttö

Kosketusnäyttö on syystäkin vallitseva trendi autojen käyttöjärjestelmien ohjaustapana. Se on käytännöllinen ja kompakti keino päästä käsiksi suuren määrään informaatiota ja asetuksia. Lisäksi kosketusnäytön käyttö on helppo sisäistää, sillä sormella kohteiden valinta on hyvin universaali ohjaustapa, joka on tuttu myös älypuhelimista (Heikkinen ym., 2013). Kosketusnäytön käyttämiseen liittyy kuitenkin haasteita, jotka liittyvät pääosin kuljettajan tarpeeseen siirtää katseensa tiestä käyttäökseen auton toimintoja. Näitä ongelmia pystytään kuitenkin lieventämään käyttämällä oikeanlaisia suunnitteluratkaisuja, käyttöliittymän suhteen. Itse näytön tulisi olla reaktiivinen ja tarkka, jotta virhepainallukset ja rekisteröitymättömät kosketukset jäisivät minimiin. Tästä syystä näytön tulisi käyttää paneelina

kapasitiivista tai infrapuna hyödyntävää teknologiaa (Pitts ym., 2015). Näytön tulisi myös olla riittävän suuri, että kaikki painikkeet ovat helposti luettavissa, eikä virhepainalluksia tule liikaa.

Suurin vaikutus kosketusnäytön käytön turvallisuuteen on valikkojen suunnittelu, ja oikeanlaisten ratkaisujen hyödyntäminen oikeissa tilanteissa. Yleisesti ottaen käyttöliittymissä esitetyn tiedon näyttämässä tulisi suosia listan muodossa olevia rakenteita, joita selataan pyyhkäisemällä niin sanotusti sivu kerrallaan eteenpäin, vapaasti rullaavan listan sijaan (Kujala, 2013). Kosketusnäytöllä olevien elementtien määrä voi olla autoissa melko suuri, sillä kuljettaja oppii muistamaan eri toimintoja ohjaavien painikkeiden sijainnin. Näin ollen niiden käyttäminen sujuu nopeammin, ja turhaan valikkojen selausta tulisikin järjestelmien suunnittelussa välttää. Poikkeuksena tähän on uuden, kuljettajalle tuntemattoman informaation esittäminen, jota voi tapahtua esimerkiksi navigoinnin yhteydessä. Tässä tapauksessa ruudulla olevien elementtien määrää tulisi rajata, ja hyödyntää syvempää valikkorakennetta, jota visuaalinen kuormitus ei kasva liian suureksi (Burnett ym., 2013). Kaikista useimmin käytettyjä ominaisuuksia kuten ilmastointia varten tulisi hyödyntää joko perinteisiä fyysisiä painikkeita, tai vaihtoehtoisesti koko ajan kosketusnäytöllä näkyvissä olevia painikkeita. Näin vältetään turha valikkojen selaaminen ominaisuuksille, joita tarvitaan hyvin tiheästi. Edellä käsitellyjä hyviä suunnitteluratkaisuja on koottu alla olevaan taulukkoon (taulukko 1).

Kosketusnäytön turvallisuutta voisi edelleen lisätä, jos sitä voisi näytön koskettamisen lisäksi ohjata myös kosketuspaneelia hyödyntäen. Paneeli toimii paremmin tietyissä tilanteissa, kuten tapauksissa, joissa halutun asian suorittamiseen tarvitaan useita painalluksia, ja eri ikkunoiden välillä navigointia (Burnett ym., 2011).

TAULUKKO 1 Suositellut kosketusnäytön suunnitteluratkaisut (Pitts ym., 2015; Kujala, 2013; Burnett ym., 2013)

Suunnitteluelementti	Ehdotettu ratkaisu
Näyttöteknologia	Kapasitiivinen/infrapuna
Informaation esittäminen	Listarakenteet
Listan selaustapa	Pyyhkäisyruullaus
Valikkorakenteen syvyys	Mahdollisimman leveä riippuen tehtävästä

4.2 Ääniohjaus

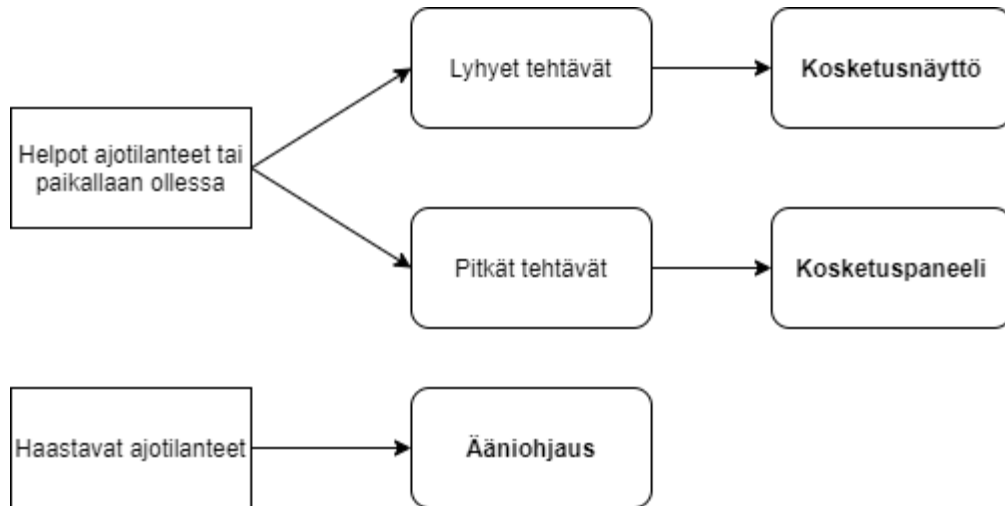
Käsiteltyjen tutkimusten perusteella ääniohjaus on todella tärkeä, ellei jopa välttämätön osa turvallista auton käyttöjärjestelmää (Angelini ym., 2016), (Maciej ym., 2009). Sen suurena etuna kosketusnäyttöön tai -paneeliin, on huomattavasti vähentynyt tarve siirtää katsetta pois tiestä. Tämä vaatii

kuitenkin jonkinlaisen audiopalautteen yhdistämisen järjestelmän käyttöön, jotta kuljettaja tietää käskyn menneen perille, ilman että hän joutuu katsomaan auton näyttöä. Joissakin tilanteissa ääniohjaus on jopa nopeampi, kuin muu ohjaustavat. Tällainen tilanne voi olla esimerkiksi päämäärän asettaminen navigoinnissa, jolloin kohteen ääneen sanominen voi olla nopeampaa kuin sen manuaalinen asettaminen. Ääniohjaus ei kuitenkaan tällä hetkellä sovellu auton käyttöjärjestelmän pääasialliseksi ohjaustavaksi. Auton perustoimintojen säätö, kuten ilmastoinnin säätäminen tai radiokanavan asettaminen ovat huomattavasti nopeampia tehdä käyttäen esimerkiksi painikkeita tai kosketusnäyttöä (Angelini ym., 2016). Lisäksi nykyisellään ääniohjaus ei toimi tarpeeksi luotettavasti, jotta se voisi olla pääasiallinen ohjausmetodi. Haasteina ovat edelleen lokalisatio, ja puheen luotettava tunnistus (Parada-Loira ym., 2014). Ongelmiin lukeutuvat pienet kielialueet ja murteet. Tästä huolimatta ääniohjaus on todella tärkeä olla mukana toissijaisena ohjaustapana, johtuen sen suurista turvallisuutta parantavista ominaisuuksista tietyissä tilanteissa.

4.3 Ehdotettu käyttöjärjestelmä

Kuten jo edellisissä kappaleissa on tullut ilmi, sisältää turvallinen käyttöliittymä monia erilaisia ohjaustapoja. Eri ohjaustavat sopivat eri tavalla eri tilanteisiin, eikä tällä hetkellä ole vain yhtä parasta ratkaisua. Ehdotetussa käyttöjärjestelmässä pääasiallinen ohjaus tapahtuu kosketusnäytön kautta, jonka valikkorakenteet ja ohjaustavat on toteutettu edellä esitellyillä, mahdollisimman turvallisilla tavoilla. Kosketusnäytön lisäksi järjestelmää pystyy käyttämään myös kosketuspaneelia sekä ääniohjausta hyödyntäen. Näin ollen kuljettaja pystyy valitsemaan kulloinkin tilanteeseen ja kyseiseen tehtävään parhaiten soveltuvan ohjaustavan (ks. kuvio 1). Teoriassa tämä tarkoittaisi, että kuljettajan keskittyminen pysyisi mahdollisimman suurena, ilman että sillä olisi negatiivista vaikutusta järjestelmän käyttökokemukseen.

Tulosten perusteella Daimler-konsernin Mercedes-Benz autoissaan käyttämä MBUX-käyttöjärjestelmä on hyvä esimerkki turvallisesta ja monella eri tapaa ohjattavissa olevasta käyttöliittymästä. MBUX:ää voi ohjata käyttäen joko kosketusnäyttöä tai kuljettajan ja matkustajan väliin sijoitettua kosketuspaneelia. Järjestelmän valikkosuunnittelussa on otettu huomioon turvallisuus, ja se hyödyntää pääosin tässäkin tekstissä esiteltyjä hyviä suunnitteluratkaisuja. Näytön ja paneelin lisäksi järjestelmää voi ohjata myös äänellä, joskin Suomen kieli ei ole saatavissa. Myös ratissa on kaksi peukaloilla ohjattavaa kosketuspainiketta, joista vasemmalla voi vaikuttaa digitaaliseen mittaristoon ja oikeaa voi käyttää käyttöliittymän ohjaukseen samalla tavoin kuin kosketuspaneelia (Mercedes-Benz, 2021). Kaiken kaikkiaan järjestelmä on siis hyvin monipuolinen ja eri tilanteisiin sopivia ohjaustapoja on useita.



KUVIO 1 Eri tilanteisiin sopivat ohjaustavat (Kujala, 2013; Burnett ym., 2013; Burnett ym., 2011; Angelini ym., 2016; Maciej ym., 2009; Parada-Loira ym., 2014)

5 YHTEENVETO

Tässä tutkielmassa tarkasteltiin autojen käyttöjärjestelmiä ja niiden ohjaustapoja turvallisuuden näkökulmasta. Tavoitteena oli tutkia aikeisempia tutkimuksia hyödyntäen erilaisten suunnitteluratkaisujen vaikutusta turvallisuuteen. Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen: "Miten eri käyttöjärjestelmäratkaisut vaikuttavat turvallisuuteen ja ajosuoritukseen?", vastattiin tutkielman toisessa luvussa, jossa vertailtiin useita erilaisia ohjaustapoja ja suunnitteluratkaisuja. Tämän jälkeen toisessa luvussa esiteltyjen tulosten pohjalta vastattiin toiseen tutkimuskysymykseen: "Mitkä käyttöjärjestelmäratkaisut ovat hyviä turvallisuuden kannalta?". Tuloksista kävi ilmi, että tällä hetkellä ei ole vain yhtä parasta ratkaisua auton käyttöliittymän ohjaukseen, vaan turvallisuuden kannalta paras ratkaisu on käyttää useita erilaisia ohjausmetodeja, sillä eri ratkaisut suoriutuvat eri tavalla eri ajotilanteissa ja tehtävissä. Lisäksi tuloksissa esiteltiin käyttöliittymän valikkorakenteeseen ja ohjaukseen liittyviä suosituksia parhaista suunnitteluratkaisuista.

Tämän tutkielman rajoituksiin lukeutuu heijastusnäytön käsittelemättä jättäminen, ja sen vaikutuksen arviointi turvallisuuteen. Heijastusnäyttö on varsin uusi teknologia, jossa auton tuulilasiin heijastetaan informaatiota kuten nopeus ja sillä hetkellä voimassa oleva nopeusrajoitus. Tällä pyritään vähentämään mittaristoon kohdistuneita vilkaisuja.

Jatkotutkimuksen aiheita voisi olla tässä tekstissä tehtyjen havaintojen perusteella esimerkiksi se, kuinka useat eri ohjaustavat suoriutuvat käytännössä, kun niitä verrataan järjestelmään, jota ohjataan vain yhdellä tavalla. Erilaisten järjestelmien vertailusta keskenään on tehty huomattava määrä tutkimusta, mutta järjestelmästä, jossa on monta ohjaustapaa, ei ole juurikaan tutkimustietoa. Tämä on mahdollinen aukko tietämyksessä, mitä tulee autojen käyttöjärjestelmätutkimukseen. Lisäksi jatkotutkimusta vaatisi se, kuinka tehokkaasti kuljettajat osaavat hyödyntää eri ohjausmetodeja eri tilanteissa, ja käytetäänkö kaikkia tarjolla olevia ohjaustapoja käytännön tilanteissa.

- González, I., Wobbrock, J., Chau, D., Faulring, A., & Myers, B. (2007). Eyes on the road, hands on the wheel, *Proceedings of Graphics Interface 2007* (95-102).
- Grahn, H., & Kujala, T. (2020). Impacts of touch screen size, user interface design, and subtask boundaries on in-car task's visual demand and driver distraction. *International Journal of Human-Computer Studies*, 142, 102467.
- Hagiwara, T., Sakakima, R., Hashimoto, T., & Kawai, T. (2013). Effect of distraction on driving performance using touch screen while driving on test track, *2013 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)* (1149-1154).
- Heikkinen, J., Mäkinen, E., Lylykangas, J., Pakkanen, T., Väänänen-Vainio-Mattila, K., & Raisamo, R. (2013). Mobile devices as infotainment user interfaces in the car, *Proceedings of the 15th international conference on human-computer interaction with mobile devices and services* (137-146).
- Kujala, T. (2013). Browsing the information highway while driving: Three in-vehicle touch screen scrolling methods and driver distraction : *Automotive UI. Personal and Ubiquitous Computing*, 17(5), 815-823.
- Kujala, T., & Saariluoma, P. (2011). Effects of menu structure and touch screen scrolling style on the variability of glance durations during in-vehicle visual search tasks. *Ergonomics*, 54(8), 716-732.
- Lasch, A., & Kujala, T. (2012). Designing browsing for in-car music player, *Proceedings of the 4th International Conference on automotive user interfaces and interactive vehicular applications* (41-48).
- Liang, Y., Lee, J. D., & Yekhshatyan, L. (2012). How dangerous is looking away from the road? algorithms predict crash risk from glance patterns in naturalistic driving. *Human Factors*, 54(6).
- Maciej, J., & Vollrath, M. (2009). Comparison of manual vs. speech-based interaction with in-vehicle information systems. *Accident Analysis and Prevention*, 41(5), 924-930.
- May, K., Gable, T., & Walker, B. (2014). A multimodal air gesture interface for in vehicle menu navigation, *Adjunct Proceedings of the 6th International Conference on automotive user interfaces and interactive vehicular applications* (1-6).
- Mayer, S., Le, H., Nesti, A., Henze, N., Bülthoff, H., & Chuang, L. (2018). The effect of road bumps on touch interaction in cars, *Proceedings of the 10th International Conference on automotive user interfaces and interactive vehicular applications* (85-93).
- Mercedes-Benz. Haettu 10.8.2021 osoitteesta <https://www.mercedes-benz.fi/?group=all&subgroup=see-all&view=BODYTYPE>
- National Highway Traffic Safety Administration, 2013. Visual-Manual NHTSA Driver Distraction Guidelines for In-Vehicle Electronic Devices (NHTSA-2010-0053).

- Parada-Loira, F., Gonzalez-Agulla, E. & Alba-Castro, J. L. (2014). Hand gestures to control infotainment equipment in cars. (s. 1-6) *IEEE*.
- Pfleging, B., Schneegass, S., & Schmidt, A. (Oct 17, 2012). Multimodal interaction in the car, *Proceedings of the 4th International Conference on automotive user interfaces and interactive vehicular applications* (155-162).
- Pitts, M., Skrypchuk, L., Attridge, A., & Williams, M. (Sep 17, 2014). Comparing the user experience of touchscreen technologies in an automotive application, *Proceedings of the 6th International Conference on automotive user interfaces and interactive vehicular applications* (1-8).
- Sheik-Nainar, M., Huber, J., Bose, R., & Matic, N. (May 7, 2016). Force-enabled TouchPad in cars, *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on human factors in computing systems* (2697-2704).
- Swette, R., May, K., Gable, T., & Walker, B. (Oct 28, 2013). Comparing three novel multimodal touch interfaces for infotainment menus, *Proceedings of the 5th International Conference on automotive user interfaces and interactive vehicular applications* (100-107).
- Tesla. Haettu 10.8.2021 osoitteesta https://www.tesla.com/fi_fi
- Udovicic, K., Jovanovic, N., & Bjelica, M. Z. (Sep 2015). In-vehicle infotainment system for android OS: User experience challenges and a proposal, *2015 IEEE 5th International Conference on Consumer Electronics - Berlin (ICCE-Berlin)* (150-152).