Automaattivaihteisen auton edut ikäkuljettajilla

Kokeellinen tutkimus

Esko Lehtonen
Isa Dahlström
Harri Hiltunen
Heikki Summala

Trafin julkaisuja
Trafi publikationer
Trafi publications

4/2010

TraFi

Trafin julkaisuja 4/2010

Automaattivaihteisen auton edut ikäkuljettajilla: kokeellinen tutkimus

Esko Lehtonen, Isa Dahlström, Harri Hiltunen, Heikki Summala

Liikennetutkimusyksikkö

Psykologian laitos

Helsingin yliopisto

Liikenteen turvallisuusvirasto
Trafiksäkerhetsverket
Helsinki Helsingfors 2010

ISSN-L 1799-0157
ISSN 1799-0157
ISBN 978-952-5893-04-5

ALKUSANAT

Liikenteen turvallisuusvirasto tilasi tutkimuksen Helsingin yliopiston psykologian laitoksen liikennetutkimusyksiköltä. Tutkimuksen ohjausryhmään kuuluivat tutkimusjohtaja Sami Mynttinen Liikenteen turvallisuusvirastosta (pj), tutkimuskoordinaattori Jouko Kunnas Liidea Oy:stä sekä professori Heikki Summala ja Esko Lehtonen Helsingin yliopistosta.

Tekijät kiittävät erityisesti Markus Mattssonia ja Matias Hirvosta avustamisesta järjestetyissä konfliktitilanteissa.

Tämä tutkimus hyväksyttiin Helsingin yliopiston käyttäytymistieteellisen tiedekunnan tutkimuseettisessä toimikunnassa.

Helsingissä, 19. maaliskuuta 2009

Sami Mynttinen

Tutkimusjohtaja

Liikenteen turvallisuusvirasto

FÖRORD

Trafiksäkerhetsverket beställde undersökningen av psykologiska institutionens trafikforskningsenhet vid Helsingfors universitet. I undersökningens styrgrupp ingick forskningschef Sami Mynttinen från Trafiksäkerhetsverket (ordf.), forskningskoordinator Jouko Kunnas från Liidea Oy samt professor Heikki Summala och Esko Lehtonen från Helsingfors universitet.

Undersökarna framför ett särskilt tack till Markus Mattson och Matias Hirvonen för assistansen i de arrangerade konfliktsituationerna.

Denna undersökning har godkänts av beteendevetenskapliga fakultetens forskningsetiska kommitté vid Helsingfors universitet.

Helsingfors den 19 mars 2010

Sami Mynttinen

Forskningschef

Trafiksäkerhetsverket (Trafi)

INTRODUCTION

This study was ordered by the Finnish Transport Safety Agency (Trafi) from the Traffic Research Unit of the Department of Psychology with the University of Helsinki. The steering group of the study comprised Sami Mynttinen, Director of Research from Trafi (chairman), Jouko Kunnas, Research Coordinator from Liidea Oy, and Esko Lehtonen and Professor Heikki Summala from the University of Helsinki.

The authors would like to extend special thanks to Markus Mattsson and Matias Hirvonen for assistance in the arranged conflict situations.

This study has been approved by the Research Ethics Committee of the Faculty of Behavioural Sciences of the University of Helsinki.

Helsinki, 19.03.10

Sami Mynttinen

Research Director

Finnish Transport Safety Agency (Trafi)

Sisällysluettelo
Index

Tiivistelmä

Sammanfattning

Abstract

1 Johdanto 1
1.1 Monitehtäväsuorituksen teoreettinen tausta 2
1.2 Tutkimuksen tavoite ja hypoteesit 3
2 Tutkimuksen rajaus ja menetelmät 5
2.1 Koehenkilöt 5
2.2 Arviointimenetelmät ja laitteisto 6
2.3 Koeasetelma 8
2.4 Tutkimuksen kulku 8
2.5 Tilastolliset menetelmät 10
3 Tulokset 11
3.1 Nopeus 12
3.2 Tarkkaavaisuus 15
3.3 Fysiologiset mitat 17
3.4 Lisätehtäväsuoritus 18
3.5 Järjestetyt konfliktitilanteet 19
3.6 Subjektiiviset arviot 20
3.7 Loppulomake 22
4 Johtopäätökset 26
5 Lähdeluettelo 29

TIIVISTELMÄ
- Automaattivaihteisen auton edut ikäkuljettajilla

Suomessa niin kuin Euroopassa yleisesti valtaosassa henkilöautokannasta on manuaalivaihteisto. Tämä poikkeaa suuresti esimerkiksi Yhdysvalloista, jossa automaatti-vaihteisto on käytännössä yksinomainen vaihtoehto. Automaattivaihteiston voidaan olettaa lisäävän turvallisuutta erityisesti ikääntyvillä kuljettajilla. Iän mukana monitehtäväsuoritus heikkenee, ja pitkälle automatisoidutkin toiminnat häiriintyvät yhä helpommin ja vaativat tietoista tarkkaavaisuutta, joka on poissa turvallisuuskriittisistä osatoiminnoista.

Tässä tutkimuksessa tavoitteena oli tuottaa empiirisesti arvio automaattivaihteiseen autoon siirtymisen aiheuttamista ongelmista oppimisvaiheessa ja automaattivaihteiston vaikutuksesta ikäkuljettajien ajosuoritukseen, tarkkaavaisuuteen, turvallisuuteen ja mukavuuteen.

Kaksikymmentä lehti-ilmoituksella rekrytoitua 62–74-vuotiasta koehenkilöä (10 miestä, 10 naista) ajoi tutkimusreitin normaalissa kaupunkiliikenteessä kerran manuaalivaihteisella ja kerran automaattivaihteisella — mutta muuten samanlaisella — autolla. Tutkimusreitti toistettiin toisena päivänä molemmilla autoilla. Jokainen koehenkilö ajoi siis yhteensä neljä kertaa.

Automaattiin siirtyminen ei tuottanut ongelmia aikaisemmin aktiivisesti manuaalivaihteisella autolla ajaneille ikäkuljettajille. Kuljettajat näyttävät tottuneen uuteen automaatti-vaihteiseen autoon jo muutaman tunnin ajon jälkeen. Vastoin odotuksia auton vaihteistotyyppi ei aiheuttanut olennaisia systemaattisia muutoksia kuljettajien ajotavoissa tai tarkkaavaisuuden suuntaamisessa. Myöskään heidän subjektiivisesti raportoimansa kuormitus eikä sydämen syke paljastanut olennaisia eroja autojen välillä. Kuitenkin järjestetyt konfliktitilanteet osoittivat, että kaasupoljinreaktio törmäyskurssilla lähestyvään jalankulkijaan, juoksijaan tai polkupyöräilijään oli automaattia ajettaessa nopeampi.

Ikäryhmittäin tehty tarkastelu viittaa siihen, että ikä vaikuttaa ajamisen kuormittavuuteen ylipäänsä. Vanhempi ikäryhmä (67–74 v.) arvioi molempien autojen vaativan enemmän keskittymistä ja tuottavan enemmän aikapainetta (kiireen tunnetta) kuin nuorempi (62–66 v.) ikäryhmä. Automaattivaihteinen auto saattaa sujuvoittaa iäkkäämpien kuljettajien ajamista, mihin viittaa heidän toisena päivänä käyttämänsä korkeammat ajonopeudet. Korkeammat ajonopeudet voivat kuitenkin kostautua turvallisuudessa.

Kokeelliseen tutkimukseen perustuvaa arviota automaattivaihteisen auton turvallisuuseduista (tai turvattomuudesta) ei kuitenkaan vielä tämän tutkimuksen perusteella pystytä muodostamaan. Voidaan kuitenkin todeta, että ikäkuljettajilla automaattivaihteiseen autoon siirtyminen vaikuttaa sujuvan varsin helposti ja turvallisesti ainakin kun tarjolla on käyttöönopastusta.

Nyt tehty tutkimus tarkasteli tähän asti jatkuvasti ajaneita ikäkuljettajia, joilla on vahva rutiini ajamiseen. Ikäkuljettajissa on kuitenkin paljon myös nuorena ajokortin hankkineita, mutta pitkään pääasiassa esimerkiksi aviopuolison kyydissä kulkeneita. Kyyditsijän kuoltua tai tultua ajokyvyttömiksi heillä olisi taas tarve alkaa ajaa. Automaattivaihteiston vaikutus heidän ajotaitojensa kertauksessa olisi mielenkiintoinen vertailukohta.

SAMMANFATTNING – Fördelarna med automatväxlade bilar för äldre förare

I Finland liksom allmänt i Europa är majoriteten av bilarna utrustade med manuell växellåda. Detta avviker i stor utsträckning från t.ex. läget i USA där automatväxel i praktiken är det enda alternativet. Man kan anta att automatväxeln ökar säkerheten särskilt för äldre förare. Med åldern försämras förmågan att utföra flera uppgifter samtidigt. Även funktioner som är mycket automatiserade blir allt mer störande, vilket kräver medveten uppmärksamhet som tas från säkerhetskritiska delfunktioner.

Målsättningen med denna undersökning var att utföra en empirisk bedömning av problemen under inlärningsskedet vid övergången till automatväxlad bil liksom även den automatiska växlingens effekter på äldre förares körprestation, uppmärksamhet, säkerhet och komfort.

Testpersoner i åldern 62–74 år (10 män, 10 kvinnor) rekryterades med hjälp av 20 tidningsannonser. Dessa personer körde en teststräcka i normal stadstrafik en gång med manuellt växlad och en gång med automatväxlad bil. Bilarna var förutom växellådan likadana. Teststräckan upprepades följande dag med båda bilarna. Varje testperson körde alltså sträckan fyra gånger.

Övergången till automatväxlad bil medförde inga problem för äldre förare som tidigare kört manuellt växlad bil aktivt. Redan efter några timmars körning verkar förarna ha blivit vana vid den nya automatväxlade bilen. I motsats till förväntningarna orsakade inte typen av växellåda i bilen påtagliga systematiska ändringar i förarnas körsätt eller inriktning av uppmärksamheten. Inga påtagliga skillnader mellan bilarna framkom i förarnas subjektiva rapportering av belastningen och inte heller i pulsfrekvensen. Arrangerade konfliktsituationer visade emellertid att gaspedalreaktionen var snabbare vid körning med automatväxlad bil när en gångtrafikant, joggare eller cyklist närmade sig i kollisionsriktning.
En granskning enligt åldersgrupp indikerar att åldern påverkar körningens belastning. Jämfört med den yngre åldersgruppen (62–66 år) bedömde den äldre åldersgruppen (67–74 år) att båda bilarna krävde mer koncentration och orsakade större tidspress (känsla av brådska). En automatväxlad bil kan ge en smidigare körning hos äldre förare vilket indikeras av en högre körhastighet under andra dagens körning. Högre hastigheter kan emellertid påverka säkerheten negativt.
Enligt en bedömning som bygger på experimentell forskning kan man dock inte bilda någon uppfattning om automatväxlade bilars säkerhetsfördelar (eller nackdelar) med denna undersökning som grund. Man kan emellertid konstatera att äldre förares övergång till automatväxlad bil verkar ske rätt lätt och säkert åtminstone när vägledning i användningen tillhandahålls.

Den utförda undersökningen studerade äldre förare som har kört bil kontinuerligt och har en gedigen körrutin. Bland de äldre förarna finns emellertid också ett stort antal förare som tagit körkort i sin ungdom, men i huvudsak varit passagerare t.ex. med maken som förare. När den som har kört avlider eller blir oförmögen att köra har de på nytt behov av att köra bil. En intressant jämförelse skulle vara att undersöka automatväxelns påverkan när dessa friskar upp sin körförmåga.

ABSTRACT – Benefits of automatic transmission for elderly drivers

In Finland – and generally in Europe – most passenger cars are equipped with manual transmission. In this respect, the car base differs drastically from such countries as the United States, where automatic transmission is practically the sole alternative. It can be assumed that automatic transmission enhances safety, particularly with elderly drivers. The ability to multitask deteriorates with age, and even highly automated functions are more easily disturbed and require conscious awareness, which, in turn, consumes the capacity allocated for functions critical in terms of safety.

The aim of this study was to come up with an empirically based evaluation on the problems emerging in the learning phase when transferring to drive a car with automatic transmission and on the impact of automatic transmission on the senior driver's driving performance, attentiveness, safety and comfort.

Twenty drivers aged 62 to 74 (10 men, 10 women), recruited through a newspaper advertisement, drove the test route during normal city traffic conditions, once using a car with manual transmission and once using a similar car with automatic transmission. The test drive was repeated with both cars on the next day. In total, every test subject completed four drives.

The senior drivers who had been actively driving cars with manual transmission had no problems when starting to drive a car with automatic transmission. They seemed quite accustomed with the automatic transmission after driving for only a few hours. Contrary to expectations, the transmission system of the car did not cause essential systematic changes in the drivers' driving style or attentiveness. Moreover, the mental burden, as reported subjectively, or the drivers' heart rate did not reveal any substantial changes between cars. However, in the pre-arranged conflict situations it became evident that the gas pedal reaction with regard to a pedestrian, runner or cyclist approaching at a collision course was faster in a car with automatic transmission.

Analysis by age group indicates that age in general correlates with the burden of driving. Drivers belonging to the older group (67–74 years) estimated that both cars required greater concentration and generated higher time-related pressure (feeling of being in a hurry) than the younger drivers (62–66 years). Having a car with automatic transmission may add fluency to the older drivers' driving; this was suggested by the fact that they drove at higher speeds on the second test day. However, the higher driving speed may have a reverse impact on safety.

It is impossible to form a comprehensive, empirically based assessment of the safety advantages (or disadvantages) of cars with automatic transmission on the basis of this study alone. It can, nevertheless, be stated that elderly drivers seem to adapt to driving automatic transmission quite easily and safely, at least when instruction is available.

This study dealt with senior drivers who have been driving continuously until this day and have solid driving routines. However, there are many elderly drivers who have acquired their driving licence at a younger age but have mainly

been travelling in cars driven by others, such as their spouses. Once the usual driver has died or become incapacitated to drive, these drivers have a need to start driving again. The impact of automatic transmission in the refreshing of their driving skills would form an interesting reference material.

1 Johdanto

Suomessa niin kuin Euroopassa yleisesti valtaosassa henkilöautokannasta on manuaalivaihteisto. Tämä poikkeaa suuresti esim. Yhdysvalloista, jossa automaattivaihteisto on käytännössä yksinomainen vaihtoehto. Tähän on historiallisia syitä — mm. paino ja suurempi polttoaineenkulutus aikaisemmilla automaattivaihteisilla autoilla – mutta nyt tilanne on muuttunut, ja markkinoilla on myös keskikokoisiin ja pieniinkin autoihin automaattivaihteistoja (usein automatisoituja mekaanisia vaihteistoja), jotka voivat olla jopa taloudellisempia kuin manuaalivaihteiset autot.

Automaattivaihteiston voidaan olettaa myös tuovan selvän turvallisuushyödyn erityisesti ikääntyville kuljettajille. Iän mukana monitehtäväsuoritus heikkenee, ja pitkälle automatisoidutkin toiminnat häiriintyvät yhä helpommin ja vaativat tietoista tarkkaavaisuutta, joka on poissa turvallisuuskriittisistä osatoiminnoista.

Kun yksi osatehtävä jää pois automaattivaihteiseen autoon siirryttäessä, voidaan olettaa saavutettavan selvä turvallisuusetu erityisesti kriittisissä tilanteissa. Automaattivaihteisto tekee ajamisesta myös helpompaa esimerkiksi pysäköitäessä ja mäkilähdöissä, mikä voi vähentää tarpeetonta jännitystä. Samalla tarkkaavaisuuteen vaikuttava stressi vähenee, mikä voi heijastua parempana ajomukavuutena ja turvallisuutena.

Automaattivaihteiston turvallisuusvaikutuksista on kuitenkin hyvin vähän tietoa. Automaatti- ja manuaalivaihteisen auton vertailu ei ole paljonkaan kiinnostanut siellä missä käytetään voittopuolisesti automaatteja eikä liioin siellä missä manuaalinen vaihteisto on hallitseva. Sekä teoreettisesti että käytännön turvallisuuden kannalta kysymys on kuitenkin tärkeä. Voidaanhan olettaa, että ajamaan opittaessa vaihteiden käyttö automatisoituu vähitellen vaatien vain vähän ja harvoin huomiota kokeneitten keski-ikäisten kuljettajien ajosuorituksessa, mutta vähitellen, iän alkaessa heikentää kognitiivista suorituskykyä, vaihtaminen alkaa vaatia yhä useammin tarkkaavaisuutta. Viimeaikaiset simulaattoritutkimukset tukevat ajatusta, että vaihtamisen aloittaminen tai sen valmistelu (reaktiona moottorin ääneen tai muuhun vihjeeseen) hidastaa reaktiota samanaikaiseen vaaraärsykkeeseen (Levy, Pashler & Boer 2006). Shinar, Meir ja Ben-Shoham (1998) pystyivät puolestaan osoittamaan, että vasta-alkajat havaitsevat heikommin liikennemerkkejä kaupunkiympäristössä, kun he ajavat omalla manuaalivaihteisella autolla verrattuna niihin, jotka ajavat omalla automaattivaiheisella autolla. Kokeneilla keski-ikäisillä kuljettajilla ei vastaava ero ollut tilastollisesti merkitsevä, ja lisäksi vasta-alkajat ja kokeneet erosivat merkitsevästi muiltakin osin.

Lisäksi on pidettävä mielessä, että vaikka vaihtaminen pitkälle automatisoituneena prosessina sujuisi hyvin normaalitilanteissa, saattaa se kuitenkin häiriintyä tai häiritä vaativissa liikennetilanteissa tai ylimääräisen kuormituksen alaisena (esimerkiksi puhuttaessa puhelimeen ajettaessa).

Tässä tutkimuksessa seurattiin kontrolloidussa asetelmassa, kuinka tähän päivään asti vain manuaalivaihteisella autolla aktiivisesti ajaneet ikäkuljettajat oppivat käyttämään automaattivaihteista autoa. Ohjatussa oppimisprosessissa seu-

rattiin, miten tarkkaavaisuus ja liikennetilanteiden hallinta muuttuvat verrattuna manuaalivaihteiseen autoon, ja miten kuljettajat itse arvioivat ajamistaan. Tutkimus suoritettiin normaalissa kaupunki- ja maantieliikenteessä.

Seuraavassa kappaleessa käsitellään automatisoitumisen ja monitehtäväsuorituksen psykologista taustaa. Teorian pohjalta esitetään tutkimuksen tavoitteet. Tämän jälkeen selostetaan tutkimuksen rajaus, menetelmät ja kulku, jonka jälkeen tulokset on raportoitu ytimekkäästi tieteellisen käytännön mukaan. Lopputuloksista ja suosituksista kiinnostunut lukija voi siirtyä suoraan lukemaan johtopäätöksiä ja halutessaan tarkentaa tietojaan edelle mainituista osioista.

1.1 Monitehtäväsuorituksen psykologinen tausta

Kognitiiviset ja motoriset prosessit jaetaan perinteisesti kontrolloituihin ja automaattisin (esimerkiksi Schneider & Shiffrin, 1977; Shiffrin & Schneider, 1977). Kontrolloitujen ja automaattisten prosessien piirteitä on vertailtu taulukossa 1.1.

Taulukko 1.1. Kontrolloitujen ja automaattisten prosessien piirteet mm. Schneiderin ja Shiffrinin (1977) mukaan.

Kontrolloitu	Automaattinen
• vaatii ponnistelua	• vaivaton
• hidas	• nopea
• suorituksessa hajontaa	• suorituksessa ei hajontaa
• kuormittaa työmuistia	• ei kuormita työmuistia
• ei siedä samanaikaisia tehtäviä	• ei häiritse muita tehtäviä
• muut tekijät häiritsevät	• ympäristö ei häiritse
• jatkuvassa kontrollissa	• käynnistyttyään ei helposti muutettavissa

Automatisoitumisen voi subjektiivisesti kokea, kun uusi asia tuntuu aluksi vaikealta oppia, vaivalloiselta ja vaihe vaiheelta suoritettavalta, mutta kokemuksen kerääntymisen myötä siitä tulee helppo, nopea ja luotettavasti suoritettava: hyvä esimerkiksi on juuri kaasun, kytkimen ja vaihteenvalitsimen oikea-aikaisen yhteispelin oppiminen manuaalivaihteisella autolla. Tämä näkyy muun maussa hitaampana vaihtamisena (Duncan, Williams, & Brown, 1991) ja ilmeisesti työmuistin kuormituksessa joka heijastuu liikennemerkkien havaitsemiseen (Shinar ym., 1998).

Automatisoitumisen voidaan ajatella perustuvan joko rinnakkaiseen prosessointiin, prosessoinnin yksiköiden kasvuun (ns. chunking) tai ajanjakamisen strategioiden kehittymiseen. Todennäköisesti kyse on näistä kaikista yhdessä. Kui-

tenkin on todennäköistä, että mikään toiminta ei automatisoidu täysin. Ajaessa on tyypillistä, että tehtäviä vuorotellaan otsalohkon kontrolloidessa kaikkea (Norman & Shallice, 1986).

Vaihtamista tutkittaessa on syytä huomata, että myös tilanne jossa vaihdetaan vaikuttaa. Groeger ja Clegg (1997) osoittivat, että alaspäin vaihtamisessa (kolmoselta kakkoselle) on vaihtamisen eri vaiheissa enemmän varianssia kuin ylöspäin vaihtamisessa (kakkoselta kolmoselle), josta he päättelivät että vaihtaminen ei ole automatisoitunut prosessi. Kuitenkin on huomattava, että alas ja ylös vaihtaminen ovat luonteeltaan erilaisia. Ylöspäin vaihtaessa — tyypillisesti nopeutta lisättäessä — on vähemmän aikaa, jos haluaa välttää auton nopeuden vähenemisen vaihtamisen aikana (Summala, 2000).

Iän myötä toiminta ylipäänsä hidastuu ja kyky monitehtäväsuoritukseen heikkenee (esim. Salthouse 2000). On myös osoitettu, että ajan jakaminen eri tehtävien välillä heikkenee iäkkäillä liikenteessäkin (Wikman & Summala 2005). Jopa tavallinen kävely häiriintyy kognitiivisesta kuormituksesta (Laessoe, Hoeck, Simonsen, & Voigt, 2008).

1.2 Tutkimuksen tavoite ja hypoteesit

Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa empiirisesti arvio automaattivaihteiseen autoon siirtymisen aiheuttamista ongelmista oppimisvaiheessa ja automaattivaihteiden vaikutuksesta ikäkuljettajan ajosuoritukseen, tarkkaavaisuuteen, turvallisuuteen ja ajomukavuuteen.

1.2.1 Automaatin vaikutus

Automaatilla ajettaessa on vähemmän samanaikaisia ajamiseen liittyviä tehtäviä verrattuna manuaaliin, koska vaihtaminen jää pois. Keventyneen kuormituksen perusteella hypoteesina oli, että automaatilla ajettaessa ikäkuljettajat:

1. kohdistavat ja suuntaavat tarkkaavaisuuttaan paremmin,
2. hallitsevat paremmin oman ajoneuvon tilan ja dynaamiset liikennetilanteet (yhteispelin jalankulkijoiden ja muiden ajoneuvojen kanssa),
3. kuormittuvat vähemmän hankalissa tilanteissa (esimerkiksi auton pitäminen paikallaan ylämäessä)
4. pelkäävät liikennettä vähemmän ja hallitsevat oman tilansa paremmin.

Nämä kaikki voisivat toteutuessaan parantaa ikäkuljettajien ja muiden tiellä liikkujien turvallisuutta ja mahdollisesti myös edistää ikäkuljettajien liikkuvuutta.

1.2.2 Kuormitustekijä

Lisätehtävän tuottaman ylimääräisen kuormituksen voidaan olettaa vaikuttavan ajan jakamisen ja motorisen toiminnan kontrolliprosesseihin. Lisätehtävän tulisi siis näkyä tarkkaavaisuuden jakamisessa ja ehkä keskittymisenä välttämättömimpiin kohteisiin.

Ylimääräinen kuormitus voi johtaa kompensointiin ajonopeutta pudottamalla (Harms, 1991) tai ajonopeuden säätelyn häiriintymiseen (Harbluk, Noy, Trbovich & Eizenman, 2007; Wikman, Nieminen & Summala, 1998). Voidaan myös olettaa, että vaihtaminen kuormittaa koehenkilöitä siten, että lisätehtäväsuoritus hidastuu vaihtamisen yhteydessä verrattuna vastaaviin jaksoihin automaattivaihteisella autolla.

Kun kuljettajaa kuormitetaan lisätehtävällä, voidaan (käsin) vaihtamisen aikaisen ajosuorituksen olettaa häiriintyvän myös kokeneilla kuljettajilla, joiden suoritusta pelkkä vaihtaminen normaaliajamisessa ei välttämättä vielä häiritse.

1.2.3 Ikätekijä

Kahden ikäryhmän yli viiden vuoden ikäero on merkittävä tekijä autolla-ajon kaltaisessa havaintomotorisessa suorituksessa, ja on syytä tarkastella erikseen iän ja ikäryhmän vaikutuksia.

2 Tutkimuksen rajaus ja menetelmät

2.1 Koehenkilöt

Koehenkilöt hankittiin käyttämällä Helsingin Sanomissa maanantaina 25.5.2009 julkaistua ilmoitusta, jossa automaattivaihteisesta autosta kiinnostuneita pyydettiin ottamaan yhteyttä. Sähköpostitse yhteyttä ottaneille lähetettiin alustava taustatietokysely ja puhelimitse yhteyttä ottaneille kysely tehtiin puhelimessa. Tietoturvallisuussyistä ajamista haittaavia sairauksia kysyttiin ainoastaan soittamalla yhteyttä ottaneilta. Rajoitetun puhelinajan vuoksi kaikki puhelimitse yhteyttä ottaneet eivät päässeet läpi. Koehenkilöt valittiin siitä 133 henkilön joukosta, joilta oli saatu vastaus taustatietokyselyyn sähköpostilla (94 henkilöä) tai puhelimessa (37 henkilöä) perjantaihin 29.5.2009 mennessä

Koehenkilöitä valittaessa näistä 133 henkilöistä valittiin ensin ne, joilla ei kertomansa mukaan ollut kokemusta automaattivaihteisella autolla ajamisesta ja jotka eivät ajaessaan käyttäneet silmälaseja. Ajaessaan silmälaseja käyttävät jätettiin pois sen vuoksi, että vältettäisiin lasien vaikutus silmänliikemittauksen tarkkuuteen. Tämän jälkeen jäljelle jäi 34 henkilöä.

Jäljelle jääneet 34 henkilöä laitettiin ikäjärjestykseen. Tarkoituksena oli muodostaa kaksi ikäryhmää, joissa molemmissa oli 10 koehenkilöä. Nuorin 34 koehenkilöstä jätettiin pois. Lisäksi pois jätettiin Kotkassa asuva henkilö (liian pitkä ajomatka ennen tutkimuksen alkua), vasta 50-vuotiaana säännöllisesti ajamaan alkanut henkilö, ajokortin 39-vuotiaana ajanut henkilö, edellisen kerran kymmenen vuotta aikaisemmin ajanut henkilö, ajamisen aikana keskusteluun kykenemätön henkilö (henkilön oma huomautus), edellisen kerran vuonna 2004 ajanut henkilö, pääosin matkailuautolla ajanut henkilö, ammattikuljettaja sekä kaksi 66-vuotiasta koehenkilöä, jotta kahden ryhmän välille saataisiin ikäeroa. Vanhimmat koehenkilöt pidettiin mukana. Saman ikäisten miesten ja saman ikäisten naisten välillä arvottiin ne, jotka otettiin mukaan.

Koehenkilöt olivat iältään 62–74-vuotiaita (ka=66,65, h=3,80). Heidän elinaikainen ajokokemuksensa vaihteli 800 kilometrin ja 1 400 000 kilometrin välillä (ka=634 389, h=367 807). Viimeisen vuoden aikana koehenkilöt olivat ajaneet 30–30 000 kilometriä (ka=13 622, h=7 997). Koehenkilöistä muodostettiin iän perusteella kaksi ryhmää, nuorempi (62–65-vuotiaat) ja vanhempi (67–74-vuotiaat). Koetta suoritettaessa kävi ilmi, että kaksi koehenkilöä oli vastoin saatua käsitystä ajanut hyvin vähän, ja he poikkesivat siksi muista. Poikkeavan ajokokemuksen takia heidät jätettiin pois lopullisista analyyseistä.

Taulukko 2.1. Taustatietojen keskiarvoja ja keskihajontoja (suluissa).

	62–65-vuotiaat		67–74-vuotiaat		Kaikki	
Ikä	63,44	(1,24)	70,00	(2,74)	66,72	(3,95)
Ajokokemus (kaiken kaikkiaan)	730 000	(422 907)	538 778	(296 742)	634 389	(367 807)
Ajokokemus (viimeiset 12 kk)	14 911	(8 799)	12 333	(7 399)	13 622	(7 997)
Ajokortti, vuotiaana	24,56	(4,69)	22,89	(4,78)	23,72	(4,68)
Sukupuoli (m, n)	5	4	5	4	10	8

Palkkioksi osallistumisestaan tutkimukseen koehenkilöille maksettiin niin sanottu haittakorvaus, jonka suuruus oli 40 euroa. Lisäksi ajokokeessa mukana ollut turvallisuudesta vastannut kuljettaja antoi niin haluttaessa koehenkilölle palautetta tämän ajotyylistä.

2.2 Arviointimenetelmät ja laitteisto

2.2.1 Taustatiedot ja testit

Tutkimuksen aluksi koehenkilö täytti taustatietolomakkeita, joissa kysyttiin koehenkilön taustatietoja, kuten ikää, sukupuolta, koulutuksen kestoa sekä yleisiä ajokokemukseen ja ajamiseen liittyviä asioita.

Taustatietolomakkeissa oli mukana kaksi ajamiseen liittyvää asteikkoa ja yksi koehenkilön toimintaa elämässä yleensä mittaava asteikko. Ensimmäinen ajamista koskeva asteikko DSI (Lajunen & Summala, 1995) mittaa koehenkilön käsitystä omista ajotaidoistaan ja turvallisuudesta. Asteikossa on 20 kohtaa, joita koehenkilön tuli arvioida viisiportaisella asteikolla (1 = selvästi heikko puoli, 5 = selvästi vahva puoli). Toinen ajamiseen liittyvä asteikko DBQ (Reason, Manstead, Stradling, Baxter, & Campbell, 1990; laajennettu 2002) mittaa sitä, kuinka usein koehenkilölle on tapahtunut tiettyjä asioita liikenteessä. Asteikossa on 38 kohtaa, joita koehenkilö arvioi kuusiportaisella asteikolla (1 = ei kertaakaan, 6 = hyvin usein).

Koehenkilön yleistä toimintaa, erityisesti impulsiivisuutta, mittaavassa asteikossa oli 25 toteamusta, joiden kuvaavuutta koehenkilön piti arvioida viisiportaisella asteikolla (1 = ei kuvaa lainkaan, 5 = kuvaa erittäin hyvin). Lisäksi koehenkilöiltä kysyttiin väsymykseen, vireystilaan sekä toimintakykyyn ja elämänlaatuun liittyviä kysymyksiä.

Kognitiivisen suorituskyvyn arvioimiseksi koehenkilöt tekivät kaksi tarkkaavaisuustestiä, ensiksi perinteisen Trail Making .-kynäpaperitestin (Reitan & Wolfson, 1985). TMT-testi mittaa visuaalisen haun ja prosessoinnin nopeutta, motoriikkaa ja kahden tehtävän ylläpitoa. Ensimmäisessä osassa (A) koehenkilö yhdistää ympäröityjä numeroita nousevassa järjestyksessä ja toisessa (B) vuorotellen numeroita ja kirjaimia (1, A, 2, B, 3, C jne.). Toinen Trail Making -tyyppinen testi (FR-TMT, ks. Summala ym. 2008) toteutettiin kosketusnäytöllä tietokoneella. Kuten TMT:ssä, koehenkilön tehtävänä oli painella sormella ruudulla näkyvät ympäröidyt numerot tai numerot ja kirjaimet tietyssä järjestyksessä. Molemmissa tehtävissä oli kaksi eri versiota: kohteet joko pysyivät koko tehtävän ajan paikallaan tai ne järjestettiin uudestaan joka painalluksen jälkeen. Testi mittaa paitsi visuaalisen haun nopeutta ja kahden tehtävän ylläpitoa myös kykyä hyödyntää visuospatiaalista työmuistia haun tukena.

Koehenkilön näkötarkkuus mitattiin käyttämällä neljän metrin numerotaulua. Lisäksi koehenkilön kontrastiherkkyys mitattiin LH Symbols-kontrastitauluilla (Lighthouse, 1991) kolmen, kahden ja yhden metrin etäisyydeltä. Koehenkilön näkökentän laajuus mitattiin käyttämällä perimetriä. Kaikki näkömittaukset tehtiin molemmat silmät auki, jotta tilanne olisi mahdollisimman samanlainen kuin autoa ajaessa.

Ajon aikana koehenkilöä kuormitettiin osan aikaa muistitehtävällä, jossa koehenkilölle luetellaan numeroita yhden ja yhdeksän välillä. Koehenkilön tehtävänä oli laskea kahta viimeksi kuulemaansa numeroa yhteen ja sanoa vastaus ääneen. Alkuperäisessä PASAT-tehtävässä (Sampson, 1956; Gronwall, 1977) esitystahti on vakio, mutta tässä käytettiin versiota, jossa koehenkilölle annetaan uusi numero heti hänen vastattuaan, joten koehenkilöllä on mahdollisuus kontrolloida itse vastausnopeuttaan (ns. SPASAT, ks. Lamble, Kauranen, Laakso & Summala. 1999) . Tehtävää helpotettiin koehenkilöiden iän vuoksi siten, että käytettiin vain lukuja kahden ja viiden välillä.

Kuormittamattoman (pitkän) ajolenkin jälkeen ja toisen kerran ns. pikkulenkin jälkeen (jossa systemaattisesti varioitiin kuormitustehtävää) koehenkilöt täyttivät NASA-TLX-tyyppisen kuormitus/ajon arviointikyselyn (liitteenä). Ajamisen sujumista ja kuormittumista koskevia kysymyksiä oli kaksikymmentä, autoa koskevia kysymyksiä viisi ja koehenkilön olotilaa koskevia kysymyksiä kuusi. Koehenkilön tehtävänä oli laittaa rasti 20-portaiseen asteikkoon siihen kohtaan, joka parhaiten vastasi koehenkilön käsitystä kyseisestä asiasta tai ominaisuudesta.

2.2.2 Laitteisto

Tutkimusautot olivat Toyota Corolla -henkilöautoja, jotka erosivat toisistaan ainoastaan vaihteistojen osalta. Toisessa autossa oli perinteinen käsivälitteinen vaihteisto ja toisessa robotisoitu manuaalivaihteisto, joka kuljettajan näkökulmasta vastasi automaattivaihteistoa. Jatkossa autoihin viitataan termeillä manuaalivaihteinen ja automaattivaihteinen auto. Autoissa oli samanlainen tutkimuslaitteisto, johon kuului silmänliikelaitteisto, laserskanneri, eteenpäin kuvaava kamera, GPS-vastaanotin ja auton CAN-väylää lukeva laite. Molemmat autot oli rekisteröity autokouluautoiksi, joten myös turvallisuudesta vastaavan apukuljettajan puolella oli polkimet.

Silmänliikkeiden mittaamiseen käytettiin Smart Eye Pro 5.1 silmänliikelaitteistoa (Smart Eye AB, Göteborg, Ruotsi). Laitteistoon kuului kaksi koehenkilöä kuvaavaa infrapunakameraa, jotka oli sijoitettu ratin taakse oikealle ja vasemmalle puolelle. Kamerat olivat 30 senttimetrin päässä toisistaan ja kummankin kameran viereen oli sijoitettu infrapunaledvalaisimet. Laitteisto rekisteröi silmänliikkeet tiedostoon ja yhdisti ne kameroiden kuviin, kun koehenkilölle oli ensin luotu pään ja silmien asennon tunnistamiseen perustuva profiili. Laitteisto päivittyi 60 Hz taajuudella. Silmänliikelaitteisto kalibroitiin laitteiston omalla kalibraatio-ohjelmistolla käyttämällä seitsemää kalibrointipistettä. Silmänliikkeiden tunnistusta varten käytettiin iiris-pohjaista tunnistusmenetelmää.

Ibeo Lux-prototyyppilaserskannerin (Ibeo Automobile Sensor Gmbh, Hampuri, Saksa) avulla mitattiin etäisyys edessä oleviin objekteihin. Skanneri oli sijoitet-

tu auton keulassa olevan ilmanottoaukon kohdalle. Skannerin horisontaalinen skannauskulma oli 100 astetta ja vertikaalinen skannaus tapahtui –1.6:n ja 1.6:n astein välillä neljässä tasossa. Suurin etäisyys skannaukselle on 200 metriä ja skannaustaajuus 12,5 Hz.

Eteenpäin kuvaava kamera (Watec WAT-232 PAL) oli yhdistetty silmänliikelaitteistoon ja silmänliiketiedot saatiin videokuvaan Smart Eye Pron SceneCamera -ohjelmalla. Kamera oli kuljettajan edessä kojelaudalla ja se yhdistettiin tietokoneeseen Pinnacle PCTV 150e Analog Pro USB -videokaappaimen kautta. Kameran resoluutio oli 640x480 ja kuvan nimellispäivitystaajuus oli 30 Hz. Eteenpäin kuvaavan kameran kuva ja silmänliikelaitteistoon kuuluvien kuljettajaa kuvaavien kameroiden kuva tallennettiin ruudunkaappausohjelmistolla (Debut Video Capture Software v 1.34, NCH Software Inc, Greenwood Village, USA). Ohjelmisto toimi 5 Hz:n ruutunopeudella.

CAN-väylästä talletettiin ajon aikana nopeus, moottorin kierrosluku sekä ratin, jarrupolkimen, kaasupolkimen ja kytkimen asento. GPS-vastaanottimen Globalsat BR-355 (GlobalSat Technology Corp., Taipei, Taiwan) avulla saatiin selville sijainti 1 Hz taajuudella. Data synkronoitiin XPC Target 3.4 (The MathWorks, Inc, Natick MA, USA) alustalla toteutetulla reaaliaikaohjelmistolla 100 Hz taajuudella.

Koehenkilön sydämen sykettä ja verenpainetta mitattiin SOMNOwatch™ plus BP -laitteistolla (SOMNOmedics GmbH, Randersacker, Saksa). Laitteisto kalibroitiin käyttämällä Omronin M10-IT-verenpainemittaria (Omron Healthcare CO., LTD., Kioto, Japani).

2.3 Koeasetelma

Koe toteutettiin ns. ABBA-toistomittausasetelmalla, jossa koehenkilöt ajoivat automaatti- ja manuaalivaihteistoista autoa kumpaakin kaksi kertaa kahtena päivänä, puolet järjestyksessä AMMA ja puolet MAAM. Ns. pikkulenkillä kuormituksen tasoa vaihdeltiin tasapainotetusti, ja siltä osin asetelma oli 2 (kuormituksen taso) x 2 (vaihteiston tyyppi) x 2 (toistojen lukumäärä). Toistojen lukumäärä, vaihteiston tyyppi ja kuormituksen taso olivat koehenkilöiden sisäisiä muuttujia. Lisäksi joissakin analyyseissä koehenkilöt jaettiin kahteen ryhmään iän mukaan, jolloin ikäryhmä oli analyysissä koehenkilöiden välinen muuttuja.

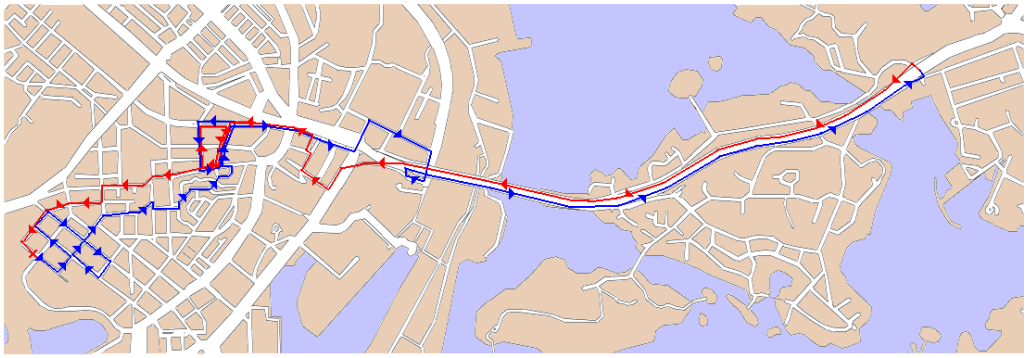
2.4 Tutkimuksen kulku

Tutkimus toteutettiin kunkin koehenkilön kohdalla kahtena aamupäivänä kesäelokuussa 2009. Liikennemäärän vakioimiseksi kokeet toteutettiin ainoastaan arkipäivinä ja molemmat tutkimuspäivät alkoivat kello yhdeksältä.

Ensimmäisenä päivänä koehenkilölle annettiin täytettäväksi suostumuslomake. Hänelle kiinnitettiin sydämen sykkeen ja verenpaineen mittaamista varten rintakehään neljä elektrodia ja vasempaan nimettömään infrapunasensori (SOMNO-laitteisto). Tämän jälkeen koehenkilö teki molemmat Trail Making -testit.

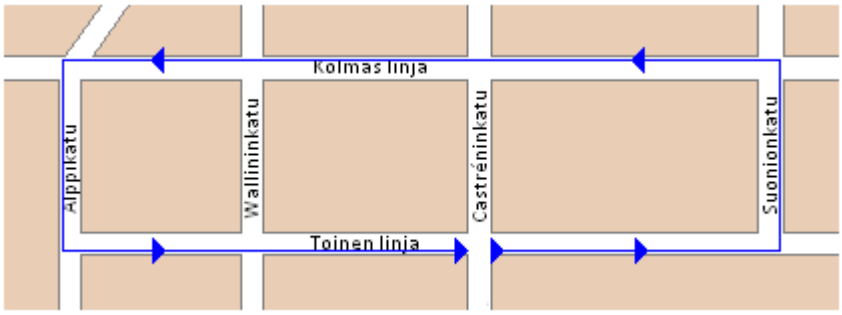
Testien jälkeen koehenkilön verenpaine mitattiin kolme kertaa laitteiston kalibroimiseksi

Alkuvalmistelujen jälkeen siirryttiin autotalliin. Koehenkilöä pyydettiin istumaan autoon ja säätämään ajoasento mahdollisimman hyväksi. Autossa koehenkilölle luotiin silmänliikeprofiili. Profiilin kalibroimisen ajaksi koehenkilölle annettiin täytettäväksi taustatietolomakkeet. Tämän jälkeen siirryttiin Siltavuorenpenkereeltä Kallion kaupunginosaan. Autossa istuivat koehenkilön lisäksi turvallisuutta varmistava apukuljettaja (HH) sekä takapenkillä kokeenjohtaja (ID). Ensi Linjalta lähdettiin varsinaiselle ajokierrokselle, jonka pituus oli 14,1 kilometriä. Tämä niin sanottu pitkä kierros kulki Kalliossa ja Itäväylällä (ks. kuva 2.1).



Kuva 2.1. Tutkimusreitti Helsingin Kallion ja Sörnäisten kaupunginosissa sekä Itäväylällä Herttoniemeen saakka.

Pitkän kierroksen (normaaliajon) jälkeen pysähdyttiin Ensi Linjalle, jossa koehenkilölle annettiin täytettäväksi ajonarviointilomake. Lisäksi hänelle selitettiin SPASAT -tehtävän kulku ja tehtävää harjoiteltiin paikalla oltaessa.



Kuva 2.2. Tutkimusreitin monta kertaa toistettu pieni kierros (”pikkulenkki”) Kalliossa.

Pysähdyksen jälkeen lähdettiin kiertämään kolmen korttelin väliä eli niin sanottua pientä kierrosta neljä kertaa. Kahdella kierroksella tehtiin työmuistia kuormittavaa SPASAT-lisätehtävää. Puolilla ajokerroista tehtävää tehtiin ensimmäiset ja puolilla ajokerroista viimeiset kaksi kierrosta. Kokeenjohtajan luettelemat numerot tahdistettiin muiden mittausten kanssa numeronäppäimen painallusten avulla. Kolmannella tai neljännellä pikkukierroksella toteutettiin kontrolloitu ja-

lankulkija- tai pyöräilijäinterventio. Tällöin koehenkilön ennalta tietämättä avustaja tuli auton eteen oikealta joko kävellen tai polkupyörällä. Apukuljettaja ja kokeenjohtaja olivat tietoisia intervention laadusta ja ajoituksesta. Tilanteet oli suunniteltu niin, että ne näyttivät mahdollisimman luonnollisilta liikenteessä tapahtuvilta tilanteilta, mutta olivat avustajalle turvallisia.

Pienten kierrosten jälkeen siirryttiin takaisin liikennelaboratorioon Siltavuorenpenkereelle. Koehenkilölle annettiin ajon arviointilomake ja häntä neuvottiin täyttämään lomake koskien pienten kierrosten kuormitustilannetta. Lisäksi koehenkilölle tarjottiin kahvia tai teetä sekä pientä suolaista ja makeaa syötävää.

Tauon jälkeen vaihdettiin auto joko manuaali- tai automaattivaihteiseen riippuen siitä, kummalla koehenkilö oli ensimmäisen ajokierroksen ajanut. Pitkä kierros, ajon arviointi ja pienet kierrokset toteutettiin samalla tavalla kuin aikaisemmin. Kolmannella tai neljännellä pienellä kierroksella toteutettiin edellisestä ajokierroksesta riippuen eri interventio. Yhden päivän aikana toteutettiin siis sekä jalankulkija- että pyöräilijäinterventio. Avustaja vaihtoi vaatteita jokaisen intervention jälkeen tunnistamisen välttämiseksi. Pienten kierrosten jälkeen palattiin takaisin Siltavuorenpenkereelle, jossa koehenkilö täytti vielä kuormitustilannetta koskevan arviointilomakkeen. Tämän jälkeen ensimmäinen koepäivä oli ohi.

Toisena koepäivänä koehenkilölle tehtiin samanlaiset alkuvalmistelut kuin ensimmäisenä päivänä lukuun ottamatta Trail Making -testejä ja silmänliikeprofiilin luomista. Koehenkilön ei myöskään tarvinnut täyttää taustatieto- ja terveyskyselyä, vain ainoastaan osio, joka koski edellisyön unen määrää ja laatua sekä vireystilaa. SOMNO-laitteiston kiinnittämisen jälkeen koehenkilölle tehtiin näkötestit. Kaukonäkö mitattiin neljän metrin päästä näkötaulun avulla ja kontrastiherkkyys yhden, kahden ja kolmen metrin etäisyydeltä. Lisäksi näkökentän koko mitattiin perimetrillä. Muutoin ajokierrokset ja tauko toteutettiin samalla tavalla kuin ensimmäisenä koepäivänä. Kuormitustehtävä sekä jalankulkija- ja pyöräilijätilanteet tasapainotettiin erikseen.

2.5 Tilastolliset menetelmät

Ajonarviointilomakkeen kysymykset jaettiin ryhmiin sen perusteella missä määrin kysymysten vastaukset riippuvat toisistaan. Samaan ryhmään kuuluvien kysymysten voi tällöin ajatella kuvaavan yhteistä tekijää, niin sanottua faktoria. Tilastollisena menetelmänä käytettiin pääkomponenttianalyysia ja varimax-rotaatioita, jolloin muodostui viisi faktoria. Mukaan otettiin ne kysymykset, joilla faktorilataus[1] kunkin faktorin kohdalla oli suurin. Kysymykset, joiden lataus oli pieni tai joiden tulkinta ei ollut loogista, jätettiin pois mallista. Lisäksi yhdestä faktorista irrotettiin kaksi kysymystä omaksi faktorikseen (hallintalaitteet) tulkinnallisista syistä. Tämän jälkeen mallissa oli kuusi faktoria; aikapaine, auto, turhautuminen, fyysinen rasitus, keskittyminen ja hallintalaitteet.

Aikapainefaktoriin sisältyivät kiireen tuntua kuvaavat kysymykset (en ehtinyt tarkkailla liikennettä — ehdin hyvin tarkkailla liikennettä, en ehtinyt lukea lii-

[1] Mitä suurempi faktorilataus, sitä paremmin faktori selittää vastausten vaihtelua.

kenteen opastusta — ehdin hyvin lukea liikenteen opastusta, tilanteet pääsivät yllättämään — tilanteet eivät yllättäneet, reagoin hitaasti — reagoin nopeasti). Aika on keskeinen subjektiiviseen kuormitukseen vaikuttava tekijä silloin, kun ollaan liikkeessä, varsinkin ajamassa vilkkaassa kaupunkiympäristössä (Hancock & Caird, 1993; Summala, 1997), ja sen tulisi olla herkkä sekä autosta että lisätehtävästä aiheutuvalle kuormitukselle.

Autofaktorin osiot kuvaavat auton ominaisuuksia ja faktori on tulkittavissa auton ominaisuuksista johtuvaksi epämukavuudeksi (hankala ajaa — helppo ajaa, huonosti hallittava — hyvin hallittava, epämiellyttävä — miellyttävä, ajomukavuus huono — ajomukavuus hyvä, tehoton — tehokas). Turhautumisfaktoriin kuuluvat henkilön oloa kuvaavat kysymykset (kyllästynyt — kiinnostunut, ärtynyt — hyväntuulinen, turhautunut — ei lainkaan turhautunut). Fyysistä raskautta kuvaavaa faktori muodostuu ajamisen kuormittavuutta ja olotilan väsyttävyyttä kuvaavista kysymyksistä (ajaminen oli fyysisesti raskasta — fyysisesti kevyttä, fyysisesti epämukavaa — fyysisesti mukavaa, väsyttävää — virkistävää, olo on väsynyt — virkeä). Keskittymistä kuvaava faktori sisältää keskittymisen tarvetta arvioivat kysymykset (ajaminen vaati paljon keskittymistä — ajaminen ei vaatinut paljon keskittymistä, ajaminen vaati keskittymistä — ajaminen ei vaatinut keskittymistä). Hallintalaitefaktori kuvaa hallintalaitteiden käytön helppoutta (hallintalaitteet vaativat huomiotani — hallintalaitteet eivät vaatineet huomiotani, sekaannuin hallintalaitteissa — en sekaantunut hallintalaitteissa).

Tulosanalyysissä kyselyn vastaukset käännettiin siten, että kuormittuneisuus kasvoi yhdestä maksimissaan kahteenkymmeneen, eli mitä suurempi luku, sitä suuremmaksi kyseinen ominaisuus arvioitiin.

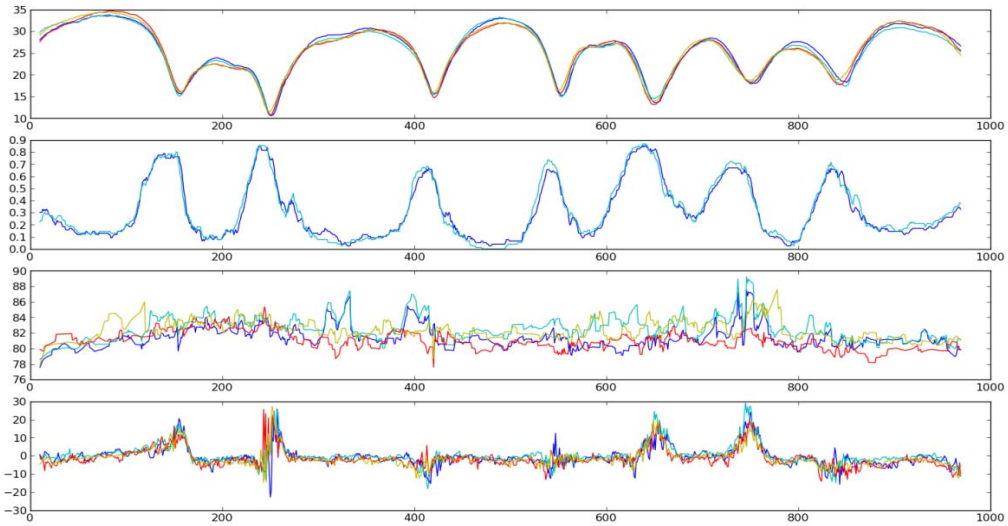
3 Tulokset

Tässä tutkimuksessa verrattiin manuaali- ja automaattivaihteista autoa ajosuorituksen, fysiologisten mittojen, subjektiivisten arvioiden ja loppuarvioiden avulla sekä erilaisissa konfliktitilanteissa. Tottumisen, iän ja kuormituksen vaikutusta arvioitiin sellaisten mittojen kohdalla, joissa se katsottiin mielekkääksi. Lisäksi tarkasteltiin joitakin mielenkiintoisia muuttujien välisiä yhteyksiä. Ellei toisin mainita, seuraavat tulokset koskevat 18 jatkuvasti ajanutta koehenkilöä[2].

Ajosuorituksen analyysissä keskeisessä osassa oli Kallion pieni kierros, jolla voitiin toistomittauksin tutkia auton (automaatti vs. manuaali) ja siihen tottumisen vaikutuksia, ja lisäksi kognitiivisen kuormituksen vaikutuksia ajamiseen.

Kuvassa 3.1 on esitetty joitakin muuttujia kaikkien koehenkilöiden keskiarvona koko pienen kierroksen matkalla (noin yksi kilometri) siten, että nopeus, vaihtaminen (kytkimen käyttö manuaalivaihteisella autolla), syke ja katseen suunta näkyvät selvästi risteysten jaksottamina. Punasävyiset viivat tarkoittavat automaattia (punainen ilman lisätehtävää, keltainen lisätehtävän kanssa) ja sinisävyiset manuaalia (sininen ilman lisätehtävää, turkoosi lisätehtävän kanssa).

[2] Kokeessa kävi ilmi että vastoin alustavaa tietoa kaksi koehenkilöä oli ajanut hyvin vähän tai ei ollenkaan viime vuosina.



Kuva 3.1. Yli koehenkilöiden keskiarvoistettu nopeus, kytkimen käyttö, syke ja katseen suunta pienellä kierroksella erikseen automaatille ja manuaalille kuormittamattomassa (punainen ja sininen) ja kuormitetussa tilanteessa (turkoosi ja keltainen).

Ylimmän kuvaajan nopeuskäyristä nähdään, kuinka nopeus laskee risteyksissä. Tämän alla nähdään kytkimen painallusten ajoittuminen. Nopeus- ja kytkinkäyristä nähdään, että koetilanteiden välillä ei ole silmiinpistäviä eroja ainakaan keskiarvoissa. Toiseksi alimmassa käyrässä on esitetty keskiarvo koehenkilöiden sydämen sykkeestä (lyöntiä minuutissa) eri tilanteissa matkan suhteen.

Alimmassa kuvaajassa on kuvattu keskiarvo koehenkilöiden katseen horisontaalisesta suunnasta asteina keskilinjasta eri tilanteissa (negatiiviset arvot oikealle, positiiviset vasemmalle). Kuvaajasta nähdään, että risteykset erottuvat selkeästi. Kuvaajassa on huomioitava, että silmänliikelaitteisto ei ole rekisteröinyt tilanteita, joissa pää on kääntynyt merkittävästi pois keskilinjasta. Tämän takia silmänliikkeitä ei voi suoraan tulkita mittaustuloksen perusteella risteyksissä.

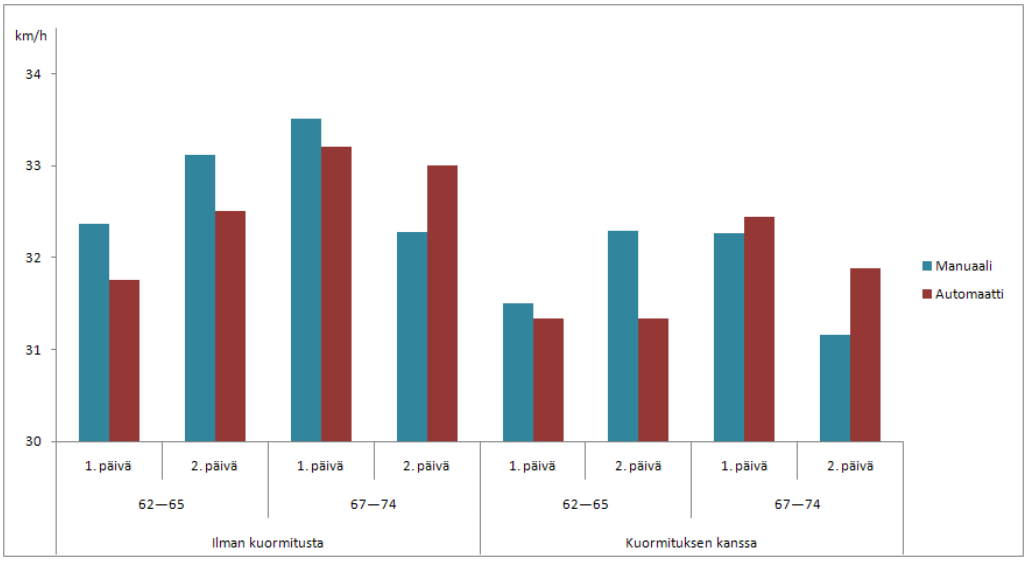
Seuraavassa tarkastellaan ajosuoritusmittoja tarkemmin.

3.1 Nopeus

Nopeudesta analysoitiin pienen kierroksen korttelivälien (ks. kuva 3.3.) koehenkilöittäin laskettu maksiminopeuksien keskiarvo ja koko pienen kierroksen keskinopeus. Keskinopeus kuvaa ajamisen yleistä vauhdikkuutta, mutta mittana se ei ole välttämättä yhtä herkkä nopeuden muutoksille. Risteyksissä tapahtuva hidastaminen painaa keskinopeutta alaspäin ja mahdollisesti peittää alleen muut nopeuserot keskiarvolla kuvattaessa. Oletettavasti kiihdyttäminen ja hidastaminen manuaalilla ovat vaihtamisen takia erilaisia kuin automaatilla, mikä voi johtaa eroihin maksiminopeuksissa.

Kuten oli odotettavissa, keskinopeusanalyysissa ei ilmennyt tilastollisesti meitseviä kiinnostavia vaikutuksia. Sen vuoksi seuraavaksi tarkastellaan vain korttelivälien maksiminopeuksien keskiarvoja.

Maksiminopeudet analysoitiin 2 (päivä) x 2 (auto) x 2 (kuormitus) x 2 (toisto) x 2 (ikäryhmä) toistomittausvarianssianalyysilla.



Kuva 3.2. Maksiminopeudet (km/h) ikäryhmittäin ilman kuormitusta ja kuormituksen kanssa manuaalilla ja automaatilla ensimmäisenä ja toisena päivänä.

3.1.1 Päivän vaikutus

Päivän ja ikäryhmän välinen yhdysvaikutus oli merkitsevä ($F(1,14)=5.75$, $p<0.05$). Ensimmäisenä päivänä vanhemman ikäryhmän maksiminopeudet olivat suurempia kuin toisena päivänä, mutta nuoremmilla nopeudet joko pysyivät samana tai nousivat toisena päivänä.

3.1.2 Ikätekijä

Autolla ei ollut itsenäistä vaikutusta maksiminopeuksiin, mutta auton ja ikäryhmän välinen yhdysvaikutus oli merkitsevä, kun toinen päivä analysoitiin erikseen ($F(1,15)=9.41$, $p<0.01$). Vanhempi ikäryhmä ajoi automaatilla nopeammin kuin manuaalilla, kun taas nuorempi ikäryhmä ajoi manuaalilla nopeammin kuin automaatilla. Päivän, auton ja ikäryhmän välinen yhdysvaikutus ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä, kun tarkasteltiin molempia päiviä yhdessä. Auton ja ikäryhmän välistä yhdysvaikutusta ei myöskään ollut, kun tarkasteltiin erikseen ensimmäistä päivää. Tämä saattaa kuvastaa sitä, että tottuminen oli vielä ensimmäisenä päivänä kesken. Ensimmäisenä päivänä autot ja koetilanne ovat uusia ja toisena päivänä ollaan lähempänä luonnollista ajotilannetta.

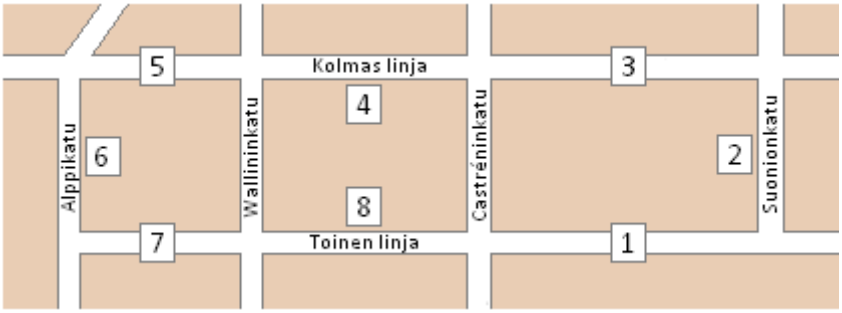
3.1.3 Kuormitustekijä

Kuormitus alensi maksiminopeuksia ($F(1,14)=11.31$, $p<0.01$). Kun ajon aikana kuljettajat joutuvat keskittymään ajotehtävän lisäksi myös johonkin muuhun, he

ilmeisesti ottavat hidastamalla vauhtia itselleen enemmän aikaa selviytyä ajotehtävästä. Kuormituksella ei ollut yhdysvaikutusta auton tai ikäryhmän kanssa.

3.1.4 Korttelivälit

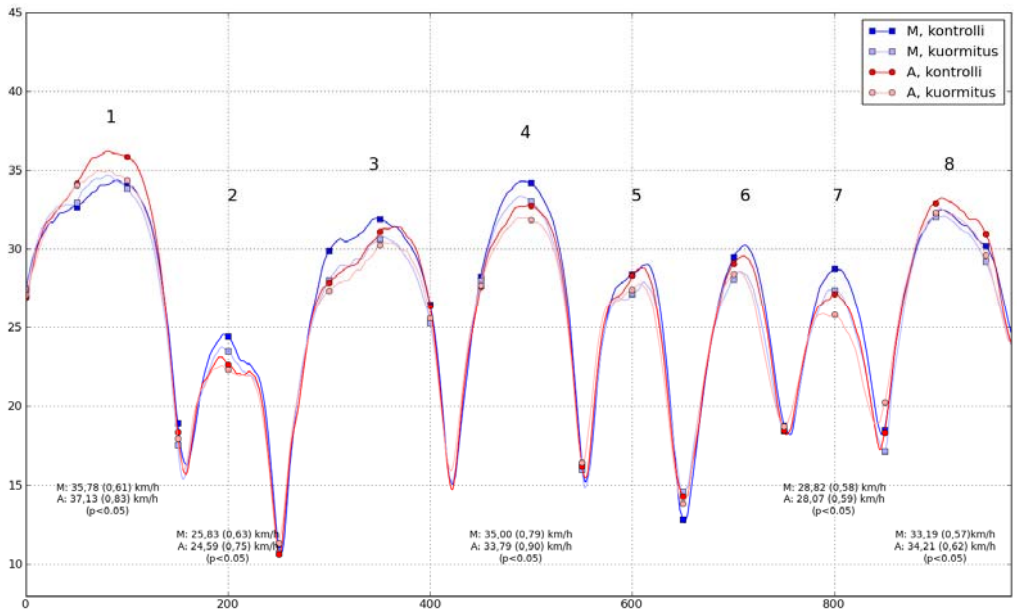
Nopeuden säätely on riippuvainen katuverkon ominaisuuksista, muun muassa näkemistä, objektiivisesta ja subjektiivisesta etuajo-oikeudesta ja tasauksesta. Tasaus (ylämäki, alamäki, tasainen) voi myös eri tavoin vaikuttaa manuaalilla ja automaatilla ajamiseen. Siksi edellä mainitut analyysit tehtiin myös yksitellen jokaiselle korttelivälille (ks. kuvat 3.3 ja 3.4).



Kuva 3.3. Pienen kierroksen korttelivälit numeroituna ajosuunnassa. Kierroksella oli kahdeksan tasa-arvoista risteystä, joista neljä suoraan ylitettävää ja neljä vasemmalle käännyttävää.

Korttelivälleillä 2, 4 ja 7, joissa manuaalilla ajetaan toisena päivänä lujempaa kuin automaatilla, on kaikissa ylämäki. Tämä voi viitata siihen, että manuaalilla ajetaan kovempaa sen vuoksi, että halutaan välttää vaihtamista pienemmälle vaihteelle. Toisaalta voi olla, että vanhemmat kuljettajat vaihtavat vaihteita hitaammin kuin nuoremmat kuljettajat ja kiihdyttämällä ylämäessä riittävästi he välttyvät menettämästä liikaa nopeutta.

Sen sijaan korttelivälleillä 1 ja 8 automaatilla ajettiin kovempaa kuin manuaalilla. Nämä korttelinvälit ovat tasaisia jaksoja. Korttelinvälleillä 5 ja 6 on alamäki ja korttelivälli 3 on tasainen. Vaikka maastonmuodon ja vaihteistontyypin väliset yhteydet vaikuttavat kiinnostavilta, kyse saattaa olla täysin sattumasta. Tarkempi analyysi edellyttäisi esimerkiksi kadun leveyden ja subjektiivisen etuajo-oikeuden huomioon ottamista.

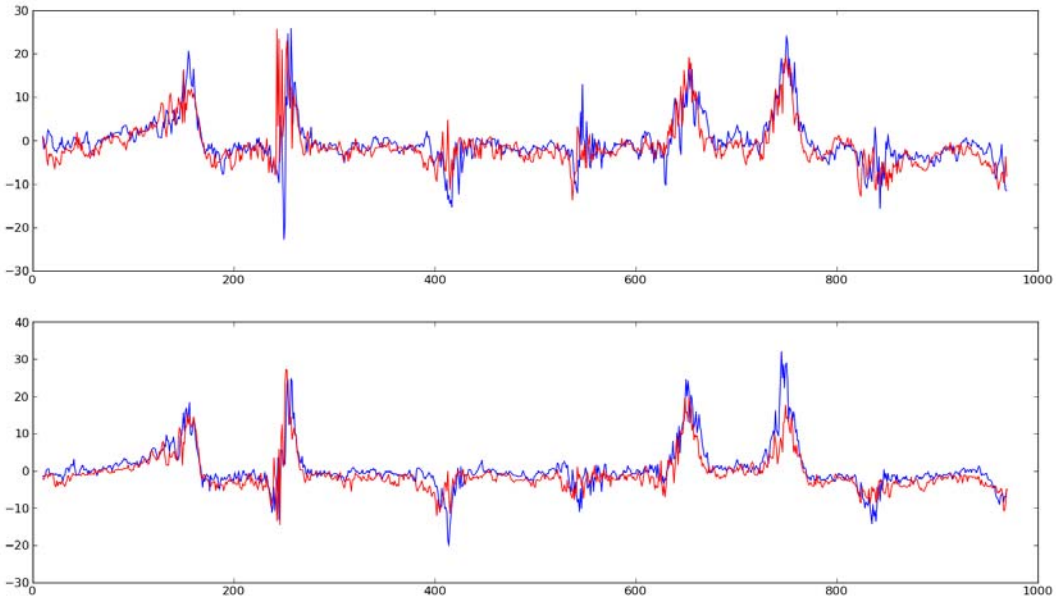


Kuva 3.4. Keskinopeudet kortteliväleittäin (numeroitu) pienellä kierroksella. Alareunaan on merkitty tilastollisesti merkitsevät ero maksiminopeudessa autojen (M = manuaali, A = automaatti) välillä. Auton tunnuksen jälkeen on merkitty keskimääräinen maksiminopeus sekä keskivirhe (suluissa).

3.2 Tarkkaavaisuus

Kuljettajat kohdistavat katseensa useimmiten sinne, missä heidän tarkkaavaisuutensakin on. Tämän takia katseen suuntaa voidaan käyttää tarkkaavaisuuden suuntaamisen indikaattorina.

Kuljettajien tarkkaavaisuuden suuntaamisessa suurin systemaattinen vaihtelu tahdistuu välttämättä risteyksiin. Kuvasta 3.5 nähdään kuinka koehenkilöiden katseen suuntakulman keskiarvo osoittaa systemaattista vaihtelua kahdessa eri risteystyypissä (automaatilla punainen ja manuaalilla sininen käyrä). Risteykset 1, 2, 5 ja 6 ovat vasemmalle kääntyviä, ja niissä vasemmalle kääntyvä katse ohjaa kääntymistä kauan aikaa. Sen sijaan risteyksissä 3, 4, 7 ja 8, jotka ovat suoraan yli ajettavia tasa-arvoisia ja näkemältään rajoitettuja, käyrät osoittavat lähinnä lyhyen vilkaisun oikealle, josta tulevia ajoneuvoja on väistettävä. Kuormitustilanteessa (alempi kuva) voidaan havaita hieman vähemmän kohinaa, mutta kummassakin tilanteessa ja autosta riippumatta katsekäyttäytyminen on pääosin samanlaista.



Kuva 3.5. Keskimääräinen katseen suunta pikkulenkillä automaatilla (punainen) ja manuaalilla (sininen) ajettuna, erikseen kuormittamatta (yläkuva) ja kuormitettuna (alakuva).

Kuljettajat kohdistavat katseensa useimmiten sinne, missä heidän tarkkaavaisuutensakin on. Tämän takia katseen suuntaa voidaan käyttää tarkkaavaisuuden suuntaamisen indikaattorina.

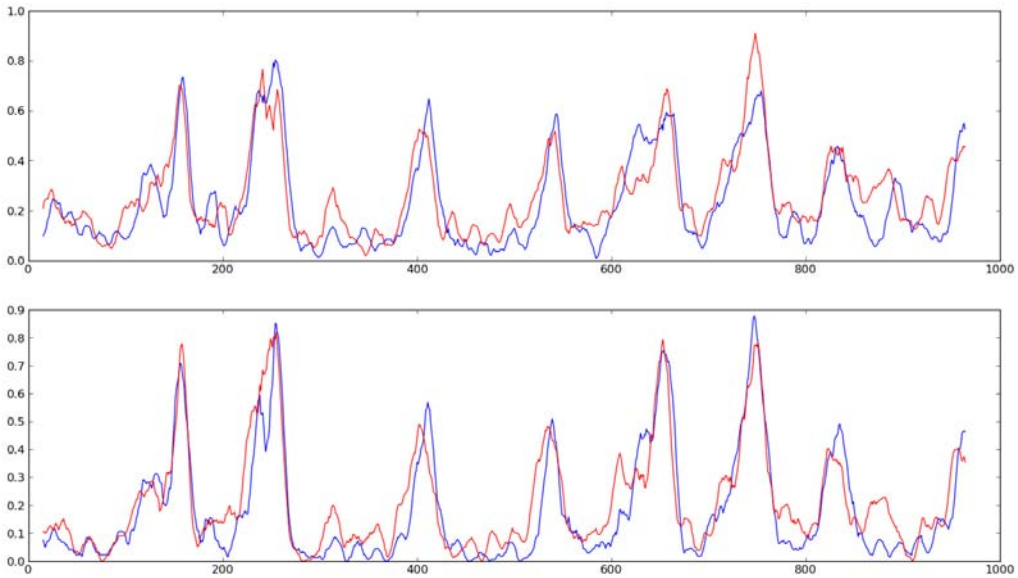
Kuljettajien tarkkaavaisuuden suuntaamisessa suurin systemaattinen vaihtelu tahdistuu välttämättä risteyksiin. Kuvasta 3.5 nähdään kuinka koehenkilöiden katseen suuntakulman keskiarvo osoittaa systemaattista vaihtelua kahdessa eri risteystyypissä (automaatilla punainen ja manuaalilla sininen käyrä). Risteykset 1, 2, 5 ja 6 ovat vasemmalle kääntyviä, ja niissä vasemmalle kääntyvä katse ohjaa kääntymistä kauan aikaa. Sen sijaan risteyksissä 3, 4, 7 ja 8, jotka ovat suoraan yli ajettavia tasa-arvoisia ja näkemältään rajoitettuja, käyrät osoittavat lähinnä lyhyen vilkaisun oikealle, josta tulevia ajoneuvoja on väistettävä. Kuormitustilanteessa (alempi kuva) voidaan havaita hieman vähemmän kohinaa, mutta kummassakin tilanteessa ja autosta riippumatta katsekäyttäytyminen on pääosin samanlaista.

3.2.1 Kuormituksen vaikutus

Katseen suuntakulmasignaalista poistettiin kohinaa[3] ja mahdolliset puuttuvat havainnot korvattiin toisen päivän vastaavalla havainnolla. Neljän koehenkilön data suljettiin pois huonolaatuisen signaalin tai puuttuvien arvojen takia. Pieneltä kierrokselta laskettiin se osuus katseista, jotka osuivat 15 asteen keskisektorin ulkopuolelle. Kuormituksen vaikutuksesta katse pysytteli enemmän keskisektorissa ($F(1,13)=38.397$, $p<0.001$) mikä osoittaa tarkkaavaisuuden keskittymistä kuormituksen vaikutuksesta (vertaa kuva 3.6).

[3] Mediaanisuodatus 0,5 s aikaikkunalla.

Tarkkaavaisuuden keskittymistä voidaan mitata myös fiksaatioiden peräkkäisten kohdistuspisteiden välisten kulmaerojen avulla, jota kutsutaan tässä fiksaatioamplitudiksi[4]. Fiksaatioamplitudin pieneneminen tarkoittaa sitä, että seuraava fiksaatio on lähempänä edellisen fiksaation pistettä. Fiksaatioamplitudin pieneneminen voidaan tulkita laajalle alueelle kohdistettujen ennakoivien katseiden sekä myös ajamisen kannalta epärelevanttien kohteiden tarkkailun vähenemisenä.



Kuva 3.6. Niiden tapausten osuus, joissa katse erkanee perussuunnasta (suoraan eteenpäin) yli 7,5 astetta oikealle tai vasemmalle pienellä kierroksella automaatilla (punainen) ja manuaalilla (sininen) ajettuna, erikseen kuormittamatta (yläkuva) ja kuormitettuna (alakuva).

Fiksaatioamplitudille laskettiin keskiarvo ja mediaani pienen kierroksen yli eri koetilanteissa seitsemälle koehenkilölle, joiden katsedata oli niin hyvälaatuista että fiksaatioanalyysi oli selvästi perusteltua tehdä. Näin saatujen arvojen jakauma korjattiin normaaliksi kymmenkantaisella logaritmimuunnoksella ja analysoitiin 2 (auto) x 2 (päivä) x 2 (kuormitus) x 2 (toisto) toistomittausvarianssianalyysilla. Fiksaatioamplitudien keskiarvo pieneni kuormituksen ($F(1,6)=9.860$, $p<0.05$) vaikutuksesta, mikä osaltaan viittaa kuormituksen tarkkaavaisuutta kaventavaan vaikutukseen. Muita tilastollisesti merkitseviä vaikutuksia ei ollut.

3.3 Fysiologiset mitat

Yhdeksältä koehenkilöltä, joiden sydämen sykettä mittaava EKG-signaali oli riittävän häiriötöntä, analysoitiin sydämen keskisykkeen muutokset eri koetilanteiden välillä Kallion pienellä kierroksella. Prosentuaalinen muutos laskettiin aina suhteessa koehenkilön eri tilanteiden keskisykkeiden keskiarvoon. Analyy-

[4] Mitta vastaa sakkaadiamplitudia, sillä erotuksella että se on laskettu epäsuorasti fiksaatioista eikä katsedatasta tunnistetuista sakkaadeista.

sia varten kolmella koehenkilöllä puuttuva toisen päivän mittaus korvattiin toisen päivän vastaavalla tuloksella. Aineisto analysoitiin 2 (auto) x 2 (päivä) x 2 (kuormitus) x 2 (toisto) toistomittausvarianssianalyysilla.

3.3.1 Auton, päivän ja kuormituksen vaikutus

Syke oli toisena päivänä matalampi (6,3 %, keskivirhe 1,6) verrattuna ensimmäiseen päivään ($F(1,8)=15.76$, $p<0.01$). Lisätehtäväkuormitus kohotti sykettä kuormittamattomaan verrattuna (ka = 3,1 %, keskivirhe 1,3) ($F(1,8)=5,72$, $p<0.05$). Auton päävaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Taulukko 3.1: Keskisykkeiden muutoksen keskiarvot ja keskivirheet prosentteina auton, päivän ja kuormituksen suhteen eroteltuna.

	Manuaali		Automaatti	
	1. päivä	2. päivä	1. päivä	2. päivä
Kuormittamaton	1,3 (2,1)	-6 (1,5)	1,6 (2,2)	-3,2 (2,1)
Kuormitettu	4,5 (2,3)	-2,6 (1,3)	5,1 (1,6)	-0,08 (2,3)

3.3.2 Ikätekijä

Kun Ikäryhmä otettiin mukaan koehenkilöiden väliseksi faktoriksi, nousi auton, päivän ja ikäryhmän välinen yhdysvaikutus tilastollisesti merkitseväksi ($F(1,8)=7.42$, $p<0.05$). Tämä selittyy sillä, että iäkkäämmässä ikäryhmässä sykkeen aleneminen ensimmäisestä päivästä toiseen päivään on voimakkaampaa manuaalilla suhteessa automaattiin kuin nuoremmalla ikäryhmällä.

3.4 Lisätehtäväsuoritus

Kuormitustilanteissa suoritetusta muistitehtävästä laskettiin vastausnopeus (sekuntia per vastausväli) sekä virheiden prosentuaalinen osuus. Molemmille tehtiin toistomittausvarianssianalyysi 2 (auto) x 2 (päivä) x 2 (ikäryhmä).

Vastausnopeuden keskiarvo pysyi kullakin koehenkilöllä samalla tasolla koko tutkimuksen ajan kaikissa tilanteissa, joskin suoritusnopeus vaihteli koehenkilöittäin paljon. On mahdollista, että tehtävässä omaksutaan tietty rytmi, johon sekä koehenkilö että kokeenjohtaja saattavat tottua. Vastausnopeudessa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja päivän, auton eikä ikäryhmän suhteen. Myöskään kognitiivisen tekijän ottaminen kovariantiksi mukaan malliin ei tuottanut eroja.

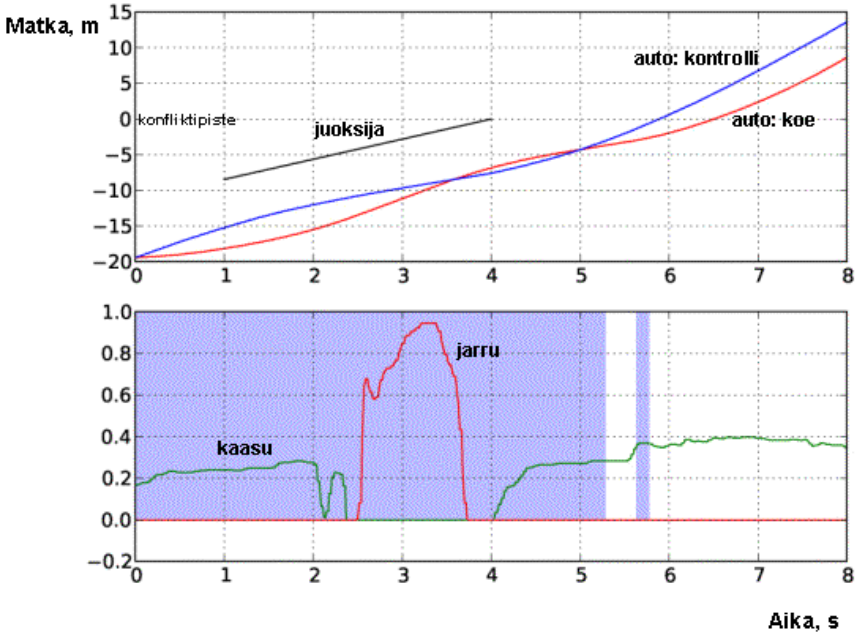
3.4.1 Päivän vaikutus virheisiin

Päivällä oli päävaikutus virheiden prosentuaaliseen osuuteen ($F(1,16)=6.66$, $p<0.05$). Virheet vähenivät noin viidenneksen (12,95 % vs 10,09 %, keskivirhe 1,29 % vs 1,35 %) toisena päivänä verrattuna ensimmäiseen päivään. Tulos on todennäköisesti oppimisen vaikutusta.

3.5 Järjestetyt konfliktitilanteet

Järjestetyistä konfliktitilanteista onnistui kaikkiaan 44 siten että voitiin määrittää kaasupoljinreaktio selkeästi määritettävään ärsykehetkeen: 13 kävelytilannetta, joissa ärsyke oli kävelijän näkyviin tulo pysäköidyn auton takaa, 14 juoksutilannetta, joissa ärsykehetkeksi määriteltiin se hetki, jolloin juoksija astui ajoradalle, ja 17 pyöräilytilannetta, joissa ärsykehetki oli pyöräilijän liikkeellelähtö.

Kaasupoljinreaktio vaihteli jonkin verran tilanteittain, ja koska havaintomäärät olivat kutakin tilannetta kohti pieniä, havainnot järjestettiin ja skaalattiin välille 0–1 tilanteittain, jonka jälkeen laskettiin yhdistetystä aineistosta 2 (auto) x 2 (kuormitus) ja 2 (auto) x 2 (kuormitus) x 3 (tilanne) -toistomittausvarianssianalyysit. Auton vaikutus oli tilastollisesti merkitsevä ($F1,40=5,02$; $p=0,031$): automaatilla reaktiot olivat nopeampia — myös silloin, kun kontrollin vuoksi koehenkilön ikä tai visuaalinen hakunopeus oli analyysissä kovarianttina. Vastoin odotuksia ei sen sijaan kuormituksen vaikutus ollut tilastollisesti merkitsevä eikä myöskään auton ja kuormituksen yhdysvaikutus, johtuen ennen kaikkea pyöräilytilanteiden poikkeavuudesta.



Kuva 3.7. Koehenkilön ja juoksijan eteneminen aika-matkakoordinaatistossa, jossa kulkuratojen leikkauspiste — konfliktipiste — on yhteinen matkapiste (yläkuva) ja vastaavat koehenkilön kaasupoljin- ja jarrutusreaktiot (alakuva). Turvamarginaalianalyysi on selitetty tekstissä.

3.5.1 Turvamarginaalianalyysi

Juoksutilanteessa lähes kaikissa tapauksissa juoksija ylittää kadun koeauton edestä hyvin ajoitettuna, jolloin voitiin määrittää turvamarginaali. Kuvassa 3.7. on kuvattu esimerkinomaisesti yksi konfliktitilanne, jossa juoksijan ja auton eteneminen esitetään aika-matkakoordinaatistossa (ks. Summala, Vierimaa, Hietamäki & Keinänen, 1981), jossa yhteinen matkapiste 0 osoittaa kulkuratojen leikkauspisteen. (Sininen ”kontrollitilanne” kuvaa vastaavaa saman koehenkilön tilannetta, jossa ei ole järjestettyä konfliktia.) Kuvasta voidaan nähdä, että tasaisesti kiihdyttävä koehenkilö reagoi juoksijaan kaasupolkimella tasan sekunnin sen jälkeen kun tämä on ylittänyt reunakiveyksen ja jarruttaa 0,5 s tämän jälkeen. Jarrutus näkyy nopeuden voimakkaana hidastumisena ylemmässä kuvassa: auton (punaisen) kuvaajan kulmakerroin pienenee. Ilman kuljettajan reaktiota nopeus olisi kiihtynyt siten, että juoksija ja auto olisivat törmänneet konfliktipisteessä. Toteutuneessa tilanteessa voidaan ylemmästä kuvasta sen sijaan nähdä, että auto oli konfliktipisteessä 2,5 s juoksijan jälkeen, ts. turvamarginaali tällä tavalla ajassa laskettuna oli 2,5 s.

Hyvä käytäntö on antaa jalankulkijoille (ja pyöräilijöille) tilaa siten, että auto ei koskaan saavu konfliktipisteeseen (kulkuratojen leikkauspisteeseen) ennen kuin vähintään kaksi sekuntia on kulunut siitä hetkestä jolloin jalankulkija ylitti konfliktipisteen (ks. Näätänen & Summala, 1976).

Kun kaikki juoksijatilanteet analysoitiin samalla tavalla, voitiin todeta, että vain kahdessa tapauksessa turvamarginaali jäi alle kriittisen 2 sekunnin. Auto tai kuormitus ei vaikuttanut turvamarginaaleihin tässä aineistossa.

3.6 Subjektiiviset arviot

Koehenkilöt arvioivat kunkin ajosuorituksen rasittavuutta siten, että voitiin erottaa auton (automaatti/manuaali) ja päivän (tottuminen) vaikutukset. Subjektiivisille arvioille (kaikille kuudelle faktorille) tehtiin ensin toistomittausvarianssianalyysi 2 (päivä) x 2 (auto). Taulukossa 3.2. on esitetty keskiarvot ja hajonnat.

Ikätekijän ja lisätehtäväkuormituksen vaikutukset arvioitiin tämän jälkeen yhdessä niin, että ne lisättiin mukaan malliin. Kaikille faktoreille tehtiin toistomittausvarianssianalyysi 2 (päivä) x 2 (auto) x 2 (kuormitus) x 2 (ikäryhmä), jossa ikäryhmä oli ryhmien välinen muuttuja.

Taulukko 3.2. Subjektiivisten arvioiden keskiarvot ja keskihajonnat (suluissa) ryhmiteltynä päivän ja auton mukaan.

	Manuaali		Automaatti		
	1. päivä	2. päivä	1. päivä	2. päivä	Tilastollisesti merkitsevät erot (p<0.05)
Aikapaine	2,97 (2,81)	2,64 (2,47)	2,82 (2,84)	2,23 (1,64)	
Auto	3,50 (3,35)	2,68 (3,12)	3,09 (3,12)	2,74 (2,93)	1. päivä > 2. päivä
Turhautuminen	2,46 (2,35)	1,74 (1,91)	2,17 (2,66)	1,77 (1,72)	
Fyysinen rasitus	4,17 (2,91)	2,93 (2,56)	3,65 (3,19)	2,96 (2,13)	1. päivä > 2. päivä
Keskittyminen	6,39 (5,13)	5,67 (5,14)	8,03 (4,92)	6,39 (5,08)	(1. päivä > 2. päivä, p=0.06 M < A, p=0.057)
Hallintalaitteet	3,78 (3,59)	2,61 (2,71)	4,83 (4,27)	2,33 (2,66)	1. päivä > 2. päivä

3.6.1 Auton vaikutus

Subjektiiviset arviot eivät paljasta juurikaan eroja autojen välillä. Taulukossa 3.2 nähdään, että ainoa marginaalisesti merkitsevä (p=0.057) on keskittymisessä: automaatin arvioidaan vaativan enemmän keskittymistä, ja ero autojen välillä näyttäisi pysyvän samanlaisena kumpanakin päivänä.

3.6.2 Päivän vaikutus

Toisena päivänä subjektiivisissa arvioissa näkyi se, että tehtävä ja ihmiset olivat tuttuja, ja tilanne oli siksi ehkä rennompi. Auton ominaisuuksista johtuva epämukavuus väheni ($F(1,17)=5.15$, $p<0.05$) ja fyysistä rasitusta koettiin vähemmän ($F(1,17)=7.35$, $p<0.05$). Myös hallintalaitteiden käyttäminen arvioitiin toisena päivänä helpommaksi kuin ensimmäisenä päivänä ($F(1,17)=11.00$, $p<0.01$). Keskittymisen tarpeen väheneminen toisena päivänä verrattuna ensimmäiseen päivään oli marginaalisesti merkitsevä ($F(1,17)=3.95$, $p=0.063$).

3.6.3 Ikätekijä

Ikätekijä näkyi tilastollisesti merkitsevästi kahdessa auton ja ikäryhmän välisessä interaktiossa. Vanhemmat arvioivat manuaalin ja automaatin vaativan yhtä paljon keskittymistä ja molempien autojen vaativan ylipäätään enemmän keskittymistä kuin nuoremmat. Nuorempi ryhmä arvioi automaatin vaativan enemmän keskittymistä kuin manuaalin (auto x ikäryhmä, $F(1,16)=9.98$, $p<0.01$). Molemmat ryhmät arvioivat automaatin olevan fyysisesti yhtä raskas. Vanhemmat arvioivat manuaalin automaattia raskaammaksi, nuoremmat manuaalin automaattia kevyemmäksi (auto x ikäryhmä, $F(1,16)=4.85$, $p<0.05$).

Aikapainefaktorissa auton ja ikäryhmän välinen interaktio näkyi edellisen suuntaisesti, mutta se ei ollut tilastollisesti merkitsevä ($F(1,16)=4.26$, $p=0.056$). Vanhempi ikäryhmä koki molemmilla autoilla suurempaa aikapainetta kuin nuoremmat ja manuaalilla enemmän aikapainetta kuin automaatilla. Nuoremmat sen sijaan arvioivat kokevansa enemmän aikapainetta automaatilla kuin manuaalilla. Autofaktorilla arvioitaessa vanhempi ikäryhmä piti automaattivaihteista autoa mukavampana kuin manuaalia ja nuorempi ryhmä suurin piirtein yhtä mukavana ($F(1,16)=3.79$, $p=0.069$).

3.6.4 Kuormitustekijä

Kuormitus yksinään vaikutti osaan subjektiivisten arvioiden faktoreista. Aikapaine koettiin suuremmaksi kuormituksen kanssa kuin ilman kuormitusta ($F(1,16)=21.39$, $p<0.001$). Myös fyysinen rasitus arvioitiin suuremmaksi kuormitustilanteissa kuin tilanteissa, joissa lisäkuormitusta ei ollut ($F(1,16)=7.18$, $p<0.05$). Kuormitus lisäsi myös keskittymisen tarvetta verrattuna tilanteisiin, joissa ei ollut kuormitusta ($F(1,16)=7.31$, $p<0.05$).

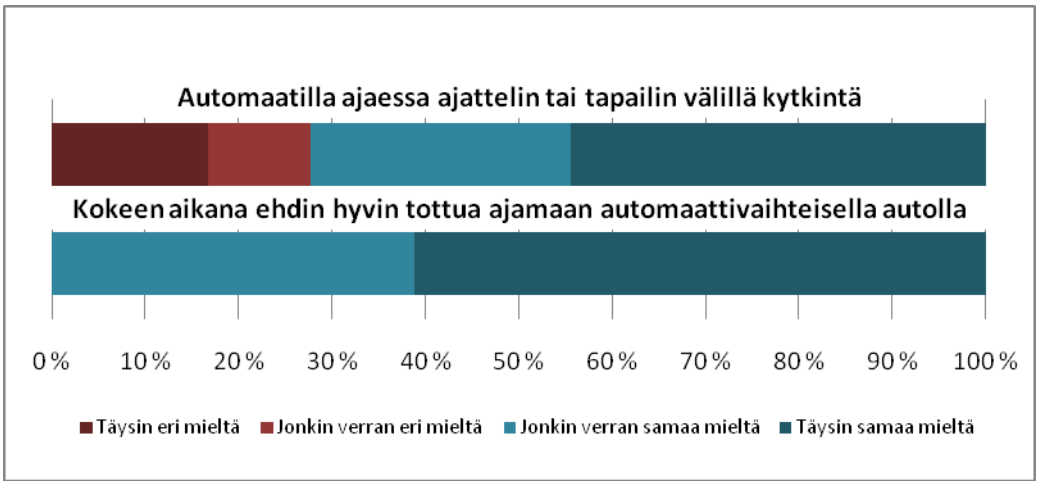
3.7 Loppulomake

Tutkimuksen loputtua koehenkilöt täyttivät manuaali- ja automaattivaihteista autoa vertailevan lomakkeen, jossa esitettiin väittämiä molemmista autoista. Koehenkilön tehtävänä oli arvioida oliko hän väittämistä samaa vai eri mieltä. Väitteiden arviointi tapahtui 20-portaisella asteikolla, joissa ääripäät olivat täysin eri mieltä ja täysin samaa mieltä. Tulkinnan helpottamiseksi arviot esitetään neljässä eri kategoriassa; täysin eri mieltä (1–5), jonkin verran eri mieltä (6–10), jonkin verran samaa mieltä (11–15) ja täysin samaa mieltä (16–20). Sellaisten koehenkilöiden, jotka eivät kokeneet osaavansa vastata annettuihin kysymyksiin, vastaukset on poistettu ko. kysymysten kohdalta. Tällaisia vastauksia oli neljä kappaletta.

Alla on esitetty osa loppulomakkeessa olleista kysymyksistä jaettuna kolmen teeman mukaisesti; automaattiin tottuminen, manuaaliin tottuminen ja suhtautuminen automaattiin.

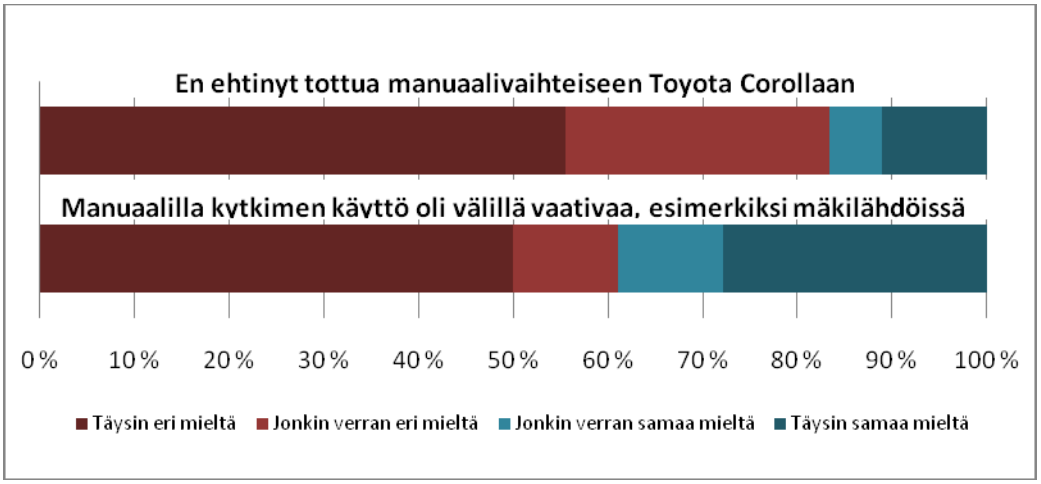
3.7.1 Automaattiin tottuminen

Subjektiivisten arvioiden mukaan suurin osa koehenkilöistä ajatteli tai tapaili automaatilla ajaessaan välillä kytkintä. Kaikki koehenkilöt arvioivat kuitenkin ehtineensä tottua kokeen aikana ajamaan automaattivaihteisella autolla.



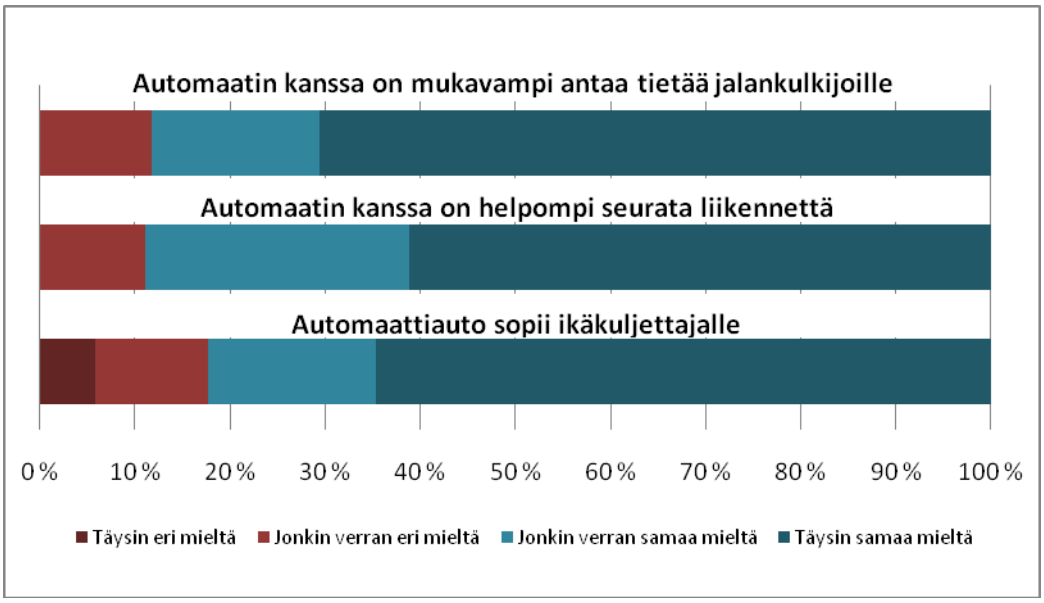
3.7.2 Manuaaliin tottuminen

Vaikka lähes kaikki koehenkilöt ehtivät arvionsa mukaan tottua manuaalivaihteiseen Toyota Corollaan, osa oli sitä mieltä, että kytkimen käyttö oli välillä vaativaa, esimerkiksi mäkilähdöissä.

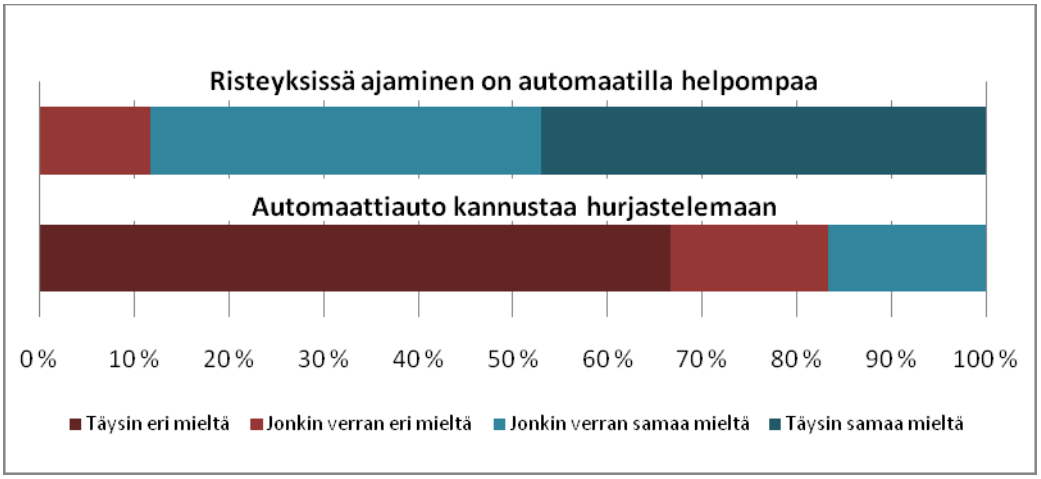


3.7.3 Suhtautuminen automaattiin

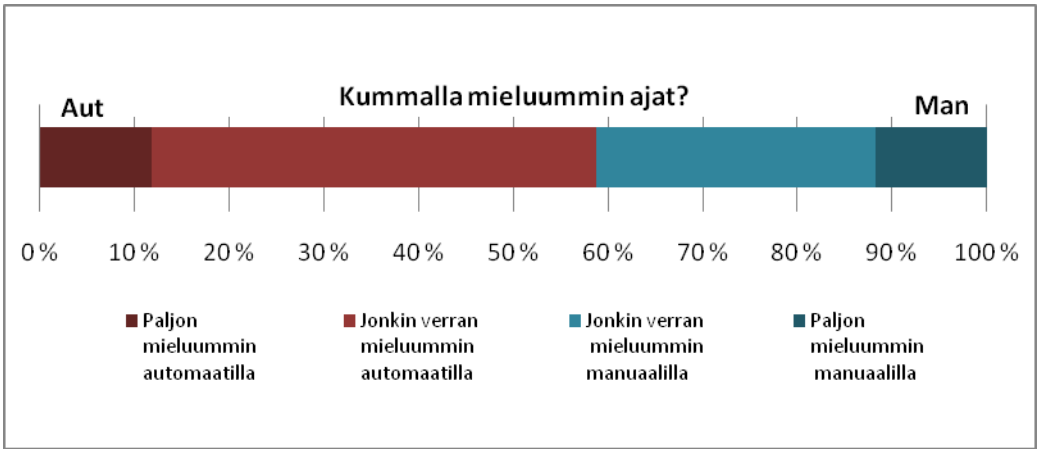
Suurin osa koehenkilöistä näytti suhtautuvan automaattiin myönteisesti. Useimmat arvioivat, että automaatin kanssa on helpompi seurata liikennettä ja mukavampaa antaa tietä jalankulkijoille. Yli puolet koehenkilöistä arvioi automaatin sopivan ikäkuljettajille.



Useimmat olivat jonkin verran tai täysin samaa mieltä siitä, että risteyksissä ajaminen on automaatilla helpompaa. Miltei kaikki koehenkilöt olivat sitä mieltä, että automaattivaihteinen auto ei kannusta hurjastelemaan.



Lopuksi koehenkilöiltä kysyttiin ajaisivatko he mieluummin manuaali- vai automaattivaihteisella autolla. Hieman yli puolet koehenkilöistä ajaisi arvionsa mukaan paljon tai jonkin verran mieluummin automaatilla kuin manuaalilla. Arvio siitä, ajaisiko mieluummin automaatilla vai manuaalilla ei riippunut iästä, sukupuolesta tai ajokokemuksesta[5].



[5] Testattiin lineaarisella regressiolla.

4 Johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa voitiin todeta, että automaattiin siirtyminen ei tuottanut ongelmia aktiivisesti ajaneille ikäkuljettajille, jotka eivät koskaan aikaisemmin olleet ajaneet automaattivaihteisella autolla. Vastoin odotuksia auton vaihteistotyyppi ei aiheuttanut olennaisia systemaattisia muutoksia ikäkuljettajien ajotavoissa tai tarkkaavaisuuden suuntaamisessa. Myöskään heidän subjektiivisesti raportoimansa kuormitus tai sydämen syke ei paljastanut olennaisia eroja autojen välillä.

Kuljettajat näyttivät tottuvat uuteen automaattivaihteiseen autoon jo muutaman tunnin ajon jälkeen. Tätä kuvaavat kuljettajien antamat suulliset arviot automaatista heti ensimmäisen ajokerran jälkeen:

- [Automaatti tuntui] hämmästyttävän helpolta. Aikaisemmin en ole uskaltanut lähteä automaatilla. — Mies, vanhempi ikäryhmä
- Tuntuu siltä, että on vaikeampi tottua uuteen manuaalivaihteistoon kuin automaattivaihteiseen autoon. — Nainen, nuorempi ikäryhmä

Nopeaan tottumiseen viittaavat myös subjektiiviset ja fysiologiset kuormittavuusmittarit (syke). Kuormitus väheni molemmilla autoilla samassa suhteessa ensimmäisestä päivästä toiseen. Uuden vaihteistotyypin tuottama kuormitus ei siis ollut edes lähellä koetilanteen tuottamaa alkujännitystä.

Hypoteesina oli, että vaikka vaihtaminen onnistuisi vaivattomasti, niin viimeistään kuormittavan lisätehtävän tekeminen tuottaisi eroja manuaalin ja automaatin välille. Tutkimuksessa lisätehtävä nosti sekä fysiologista (syke) että subjektiivista (arvioitua) kuormitusta. Lisätehtävän seurauksena molemmilla autoilla ajonopeus laski. Kuljettajat siis ilmeisesti kompensoivat lisätehtävän tuottamaa kuormitusta hidastamalla ajonopeutta ja ottamalla näin itselleen enemmän aikaa reagoida — ehkä objektiivisesti vähän mutta subjektiivisesti riittävästi. Lisätehtävä ei kuitenkaan tuottanut tilastollisesti merkitseviä eroja autojen välille.

Tulokset viittaavat siihen, että manuaalivaihteiston käyttö on kokeneilla kuljettajilla niin pitkälle automatisoitunutta, ettei sen vaikutusta ajamiseen ole helppo tuoda esille. Toisaalta voi olla, että ikääntyminen ei tutkimukseen osallistuneessa kuljettajaryhmässä ollut vielä heikentänyt heidän monitehtäväsuorituskykyjään.

Kuitenkin ikäryhmittäin tehty tarkastelu antaa viitteitä siitä, että ikä vaikuttaa ajamisen kuormittavuuteen. Vanhempi ikäryhmä arvioi subjektiivisesti, että molempien autojen ajaminen vaatii enemmän keskittymistä ja he kokivat suurempaa kiireen tuntua (aikapainetta) kuin nuorempi ikäryhmä.

Korkeampi kuormittavuus voi hidastaa tottumisprosessia. Päätelmää tukee se, että vanhemmalla ikäryhmällä sydämen sykkeen aleneminen ensimmäisestä päivästä toiseen päivään oli manuaalilla suurempi kuin automaatilla verrattuna nuorempaan ikäryhmään. Tämä voi viitata siihen, että tottuminen ei ollut vielä vanhemmassa ikäryhmässä saavuttanut samaa tasoa kuin nuoremmassa ikäryhmässä. Vanhemmat kuljettajat näyttävät tulosten perusteella tarvitsevat enemmän aikaa tottumiseen.

Voi olla, että iän vaikutus tottumisnopeuteen olisi suurempi, jos tarkasteltaisiin iäkkäämpiä kuljettajia (yli 75-vuotiaita). Toisaalta on huomattava, että tutkimukseen osallistuneet, sanomalehti-ilmoituksella rekrytoidut kuljettajat saattavat olla ikäluokkaansa keskimäärin aktiivisempia ja terveempiä. Iäkkäämmillä tai huonokuntoisemmilla kuljettajilla myös automaatin ja manuaalin väliset erot saattaisivat tulla voimakkaammin esiin.

Järjestetyt konfliktitilanteet osoittivat, että välitön kaasupoljinreaktio törmäyskurssilla lähestyvään jalankulkijaan, juoksijaan tai polkupyöräilijään oli automaattia ajettaessa nopeampi. Automaatti saattaa siis mahdollistaa hieman nopeammat reaktiot yllättävissä tilanteissa. Tarvitaan kuitenkin jatkotutkimuksia, jotta tässä tutkimuksessa havaittu vaikutus voidaan varmistaa ja sen syntymekanismi selvittää.

Automaattivaihteinen auto saattaa sujuvoittaa iäkkäämpien ajajien ajamista, mikä näkyy muun muassa heidän maksiminopeuksiensa kasvuna pienellä kierroksella toisena päivänä verrattuna ensimmäiseen päivään. Sujuvampi ajo saattaa toisaalta kostautua turvallisuudessa.

Ei ole ilman muuta selvää, että automaattivaihteiseen autoon siirtyminen vanhemmalla iällä parantaa turvallisuutta. Vaikka automaatti auttaisikin kompensoimaan heikentyvää motoriikkaa ja monitehtäväsuoritusta, tämä heikentyminen käy käsi kädessä yleisen hidastumisen ja tarkkaavaisuusongelmien etenemisen kanssa. Jos automaatti saa ajamisen tuntumaan varmemmalta ja kuljettajan jatkamaan ajamista kauemmin ja ehkä vaativammissa olosuhteissa, voi kognition heikentyminen, jota ei itse välttämättä huomaa, olla mahdollisesti hyvinkin suuri riskitekijä.

Kokonaisuudessaan kuljettajilla oli varsin positiivinen suhtautuminen automaattia kohtaan. Sen vuoksi oli melko yllättävää, että vain hieman yli puolet kuljettajista arvioi tutkimuksen lopuksi ajavansa mieluummin automaatilla kuin manuaalilla. Vaikka taustamuuttajat (kuten ikä, ajokokemus, sukupuoli) eivät selittäneet loppuarviota, kuljettajien tutkimuksen aikana antamat kommentit saattavat selittää henkilökohtaista mieltymystä.

Kuljettajiin, jotka arvioivat mieluummin ajavansa manuaalilla saattoi vaikuttaa robotisoidulle automaattivaihteistolle ominainen viive vaihtamisessa:

- Ei se tuntunut mitenkään erityiseltä. Automaatti tuntui lähinnä tehottomalta. Pitää olla erilainen varvastuntuma kuin manuaaliautoon. — Mies, nuorempi ikäryhmä, arvioi ajavansa jonkin verran mieluummin manuaalilla.
- Kyllä automaatti voisi olla hyvä, mutta ei tämä. — Nainen, vanhempi ikäryhmä, arvioi ajavansa jonkin verran mieluummin automaatilla

Toisaalta kyse voi olla tottumuksesta ja myös sen tuottamasta varmuuden tunteesta:

- Kyllähän sitä mielellään tekisi toisella jalalla ja kädellä jotain, mutta muutenhan tää tuntui ihan hyvältä. — Nainen, nuorempi ikäryhmä, arvioi ajavansa jonkin verran mieluummin manuaalilla
- Ihan mukavalta [automaatti on tuntunut]. Seuraava auto voisi olla automaatti, mutta ei se mikään välttämätön ole. Ehkä mä luotan manuaaliin

enemmän, että se toimii sitten liukkaalla. — Mies, vanhempi ikäryhmä, arvioi ajavansa jonkin verran mieluummin automaatilla

Tässä raportoitu tutkimus antaa viitteitä siitä, että automaatin ja manuaalin välillä voi olla eroja käytettävissä nopeuksissa sekä yllättäviin tilanteisiin reagoimisessa. Vaihtaminen on kuitenkin kokeneilla kuljettajilla niin automatisoitunut prosessi, ettei se juurikaan vaikuta heidän suoritukseen. Ikääntymisen todettiin lisäävän ajamisen kuormittavuutta ylipäänsä.

Mielenkiintoinen vertailukohde nyt tutkituille kokeneille ja aktiivisesti ajaneille kuljettajille olisi ajamisen uudelleen aloittavat ikäkuljettajat, jotka ovat hankkineet ajokortin nuorena, mutta kulkeneet pitkään pääasiassa esimerkiksi aviopuolison kyydissä. Kyyditsijän kuoltua tai tultua ajokyvyttömiksi heillä saattaa taas olla tarve alkaa ajaa esimerkiksi pitkien kauppamatkojen, harrastusten tai kesämökin takia. Automaattivaihteiston vaikutus heidän ajotaitojensa kertauksessa voisi olla merkittävä, koska vaihtamisen uudelleen opettelu voi ikääntyneenä olla hankalampaa kuin nuoremmille vasta-alkajille. Tässä ryhmässä on paljon naisia, jotka usein samanikäisiä miehiä terveempinä voisivat havainto- ja kognitiivisten kykyjensä puolesta olla turvallisia kuljettajia vielä useiden vuosien ajan.

5 Lähdeluettelo

Duncan, J., Williams, P., & Brown, I. (1991). Components of driving skill: experience does not mean expertise. *Ergonomics, 34,* 919–937.

Groeger, J. & Clegg, B. A. (1997). Automaticity and driving: time to change gear? In T. Rothengatter & E. Carbonell Vayá (toim.), *Traffic and Transport Psychology: Theory and Application.* Amsterdam: Pergamon, (ss. 137–146).

Gronwall, D. M. A. (1977). Paced auditory serial-addition task: a measure of recovery from concussion. *Perceptual and Motor Skills, 44,* 367–373.

Hancock, P. A. & Caird, J. K. (1993). Experimental evaluation of a model of mental workload. *Human Factors, 35,* 413-429.

Harbluk, J. L., Noy, Y. I., Trbovich, P. L. & Eizenman, M. (2007). An on-road assessment of cognitive distraction: impacts on drivers' visual behavior and braking performance. *Accident Analysis and Prevention, 39,* 372–379.

Harms, L. (1991). Variation in drivers' cognitive load: effects of driving through village areas and rural junctions. *Ergonomics, 34,* 151–160.

Lajunen, T., & Summala, H. (1995). Driving experience, personality, and skill and safety-motive dimensions in drivers' self-assessments. *Personality and Individual Differences, 19,* 307–318.

Lamble, D., Kauranen, T., Laakso, M. & Summala, H. (1999). Cognitive load and detection thresholds in car following situations: safety implications for using mobile (cellular) telephones while driving. *Accident Analysis & Prevention, 31,* 617–623.

Laessoe, U., Hoeck, H. C., Simonsen, O., & Voigt, M. (2008). Residual attentional capacity amongst young and elderly during dual and triple task walking. *Human Movement Science, 27,* 496–512.

Levy., J., Pashler, H., & Boer, E. (2006). Central interference in driving: is there any stopping the psychological refractory period? *Psychological Science, 17,* 228–235.

Norman, D. A. & Shallice, T. (1986). Attention to action: willed and automatic control of behavior. In R. Davidson, G. Schwartz, & D. Shapiro (toim.*), Consciousness and self regulation: Advances in Research and Theory (*Vol. 4, ss. 1–18). New York: Plenum Press.

Näätänen, R. & Summala, H. (1976). *Road-User Behavior and Traffic Accidents*. Amsterdam & New York: North-Holland/American Elsevier.

Reason, J., Manstead, A., Stradling, S., Baxter, J., & Campbell, K. (1990). Errors and violations on the roads — a real distinction. *Ergonomics, 33,* 1315–1332.

Reitan, R. M., & Wolfson, D. (1985). *The Halstead-Reitan Neuropsychological Test Battery: therapy and clinical interpretation.* Tucson, AZ: Neuropsychological Press.

Salthouse, T. A. (2000). Aging and measures of processing speed. *Biological Psychology, 54,* 35–54.

Sampson, H. (1956). Pacing and performance on a serial addition task. *Canadian Journal of Psychology, 10,* 219–225.

Schneider, W. & Shiffrin, R.M (1977). Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search and attention. *Psychological Review, 84,* 1–66.

Shiffrin, R.M & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending, and a general theory. *Psychological Review, 84,* 127–190.

Shinar, D., Meir, M., & Ben-Shoham, I. (1998). How automatic is manual gear shifting. *Human Factors, 40,* 647–654.

Summala, H. (1997). Hierarchical model of behavioral adaptation and traffic accidents. In T. Rothengatter & E. Carbonell Vayá (toim.), *Traffic and Transport Psychology: Theory and Application.* Amsterdam: Pergamon, s. 41–52.

Summala, H. (2000). Automatization, automation, and modeling of drivers' behavior. *Journal Recherche-Transports-Sécurité (RTS), 66,* 35–46.

Summala, H., Etholén, T., Leino, N., Niskakangas, M., Laine, M., & Saarinen, S. (2008). FR-TMT: visuospatiaalinen (työ)muisti Trail Making-testin tietokoneistetussa versiossa. Psykologia 2008 kongressi, Helsinki, 20.-22.8.2008.

Summala, H., Vierimaa, J., Hietamäki, J. & Keinänen, K. (1981). *Varoitusvilkku ja jalankulkijoiden turvallisuus: kokeellinen tutkimus autonkuljettajien käyttäytymisestä (*TVH 741966). Tie- ja vesirakennushallitus, Liikennetoimisto.

Wikman, A.-S., & Summala, H. (2005). Aging and time sharing in highway driving. *Optometry and Vision Science, 82,* 716–723.

Wikman, A.-S., Nieminen, T. & Summala, H. (1998). Driving experience and time-sharing during in-car tasks on roads of different width. *Ergonomics, 41,* 358–372.

Liite 1: Ajon arviontilomake

Merkitse rasti ruudukkoon siihen kohtaan joka parhaiten vastaa näkemystäsi kyseisestä asiasta tai ominaisuudesta

Miten ajaminen sujui?

fyysisesti raskas		fyysisesti kevyt
fyysisesti epämukava		fyysisesti mukava
psyykkisesti kuormittava		psyykkisesti helppo
väsyttävä		virkistävä
ahdistava		levollinen
jännittynyt		rento
epämiellyttävä		miellyttävä
vaarallinen		turvallinen
ajaessa oli kiireen tuntu		ajaessa oli hyvin aikaa
en ehtinyt tarkkailla liikennettä		ehdin hyvin tarkkailla liikennettä
en ehtinyt lukea liikenteen opastusta		ehdin hyvin lukea liikenteen opastusta
tilanteet pääsivät yllättämään		tilanteet eivät yllättäneet
ajoin huonosti		ajoin hyvin
reagoin hitaasti		reagoin nopeasti
ajaminen vaati paljon ponnistelua		ajaminen ei vaatinut ponnistelua
ajaminen vaati paljon keskittymistä		ajaminen ei vaatinut keskittymistä
hallintalaitteet vaativat huomiotani		hallintalaitteet eivät vaatineet huomiotani
sekaannuin hallinta-laitteissa		en sekaantunut hallinta-laitteissa
ajaminen vaati keskittymistä		ei vaatinut keskittymistä
olin ajatuksissani		olin valpas

Millainen auto oli?

hankala ajaa		helppo ajaa
huonosti hallittava		hyvin hallittava
epämiellyttävä		miellyttävä
ajomukavuus huono		ajomukavuus hyvä
tehoton		tehokas

Millainen olonne on nyt?

väsynyt		virkeä
fyysisesti epämukava		fyysisesti mukava
jäsenet väsyneet tai puutuneet		eivät lainkaan väsyneet
kyllästynyt		kiinnostunut
ärtynyt		hyväntuulinen
turhautunut		ei lainkaan turhautunut

pvm	klo	ajo 1-4	auto A/M	kh n:o	sää	sade0/1/2	hy/liikenne
2009							2009

Liite 2: Loppulomake

Merkitse rasti ruudukkoon siihen kohtaan joka parhaiten vastaa näkemystäsi kyseisestä asiasta tai ominaisuudesta

Kokeenaikana ehdin hyvin tottua ajamaan automaattivaihteisella autolla.

Täysin eri mieltä — Täysin samaa mieltä

Mäkilähdöt ovat automaatilla helpompia.

Täysin eri mieltä — Täysin samaa mieltä

Manuaalivaihteisella autolla ajan harkitummin ja siksi paremmin.

Täysin eri mieltä — Täysin samaa mieltä

Automaatilla ajaessa ajattelin tai tapailin välillä kytkintä.

Täysin eri mieltä — Täysin samaa mieltä

Manuaalilla kytkimen käyttö oli välillä vaativaa, esimerkiksi mäkilähdöissä.

Täysin eri mieltä — Täysin samaa mieltä

En ehtinyt tottua manuaalivaihteiseen Toyota Corollaan.

Täysin eri mieltä — Täysin samaa mieltä

Automaatilla ajan harkitummin ja siksi paremmin.

Täysin eri mieltä — Täysin samaa mieltä

Automaattiauto sopii ikäkuljettajille

Täysin eri mieltä — Täysin samaa mieltä

Automaatin kanssa on helpompi seurata liikennettä.

Täysin eri mieltä — Täysin samaa mieltä

Automaatin kanssa on mukavampi antaa tietä jalankulkijoille.

Täysin eri mieltä — Täysin samaa mieltä

Automaattiauto kannustaa hurjastelemaan.

Täysin eri mieltä — Täysin samaa mieltä

Risteyksissä ajaminen on automaatilla helpompaa.

Täysin eri mieltä — Täysin samaa mieltä

Mielestäni manuaali on parempi, jos auton käsittelytaidot ovat hyvät.

Täysin eri mieltä — Täysin samaa mieltä

Vaihteiden vaihtaminen pitää minut valppaana ja siksi manuaalin kanssa liikennettä tulee seurattua paremmin.

Täysin eri mieltä — Täysin samaa mieltä

Automaatti soveltuu paremmin kaupunkiajoon.

Täysin eri mieltä — Täysin samaa mieltä

Automaattiautolla tuntuma autoon on heikompi.

Täysin eri mieltä — Täysin samaa mieltä

Lopuksi:

Kummalla mieluummin ajat?

Ehdottomasti automaatilla — Ehdottomasti manuaalilla

Muuta kommentoitavaa autoista, koejärjestelyistä tms.?

pvm	klo			kh n:o			hy/liikenne
2009							2009