

Suomalaisten halukkuus maksaa tieliikenteen henkilövahinkojen vähentämisestä

Heikki Kauppi ja Mitri Kitti

Julkaisun nimi Suomalaisten halukkuus maksaa tieliikenteen henkilövahinkojen vähentämisestä			
Tekijät Heikki Kauppi ja Mitri Kitti			
Toimeksiantaja ja asettamispäivämäärä Liikenne- ja viestintävirasto Traficom, 23.11.2018			
Julkaisusarjan nimi ja numero Traficomin tutkimuksia ja selvityksiä 20/2020		ISSN (verkkajulkaisu) 2669-8781 ISBN (verkkajulkaisu) 978-952-311-730-3	
Asiasanat maksuhalukkuus, henkilöliikenne, tilastollinen ihmishengen arvo, loukkaantumisen välttämisen tilastollinen arvo, vakava loukkaantuminen, lievä loukkaantuminen, kuolemaan johtava onnettomuus			
Tiivistelmä Suomessa menehtyy liikenteessä vuosittain keskimäärin yli kaksisataa ihmistä, useita satoja loukkaantuu vakavasti, tuhansia lievästi. Loukkaantumiset ja kuolemat aiheuttavat inhimillistä kärsimystä ja kustannuksia koko yhteiskunnalle. Tieliikenneonnettomuuksien määrään ja laatuun voidaan vaikuttaa julkisilla toimenpiteillä ja investoinneilla turvallisuuteen. Jotta verovarjoilla katettavat liikenneinvestoinnit vastaisivat kansalaisten tarpeisiin mahdollisimman hyvin, julkisen päätöksenteon tueksi tarvitaan tietoa siitä, miten paljon ihmiset arvostavat liikenneturvallisuutta rahassa mitattuna. Tässä tutkimuksessa selvitetään suomalaisten halukkuutta maksaa liikenneonnettomuusriskien vähentämisestä henkilöautolla kuljettaessa silloin, kun onnettomuus voi johtaa joko lievään loukkaantumiseen, vakavaan loukkaantumiseen tai kuolemaan. Koska onnettomuusriskin pienentäminen merkitsee sitä, että ihmisiä menehtyy tai loukkaantuu liikenteessä vähemmän, riskin pienentämistä koskevan maksuhalukkuuden perusteella voidaan arvioida, kuinka paljon kansalaiset ovat valmiita maksamaan yhden loukkaantumisen välttämistä tai ihmishengen turvaamisesta liikenteessä. Suomessa ei ole ennen tätä tutkimusta selvitetty kansalaisten halukkuutta maksaa liikenneonnettomuusriskien vähentämisestä. Ylipäänsä halukkuutta maksaa lieviin ja vakaviin henkilövahinkoihin johtavien liikenneonnettomuuksien vähentämisestä on tutkittu kansainvälisesti vähän. Tutkimuksen havaintoaineisto muodostettiin ns. valintakokeella (choice experiment), johon kutsuttiin 20 000 satunnaisesti valittua suomalaista aikuista (18-75 vuotiasta). Valintakoe toteutettiin verkkokyselyllä, ja kutsutuista lähes 2 700 vastasi tutkimuksen kaikkiin valintakoe kysymyksiin. Valintakokeessa vastaajille esitettiin tehtäviä, joissa heidän tuli valita itselleen mieluisin vaihtoehto kahdesta onnettomuusriskistä vähentävästä toimesta, joiden ajateltiin sisältävän esimerkiksi erilaisia auton turvavarusteratkaisuja. Vaihtoehtoihin liitettiin niistä vastaajalle aiheutuvat oletetut kustannukset, jolloin vastausten perusteella voidaan muodostaa arvio siitä, kuinka paljon ihmiset ovat valmiita maksamaan liikenneonnettomuuksissa tapahtuvien loukkaantumisten ja menehtymisten riskien vähentämisestä. Aikaisempaan tutkimuskirjallisuuteen nähden uutta tässä tutkimuksessa on, että samassa valintakokeessa on mukana lievien ja vakavien onnettomuuksien sekä kuolemaan johtavien onnettomuuksien riskit. Tällöin tutkittaviin onnettomuustyyppisiin liittyvät maksuhalukkuudet saadaan selvitettyä pienemmällä määrällä kysymyksiä kuin menettelyssä, jossa valittavat vaihtoehdot pitävät sisällään vain yhden onnettomuustyyppin riskin kerrallaan. Lisäksi valintatilanteen määrittely kolmen onnettomuustyyppin riskitason suhteen mahdollistaa mieltymysten (preferenssien) täsmällisemmän mallintamisen ja mm. sen, että aineistosta voidaan muodostaa laatuviikoidun elinvuoden (quality adjusted life year) painot tutkimuksessa käytetyille terveydentiloille. Kyselyssä loukkaantumisiin liittyvät terveydentilat kuvataan hyödyntämällä yleisesti käytössä olevien MAIS ja EQ-5D-5L -asteikkojen määritelmiä. Tutkimuksen maksuhalukkuusestimaintien perusteella ns. tilastollinen ihmiselämän arvo on Suomessa noin 2;4 miljoonaa euroa. Vastaavasti vakavan loukkaantumisen (välttämisen) arvo on noin 900 000 euroa ja lievän loukkaantumisen (välttämisen) arvo noin 60 000 euroa. Nämä luvut (ns. onnettomuusarvot) kuvaavat tieliikenteen turvallisuuden keskimääräistä arvostusta suomalaisen aikuisten keskuudessa.			
Yhteyshenkilö Hanna Strömmer	Raportin kieli suomi	Luottamuksellisuus julkinen	Kokonaissivumäärä 94
Jakaja	Kustantaja Liikenne- ja viestintävirasto Traficom		

Raportin tekemisessä käytetystä tiedostomuodosta johtuen raportti ei ole saatavissa. Lisätietoja raportin sisällöstä saatavissa tarvittaessa viestinta@traficom.fi

Publikationens namn Finländarnas villighet att betala för en minskning av personskador i vägtrafiken			
Författare Heikki Kauppi och Mitri Kitti			
Tillsatt av och datum Transport- och kommunikationsverket Traficom 23.11.2018			
Publikationsseriens namn och nummer Traficoms forskningsrapporter och utredningar 20/2020		ISSN (e-publikation) 2669-8781 ISBN (e-publikation) 978-952-311-730-3	
Ämnesord betalningsvilja, persontrafik, värdet av ett statistiskt liv, statistiskt värde av undvikande av skador, allvarliga skador, lindriga skador, olyckor med dödlig utgång			
Sammandrag I Finland avlider årligen i genomsnitt fler än två hundra personer i trafiken, flera hundra skadas allvarligt och tusentals lindrigt. Skadorna och dödsfallen orsakar mänskligt lidande och kostnader för hela samhället. Antalet vägtrafikolyckor och typen av olyckor kan påverkas med offentliga åtgärder och investeringar i säkerheten. För att med skattemedel gjorda trafikinvesteringar ska motsvara medborgarnas behov så väl som möjligt, behövs det till stöd för det offentliga beslutsfattandet information om hur mycket individerna värdesätter trafiksäkerheten mätt i pengar. I den här utredningen klarlägger vi finländarnas vilja att betala för minskade trafikolycksrisker med personbil i fall där olyckan kan leda till antingen lindriga skador, allvarliga skador eller död. Eftersom en minskad olycksfallsrisk innebär att färre människor avlider eller skadas i trafiken, kan man utifrån betalningsviljan för att minska risken utvärdera hur mycket medborgarna är redo att betala för att undvika att en person skadas eller för att trygga ett människoliv i trafiken. I Finland har man inte innan den här utredningen tagit reda på medborgarnas vilja att betala för att minska trafikolycksriskerna. I regel har viljan att betala för minskningen av trafikolyckor som leder till lindriga och allvarliga personskador internationellt sett undersökts i rätt liten utsträckning. Forskningens observationsmaterial bildades genom urval med den så kallade CE-metoden (choice experiment) till vilken 20 000 slumpmässigt utvalda finländska vuxna (i åldern 18–75 år) kallades. Urvalet utfördes som en webbenkät och nästan 2 700 av de inbjudna besvarade alla urvalsfrågor. I urvalet gavs respondenterna uppgifter där de skulle välja det mest tilltalande alternativet av två åtgärder som minskar olycksfallsriskerna och som antogs inkludera exempelvis olika säkerhetsutrustningslösningar för bilar. Vid alternativen beskrevs de kostnader som antogs uppstå för respondenten. Utifrån svaren kan man göra en uppskattning av hur mycket människor är redo att betala för att minska på riskerna för skador och dödsfall i trafikolyckor. Det som är nytt i den här undersökningen jämfört med tidigare forskningslitteratur är, att man i samma urvalsprov har inkluderat risker som leder till lindriga och allvarliga olyckor och risker som leder till dödsolyckor. På så sätt kan man utreda betalningsviljan för de olika undersökta olycksfallstyperna med ett mindre antal frågor än genom en metod där urvalsprovets alternativ endast innehåller risker för en olycksfallstyp åt gången. Att valen definieras enligt risknivån för tre olika olycksfallstyper gör det möjligt att noggrannare modellera preferenserna och bl.a. att man utifrån materialet kan skapa vikter för ett kvalitetsjusterat levnadsår (quality adjusted life year) för de hälsotillstånd som används i undersökningen. De skaderelaterade hälsotillstånden i enkäten beskrivs genom tillämpning av definitionerna på de allmänt använda skalorna MAIS och EQ-5D-5L. Enligt den estimerade betalningsviljan i undersökningen är det s.k. värdet av ett statistiskt liv i Finland cirka 2,4 miljoner euro. Värdet på (att undvika) en allvarlig skada är på motsvarande sätt cirka 900 000 euro och värdet på (att undvika) en lindrig skada är cirka 60 000 euro. Dessa siffror (de s.k. olycksvärdena) beskriver den genomsnittliga uppskattningen av vägtrafikens säkerhet bland de finländska vuxna.			
Kontaktperson Hanna Strømmer	Språk finska	Sekretessgrad offentlig	Sidoantal 94
Distribution	Förlag Transport- och kommunikationsverket Traficom		

På grund av filformatet som har använts för att skapa den här rapporten är rapporten inte tillgänglig. För mer information om rapportens innehåll, vänligen kontakta viestinta@traficom.fi.

Title of publication Finns' willingness to pay for the reduction of personal injuries in traffic			
Author(s) Heikki Kauppi och Mitri Kitti			
Commissioned by, date Finnish Transport and Communications Agency Traficom, 23 November 2018			
Publication series and number Traficom Research Reports 20/2020		ISSN (electronic publication) 2669-8781 ISBN (electronic publication) 978-952-311-730-3	
Keywords willingness to pay, passenger traffic, statistical value of human life, statistical value of avoiding injury, serious injury, minor injury, fatal accident			
<p>Abstract</p> <p>On average, more than two hundred people die, several hundred people are seriously injured and thousands of people are slightly injured in traffic in Finland each year. Injuries and deaths cause human suffering and generate costs for the whole of society. The number and type of road traffic accidents can be affected through policy and investments in safety. In order for the traffic investments paid for with tax euros to best meet citizens' needs, public decision-making needs to be based on data on how highly people value traffic safety as measured in money.</p> <p>This study determines Finns' willingness to pay for reduced passenger car traffic accident risks when an accident may result in either minor injuries, serious injuries or death. Because reducing the accident risk means that fewer people die or are injured in traffic, the willingness to pay to reduce the risk can be used to assess how much citizens are willing to pay to avoid one injury or to save one life in traffic. The willingness to pay to reduce the risk of injury in traffic has not been studied in Finland previously. Overall, willingness to pay to reduce traffic accidents resulting in minor or serious personal injuries has not been studied extensively internationally.</p> <p>The observation material in the study was generated by using a so-called choice experiment put to 20,000 randomly selected Finnish adults (aged 18–75), who were invited to participate in the study. The choice experiment was implemented as an online survey, and nearly 2,700 of the invitees answered all of the questions in the experiment. The experiment consisted of tasks where the respondent was asked to choose the option best suited to them out of two actions reducing the risk of an accident, which were assessed to contain various vehicle safety equipment solutions, for example. The estimated costs of these choices to the respondent were attached to the options, which allowed for the responses to be used in generating an assessment of how much people were willing to pay to reduce the risk of injury and death resulting from traffic accidents.</p> <p>As opposed to previous research literature, this study included the risks for accidents resulting in minor and serious injuries and death. This allowed for the willingness to pay associated with the types of accident in question to be determined by using fewer questions compared to a method where the options only pertain to the risks of one type of accident at a time. In addition, the determination of the selection situation based on three accident types enabled a more precise modelling of preferences and the ability to generate weights for quality adjusted life years for the health statuses used in the study, for example. In the survey, the health statuses connected to injuries are described with the help of the definitions of the MAIS trauma scale and EQ-5D-5L instrument. Based on the willingness-to-pay estimates gained from the study, the so-called statistical value of human life is determined at approximately 2.4 million euros in Finland. Similarly, the value of (avoiding) serious injury is approximately 900,000 euros and the same for (avoiding) slight injury is approximately 60,000 euros. These figures (so-called accident values) illustrate the average valuation of road safety among Finnish adults.</p>			
Contact person Hanna Strömmer	Language Finnish	Confidence status public	Pages, total 94
Distributed by		Published by Finnish Transport and Communications Agency Traficom	

Because of the file format used for creating this report, the report is not accessible. For more information of the contents of the report, please contact viestinta@traficom.fi.

ALKUSANAT

Tutkimuksessa on tarkasteltu suomalaisten halukkuutta maksaa liikenneonnettomuusriskien vähentämisestä. Tutkimus on ensimmäinen liikenneonnettomuuksien kustannuksiin kuuluvan hyvinvoinnin menetyksen arvottamisen tutkimus Suomessa. Tutkimuksen tuloksia hyödynnetään mm. liikenneväylien hankearvioinnissa ja liikenneonnettomuuksien kokonaiskustannusten seurannassa.

Tutkimuksen tilaajana on toiminut Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. Tutkimuksen ovat toteuttaneet Turun yliopiston kauppakorkeakoulun taloustieteen laitoksen professori Heikki Kauppi ja tutkijatohtori Mitri Kitti. Tutkimuksen ohjausryhmään ovat kuuluneet Hanna Strömmer, Annu Korhonen, Inkeri Parkkari, Riikka Rajamäki ja Mikko Räsänen Traficomista ja Anton Goebel Väylävirastosta. Liikenne- ja viestintäministeriön Juha Tervonen on myös osallistunut tutkimuksen kommentointiin.

Helsingissä, 23. marraskuuta 2020

Hanna Strömmer
Erityisasiantuntija

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom

FÖRORD

I undersökningen granskades finländarnas vilja att betala för att minska riskerna för trafikolyckor. Undersökningen är den första i Finland som undersöker värdet på kostnaderna för förlust av hälsan till följd av en trafikolycka. Undersökningens resultat ska bl.a. utnyttjas i projektutvärdering av trafikleder och för uppföljning av de totala kostnaderna för trafikolyckor.

Undersökningen beställdes av Transport- och kommunikationsverket Traficom. Undersökningen genomfördes av professor Heikki Kauppi och forskardoktor Mitri Kitti vid institutionen för ekonomi vid handelshögskolan vid Åbo universitet. I undersökningens styrgrupp ingick Hanna Strömmer, Annu Korhonen, Inkeri Parkkari, Riikka Rajamäki och Mikko Räsänen från Traficom och Anton Goebel från Trafikledsverket. Även Juha Tervonen från Kommunikationsministeriet deltog i kommenteringen av undersökningen.

Helsingfors den 23 november 2020

Hanna Strömmer
Specialsakkunnig

Transport- och kommunikationsverket Traficom

FOREWORD

The study examines Finns' willingness to pay for a reduction in traffic accident risks. It is the first study of the valuation of the loss of well-being included in the costs of traffic accidents in Finland. The results of the study will be utilised in road project assessments and the monitoring of overall costs of traffic accidents.

The study was commissioned by the Finnish Transport and Communications Agency Traficom. The research was carried out by Professor Heikki Kauppi and Post-Doctoral Researcher Mitri Kitti from the Department of Economics of Turku School of Economics of the University of Turku. The research steering group included Hanna Strömmer, Annu Korhonen, Inkeri Parkkari, Riikka Rajamäki and Mikko Räsänen from Traficom and Anton Goebel from the Finnish Transport Infrastructure Agency. Juha Tervonen from the Ministry of Transport and Communications also participated in commenting the study.

In Helsinki, 23 November 2020

Hanna Strömmer
Special Adviser

Finnish Transport and Communications Agency Traficom

Sisältö

1	Johdanto	9
2	Valintakoe	12
2.1	Henkilövahinkojen määrittely	12
2.2	Riskitasot	14
2.3	Valintatilanteen muotoilu ja rajaaminen	15
2.4	Valintatehtävien määrä ja rakenne	17
2.5	Kustannusasteikot	19
2.6	Kysymykset vastaajien taustoista	21
2.7	Pääkyselyn otanta ja toteutus	22
3	Maksuhalukkuuden ekonometrinen mallintaminen	24
3.1	Satunnaisen hyödyn malli	24
3.2	Satunnaisen hyödyn mallin laajennus	26
3.3	Estimointi	28
3.4	Maksuhalukkuus	29
3.5	Tilastolliset onnettomuusarvot	32
3.6	Laatuvakioidun elinvuoden painot	33
4	Empiirinen analyysi	35
4.1	Taustatekijät	35
4.2	Estimointitulokset	41
4.2.1	Perusmallit ilman kontrollimuuttujia	42
4.2.2	Maksuhalukkuuden heterogeenisuus ja kontrollimuuttujat	46
4.2.3	Maksuhalukkuuserojen laajennettu tarkastelu	53
4.2.4	Painotetut maksuhalukkuusestimaatit	62
4.2.5	Laatuvakioidun elinvuoden painojen estimaatit	65
4.3	Tulosten yhteenvedo	70
5	Lopuksi	74

Lähteet	77
Tilastoaineistot	82
Liitteet	85
A Ohjeet vastaajille	85
B Valintakoekysymyksiä	89
C Taustakysymykset	91
D Saate- ja muistutuskirjeet	93

1 Johdanto

Liikenneonnettomuuksista aiheutuu inhimillistä kärsimystä ja kustannuksia koko yhteiskunnalle. Suomessa menehtyy liikenteessä vuosittain keskimäärin yli kaksisataa ihmistä, useita satoja loukkaantuu vakavasti, tuhansia lievästi. Suoria taloudellisia menetyksiä syntyy onnettomuuksista seuraavista terveyskuluista ja menetetyistä työpanoksesta. Liikenneonnettomuuden uhrille suurin haitta koituu usein elämän laadun tilapäisestä tai pysyvästä heikentymisestä. Pahimmassa tapauksessa onnettomuus johtaa kuolemaan.

Tieliikenneonnettomuuksien määrään ja laatuun voidaan vaikuttaa toimenpiteillä, jotka kohdistuvat kuljettajien käyttäytymiseen sekä ajoneuvojen ja liikennejärjestelyiden turvallisuuteen (Peden ym. (2004)).¹ Liikenneturvallisuuksi lisäävät toimet tuottavat taloudellisia kustannuksia. Suoria kuluja aiheutuu esimerkiksi investoinneista teiden kuntoon. Epäsuoria kustannuksia syntyy esimerkiksi nopeusrajoituksista, jotka pidentävät henkilöliikenteen ja tavarakuljetusten matka-aikoja. Jotta verovarjoilla katettavat liikenneinvestoinnit vastaisivat kansalaisten tarpeisiin mahdollisimman hyvin, julkisen päätöksenteon tueksi tarvitaan tietoa siitä, miten paljon ihmiset arvostavat liikenneturvallisuuksi rahassa mitattuna.

Tässä tutkimuksessa selvitetään suomalaisten halukkuutta maksaa liikenneonnettomuuksien vähentämisestä henkilöautolla kuljettaessa silloin, kun onnettomuus voi johtaa henkilövahinkoihin. Koska onnettomuusrisin pienentäminen merkitsee, että ihmisiä menehtyy liikenteessä vähemmän, risin pienentämiseen liittyvän maksuhalukkuuden perusteella voidaan arvioida mm. sitä, kuinka paljon kansalaiset ovat valmiita maksamaan yhden ihmishengen turvaamisesta liikenteessä. Tällaista arviota kutsutaan tilastolliseksi ihmiselämän arvoksi tai VSL-luvuksi (engl. *value of statistical life*). VSL-luku on keskeinen ja vakiintunut apuväline liikenneinvestointeja koskevissa kustannushyötyanalyyseissä (ks. käsitteeseen liittyviä varhaisia teoreettisia tutkimuksia esim. Drèze (1962), Jones-Lee (1974), Mishan (1971) ja Schelling (1968)).

¹Tieliikenneonnettomuuksien syyt liittyvät yleensä kuljettajien käyttäytymiseen (ks. Rolison ym. (2018))

Ihmisten halukkuutta maksaa onnettomuusriskien vähentämisestä on vaikea arvioida käytössä olevilla tilastotiedoilla. Esimerkiksi, vaikka henkilön ansioiden perusteella voidaan arvioida, miten paljon hän menettää tuloja onnettomuudesta seuraavan terveydellisen haitan johdosta, niiden perusteella ei voida luotettavasti päätellä, miten paljon hän on valmis maksamaan liikenneturvallisuuden lisäämisestä. Loukkaantumiset aiheuttavat paljon muitakin haittoja kuin mahdolliset tulon menetykset. Luotettavaa tietoa maksuhalukkuudesta saataisiin tilanteista, joissa ihmiset maksaisivat liikenneturvallisuudesta aidosti (markkinoilla). Tähän soveltuvaa ja kattavaa tilastoaineistoa ei kuitenkaan ole saatavilla.

Koska onnettomuusriskien vähentämiseen liittyvää maksuhalukkuutta on vaikeaa tai mahdotonta arvioida tilastotietojen perusteella, tässä tutkimuksessa maksuhalukkuutta arvioidaan ns. valintakoemenetelmällä, jonka käyttö on yleistynyt liikenneturvallisuutta koskevassa kansainvälisessä tutkimuskirjallisuudessa viimeisten noin kymmenen vuoden aikana (Carlsson ym. (2010), Mouter ym. (2017), Rizzi ja de Dios Ortúzar (2006) ja Veisten ym. (2013)). Valintakoemenetelmässä tutkimuksen kohderyhmään kuuluvia henkilöitä pyydetään tekemään valintoja kahden oletetun vaihtoehdon välillä. Valintoihin liittyvät vaihtoehdot eroavat toisistaan siinä, mitä ne maksaisivat valinnan tekijälle ja millaisia liikenneonnettomuusriskejä ne hänelle merkitsisivät. Yksittäisen henkilön valintakokeessa tekemät valinnat tulkitaan havainnoiksi siitä, mitä hän tekisi todellisessa valintatilanteessa. Jos tutkittavat henkilöt on valittu satunnaisotannalla ja heitä on paljon, valintakokeen vastauksista voidaan muodostaa kehittyneillä ekonometrisilla menetelmillä luotettava tilastollinen arvio väestön keskimääräisestä maksuhalukkuudesta ja edelleen mm. arvio VSL-luvusta.

Tämän tutkimuksen valintakoe toteutettiin verkkokyselyllä, johon kutsuttiin 20 000 satunnaisesti valittua suomalaista aikuista (18–75 vuotiasta). Heistä lähes 2 700 vastasi tutkimuksen kaikkiin kysymyksiin. Valintakokeen yhteydessä vastaajilta kysyttiin taustatietoja, joiden avulla tilastollisen analyysin tarkkuutta, luotettavuutta ja edustavuutta voitiin edelleen parantaa.

Kansainväliseen tutkimuskirjallisuuteen verrattuna käsillä oleva tutkimus on ainutlaatuinen siinä, että valintakokeessa henkilön on valittava vaihtoehdoista, joissa on samanaikaisesti mukana lieviin ja vakaviin loukkaantumisiin sekä kuolemaan johtavien onnettomuuksien riskit. Tämän ratkaisun eräs etu on, että eri onnettomuustyyppihin liittyvät maksuhalukkuudet saadaan arvioitua luotettavasti pienemmällä määrällä kysymyksiä kuin menettelyssä, jossa valittavat vaihtoehdot sisältävät vain yhden onnettomuustyyppin riskin kerrallaan. Lisäksi useamman kuin yhden riskitason muuntelu valittavissa vaihtoehdoissa mahdollistaa mieltymysten (preferenssien) mallintamisen siten, että aineistosta voidaan muodostaa elämänlaadulla vakioidun elinvuoden

painot eri terveydentiloille.

Kyselyssä onnettomuuksista aiheutuvien loukkaantumisten määrittelyiden perusteena käytettiin liikennealan tutkimuksissa usein sovellettua MAIS-asteikkoa, mutta valintakokeen kuvauksissa sitä täydennettiin ns. EQ-5D-5L -asteikon sanallisilla kuvauksilla. Tämä lisää osaltaan valintakokeen tulosten luotettavuutta, koska EQ-5D-5L -asteikon kuvaukset ottavat huomioon ihmisten oman kokemuksen terveydentilastaan paremmin kuin MAIS-asteikon kuvaukset, jotka perustuvat etupäässä terveydentilan anatomiseen määrittelyyn.

Ennen tätä tutkimusta ei ole selvitetty, kuinka paljon suomalaiset ovat halukkaita maksamaan onnettomuusriskien vähentämisestä. Liikenneinvestointien hyötyanalyysissä on sovellettu ruotsalaisten tutkimusten onnettomuusarvoja. Käytössä ei ole ollut tietoa siitä, kuinka hyvin ruotsalaiset onnettomuusarvot kuvaavat suomalaisten halukkuutta maksaa onnettomuusriskien vähentämisestä.

Aikaisemmat tutkimukset ovat tyypillisesti rajoittuneet kuolemaan johtaviin onnettomuusriskeihin. Maksuhalukkuutta muiden (lievien ja vakavien henkilövahinkojen) onnettomuusriskien vähentämiseen liittyen on ylipäänsä tutkittu kansainvälisesti vähän. Euroopan unionissa on kiinnitetty huomiota siihen, että vakavat henkilövahingot tieliikenteessä eivät ole viime vuosina vähentyneet, ja Euroopan komissio on asettanut tavoitteeksi laskea näiden vahinkojen määrää. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella voidaan arvioida tällaisten tavoitteiden rahallista arvoa kansalaisten maksuhalukkuuden näkökulmasta.

Luvussa 2 kuvataan, miten tutkimuksen valintakoe rakennettiin ja toteutettiin. Luvussa 3 kuvataan ekonometriset mallit ja menetelmät, joilla valintakokeen avulla tuotetusta havaintoaineistosta muodostetaan tilastollinen arvio maksuhalukkuudesta ja onnettomuusarvoista. Empiiriset analyysit ja tulokset raportoidaan luvussa 4, ja luvussa 5 esitetään tutkimuksen johtopäätökset.

Kiitämme tutkimushankkeen ohjausryhmää tärkeistä ideoista ja kommentteista tutkimuksen kuluessa. Kiitämme myös Juha Tervosta (Liikenne ja viestintäministeriö) ja Arvoke-ryhmän osallistujia arvokkaasta palautteesta. Kiitämme Jere Jokista ja Olli Lappalaista avusta tehdessämme Turun yliopiston päätöksentekolaboratorion koehenkilöpoolin jäsenille suunnatut pilottilintakokeet. Kiitämme kyseisiin kokeisiin osallistuneita opiskelijoita ja kaikkia niitä suomalaisia, jotka osallistuivat tutkimuksen toisen vaiheen pilottikyselyyn ja tutkimuksen pääkyselyyn. Saimme monilta vastaajilta hyödyllistä palautetta tutkimuksen eri vaiheissa.

2 Valintakoe

Valintakokeessa vastaajalle esitetään joukko tehtäviä, joissa kussakin hänen tulee valita kahden oletetun vaihtoehdon välillä. Vaihtoehdot eroavat siinä, mitä ne maksaisivat valinnan tekijälle ja millaisia kuolemaan, vakaviin ja lieviin loukkaantumisiin johtavia onnettomuusriskejä ne hänelle merkitsisivät. Tutkijan on päätettävä muun muassa siitä, miten kyselyn eri onnettomuustyyppit määritellään, mitä vaihtoehtojen riskit ovat, miten ne kuvataan ja mitä vaihtoehtojen kustannukset ovat. Ratkaisun tulee olla sellainen, että vastaajan valinnat paljastavat mahdollisimman luotettavasti, miten paljon hän olisi valmis maksamaan onnettomuusriskien vähentämisestä todellisuudessa.

Vastaajan maksuhalukkuudesta saadaan sitä tarkempi kuva, mitä useampaan erilaiseen valintakysymykseen hän vastaa. Aikaisemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että vapaaehtoinen osallistuminen valintakokeeseen vähenee melko nopeasti, kun kysymysten määrä kasvaa (ks. Carlsson (2008)). Yleensä valintatehtäviä on kahdeksasta kuuteentoista (Louviere ym. (2000)). Tämä asettaa varsin tiukan rajoitteen sille, kuinka monta erilaista riski- ja kustannustasoa kysymyksissä voidaan käyttää. Ongelmaa korostaa se, että samoja kysymyksiä käytetään useiden vastaajien maksuhalukkuuden mittaamiseen. Vaihtoehtoisissa esiintyvien riski- ja kustannustasojen vaihtelun tulee olla siinä määrin laajaa, että niiden avulla saadaan esille jokaisen vastaajan maksuhalukkuus. Seuraavissa luvuissa kuvataan, miten edellä esitetyt kysymykset ja haasteet on ratkaistu tässä tutkimuksessa.

2.1 Henkilövahinkojen määrittely

Valintakokeen tavoitteena on mitata, kuinka paljon vastaaja on valmis maksamaan kuolemaan, vakaviin ja lieviin loukkaantumisiin johtavien onnettomuuksien riskien pienentämisestä. Valintakokeen tulosten tulkinnan kannalta on tärkeää, että loukkaantumiset määritellään tarkoituksenmukaisesti ja että vastaaja myös ymmärtää ne oikein.

Liikenneonnettomuuksissa tapahtuvat loukkaantumiset luokitellaan ja ti-

lastoidaan yleensä soveltamalla onnettomuudessa henkilölle aiheutuvien vammojen diagnostiikkakoodoja. Jokaiselle vammalle on oma koodinsa ja koodille on puolestaan määritelty erilaisia vakavuusluokkia. Esimerkiksi ns. AIS-asteikossa (*abbreviated injury scale*) yksittäisen vamman vakavuus määritellään luvuilla 1,2, . . . ,6. Liikenneonnettomuus voi aiheuttaa uhrille useita vammoja ja tällöin loukkaantumisen vakavuus määritellään tyypillisesti vakavimman vamman mukaan. Jos onnettomuuden aiheuttamat vammat luokitellaan AIS-asteikolla, näin saatua loukkaantumisen vakavuusasteikkoa kutsutaan MAIS-asteikoksi (*maximum abbreviated injury scale*). EU:n alueen tilastoissa henkilövahinko on luokiteltu vuodesta 2013 alkaen vakavaksi, jos sen MAIS-asteikon lukema on vähintään kolme (European Commission 2015).

MAIS-asteikko perustuu vammojen anatomiseen määrittelyyn ja käytännössä arvio nojaa terveydenhuollon ammattilaisen tekemiin diagnooseihin. Tavallisten ihmisten näkökulmasta loukkaantuminen on kuitenkin subjektiivisempi kokemus ja anatomisesti lieväksi luokiteltu vamma voi tuntua vakavalta ja vastaavasti anatomisesti vakava vamma voi tuntua lievältä. Tämän takia terveystaloustieteessä käytetään myös ihmisten subjektiiviseen kokemukseen perustuvaa terveydentilan luokittelua. Tällöin henkilön kokemus omasta terveydentilastaan selvitetään hänelle tehtävällä kyselyllä. Kyselyn pohjana käytetään usein Euroqol-säätiön kehittämää ns. EQ-5D luokittelua, jossa terveydentila kuvataan viidessä ulottuvuudessa (tai dimensiossa, ”5D”, ks. Szende ym. (2007)).

EQ-5D luokittelun ulottuvuudet ovat (1) kyky liikkua, (2) kyky huolehtia itsestään, (3) kyky suoriutua tavanomaisista toiminnoista, (4) kipu ja (5) ahdistus. Henkilön terveydentilaa mitattaessa häneltä kysytään, miten hän kokee oman terveytensä kunkin ulottuvuuden osalta joko asteikolla 1–3 (3L) tai asteikolla 1–5 (5L). Kummassakin tapauksessa henkilön terveydentila ilmaistaan viiden numeron jonona, jossa kukin numero viittaa annetun ulottuvuuden mitattuun tasoon sovelletulla asteikolla. Asteikkojen tasoilla (lukemilla) on niiden vastaavaa kokemustilaa konkretisoivat sanalliset kuvaukset.

Tässä tutkimuksessa vakavien ja lievien loukkaantumisten määritelmien lähtökohtana on MAIS-asteikko kuten monissa aikaisemmissa liikenneturvalisuutta koskevissa tutkimuksissa, mutta loukkaantumisten MAIS-asteikkoon perustuvia anatomisia kuvauksia täydennetään EQ-5D-5L -asteikkoon perustuvilla kuvauksilla. Perusteluna on se, että valintakokeen tulos nojaa joka tapauksessa siihen, miten vastaaja annetun loukkaantumistyyppin kuvauksen mielessään kokee tai kuvittelee. Lisäksi EQ-5D-5L -asteikon käyttö mahdollistaa sen, että valintakokeen tuloksia voidaan soveltaa ns. laatuviikoidun elinvuoden painojen estimointiin.

Lievät loukkaantumiset kuvattiin kyselyssä niin, että se vastaa MAIS-

luokittelussa ehtoa MAIS-luku ≤ 2 (vastaajille annetut kuvaukset löytyvät liitteestä A). Anatomisesta näkökulmasta tämä merkitsee, että onnettomuus voi aiheuttaa esimerkiksi haavoja, pienempien luiden murtumia, sijoiltaan menoja ja nyrjähdyksiä. Tämän lisäksi lievän loukkaantumisen seuraukset kuvattiin vastaten EQ-5D-5L -asteikon tilaa 11331, jolloin loukkaantuminen ei vaikeuta kävelemistä tai itsestä huolehtimista, eikä siitä seuraa ahdistusta tai masennusta, mutta se vaikeuttaa tavanomaisten toimintojen suorittamista jonkin verran sekä aiheuttaa kohtalaisia kipuja tai vaivoja.

Vakava loukkaantuminen kuvattiin niin, että se vastaa MAIS-asteikon lukemaa 4. Tällöin onnettomuus voi aiheuttaa henkilölle mm. isojen luiden murtumia ja sisäelinten repeämiä. Lisäksi mainittiin, että onnettomuuteen voi liittyä useita tunteja tajuttomuutta ja useita vuorokausia sairaalahoitoa. Muutoin terveydentilaa kuvattiin niin, että se vastaa EQ-5D-5L -luokitusta 44554, eli loukkaantuminen vaikeuttaa merkittävästi kävelemistä ja itsestä huolehtimista, estää tavanomaisten toimintojen suorittamisen, aiheuttaa ankaria kipuja tai vaivoja ja saa erittäin ahdistuneeksi tai masentuneeksi.

Loukkaantumisten kuvauksissa määriteltiin myös, kuinka kauan ko. terveydellinen haitta kestäisi. Lievän loukkaantumisen terveydellisen haitan määriteltiin kestävän kolme kuukautta. Vastaajaa siis kehoitettiin ajattelemaan, että lievän loukkaantumisen tapauksessa uhrin terveys palautuisi normaalisti kolmen kuukauden kuluttua onnettomuudesta. Vakavan loukkaantumisen kohdalla terveydentilan oletettiin palautuvan normaalisti vuoden kuluttua onnettomuudesta. Nämä rajaukset terveydentilan heikentymisen keston suhteen konkretisoivat osaltaan loukkaantumisen vakavuuden astetta. Lisäksi ajalliset rajaukset mahdollistavat sen, että valintakokeen tulosten perusteella lieville ja vakaville loukkaantumisille voidaan estimoida ns. laatuviikoidun elinvuoden painot (ks. luku 3.6).

2.2 Riskitasot

Valintakokeen riskitasojen asettamisessa on luontevaa ottaa viitekohdaksi onnettomuustyyppien vallitsevat todelliset riskit. Tilastokeskuksen mukaan Suomessa tapahtuvissa liikenneonnettomuuksissa kuolee vuosittain noin 250, loukkaantuu vakavasti noin 500 ja loukkaantuu muutoin (lievästi) noin 5 000 ihmistä (Tilastokeskus 2020f). Yleisesti tiedetään, että kaikkia liikenneonnettomuuksia ei ilmoiteta viranomaisille ja siten osa onnettomuuksista ei ole mukana onnettomuustilastoissa. Arviot siitä, kuinka suuri osa loukkaantumisiin (mutta ei kuolemiin) johtavista onnettomuuksista jää ilmoittamatta viranomaisille, vaihtelevat välillä 20–60 % (ks. Elvik ja Mysen (1999) ja Yannis ym. (2014)).

Todelliset onnettomuusriskit (onnettomuuksien määrät väestöön suhteutettuna) ovat todennäköisyyksinä siinä määrin pieniä, että niitä voi olla vaikea ymmärtää. Tästä johtuen liikennetodennäköisyyksiä koskevista kyselytutkimuksissa riskit esitetään yleensä todennäköisyyksien sijasta uhrimäärinä jostakin aika- tai matkayksikköä ja väestömäärää kohden. Tässä tutkimuksessa riskit ilmaistiin uhrimäärinä kymmentä tuhatta asukasta kohden kymmenessä vuodessa. Valintakokeessa vastaajia pyydettiin oletamaan, että vallitsevassa tilanteessa liikenneonnettomuuksissa kuolee 5, loukkaantuu vakavasti 10 ja loukkaantuu lievästi 100 ihmistä 10 000 henkilöä kohden 10 vuodessa. Nämä riskitasot ovat vastaajille erittäin helppoja mieltää ja myös vastaavat varsin hyvin todellisia onnettomuusriskejä Suomessa.

Valintakokeen vaihtoehdoissa sovellettiin edellä kuvattujen vallitsevien riskitasojen lisäksi niiden alennettuja tasoja, yksi kullekin riskityypille. Alennetut tasot pyrittiin valitsemaan niin, että niiden erot perustasoihin nähden ovat vastaajille helposti ymmärrettäviä ja toisaalta merkityksellisiä. Kuolemaan johtavien onnettomuuksien osalta alennettu riskitaso on 3 ihmistä 10 000 henkilöä kohden 10 vuodessa. Vakavaan loukkaantumiseen johtavien onnettomuuksien osalta alennettu riskitaso on 6 ja lievien osalta 60 uhria 10 000 henkilöä kohden 10 vuodessa. Alennetut riskitasot ovat siis uhrimäärinä 40 % alhaisempia kuin vallitsevalla tasolla (10 000 henkilöä kohden 10 vuodessa). Esimerkiksi kuolemaan johtavien onnettomuuksien osalta alennettu riskitaso tarkoittaisi keski-ikäiselle suomalaiselle, jonka jäljellä oleva odotettu elinikä on 37 vuotta (Tilastokeskus 2020c), keskimäärin noin 10 päivää pidempää elinikää kuin vallitsevalla tasolla.

Joissakin tutkimuksissa on havaittu, että onnettomuusriskin alentamista arvostetaan eri tavalla riippuen siitä, mikä on oletettu lähtöriskitaso (ks. de Blaeij ym. (2003) ja Viscusi ja Aldy (2003)). Jotta tätä mahdollisuutta voitaisiin arvioida, valintakokeessa tulisi käyttää useampia vallitsevia riskitasoja. Näin ei kuitenkaan tehty, koska kysely on muilta osin vastaajalle varsin monimutkainen. Lisäksi kiinnostus kohdistuu ensisijaisesti siihen, miten kansalaiset arvostavat riskien alentamista niiden nykyisiltä tasoilta, jotka vastaavat tutkimuksessa sovellettuja perustasoja.

Taulukossa 2.1 esitetään yhteenveto kyselyssä sovelletuista riskitasoista eri onnettomuustyypeille.

2.3 Valintatilanteen muotoilu ja rajaaminen

Valintakokeen tulosten tulkinnan kannalta on tärkeää, että vastaaja ymmärtää valintatilanteen oikealla tavalla. Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu, että riskejä alentavien toimien osalta maksuhalukkuuteen vaikuttaa se,

Taulukko 2.1: Valintakokeen onnettomuustyyppit ja sovelletut riskitasot

Vakavuus	Onnettomuustyyppit			Riskitasot	
	MAIS	EQ-5D-5L	kesto	perustaso	alennettu
Kuolettava	6	-	-	5	3
Vakava	4	44554	12 kk	10	6
Lievä	2	11331	3 kk	100	60

Huom. Riskitasot ovat uhrimääriä kymmentä tuhatta ihmistä kohden kymmenessä vuodessa.

onko kyseessä investointi julkishyödykkeeseen vai yksityiseen kulutukseen (ks. Andersson ja Lindberg (2009) ja Hultkrantz ym. (2006)). Esimerkiksi tieverkon kunnan parantaminen on investointi julkishyödykkeeseen, koska teiden käyttö on kaikille vapaata. Autoon hankittu turvavaruste on puolestaan investointi yksityiseen kulutukseen.

Jos maksuhalukkuuskysely koskee julkishyödykettä, vastaaja saattaa kokea maksavansa muiden turvallisuudesta tai että hän saa turvahyödyn joka tapauksessa, vaikka ei maksaisi mitään (ns. vapaamatkustajan ongelma, ks. de Blaeij ym. (2003)). Tässä tutkimuksessa tavoitteena on mitata maksuhalukkuutta nimenomaan yksityisen kulutuksen näkökulmasta ja siksi riskejä alentavia toimia konkretisoitiin esimerkillä, jossa autoon lisätään turvavarusteita. Kyselyssä kuitenkin korostettiin, että vastaajan tulee ajatella riskin vähentäminen yleisellä tasolla, ei investointina tiettyyn turvavarusteeseen.

Maksuhalukkuutta voidaan arvioida myös valintakokeella, jossa vastaajalta kysytään, hyväksykö hän korkeamman riskin vaihtoehdon, jos saa siitä määrätyn rahallisen korvauksen. Tämä tuottaa arvion (riskin) hyväksymishalukkuudesta, ns. WTA-arvosta (eng. *willingness to accept*). Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu, että riskien nostamiseen liittyvä hyväksymishalukkuus on usein hiukan korkeampaa kuin riskien vähentämiseen liittyvä maksuhalukkuus (Wijnen ym. (2017)). Riskien vähentämiseen perustuvaa maksuhalukkuutta pidetään yleisesti mielekkäämpänä. Sen vuoksi tässäkin tutkimuksessa kysymykset muotoillaan niin, että rahalla saa vaihtoehdon, jossa onnettomuusriski on matalampi kuin vallitsevassa tilassa.

Halukkuuteen maksaa riskin alentamisesta vaikuttaa myös se, miten pian riskin oletetaan laskevan ja kuinka pitkää ajanjaksoa riskille altistuminen koskee (kirjallisuudessa ns. latenssi-vaikutus, ks. Dolan ym. (2008)). Välittömästi toteutuvasta turvallisuuden paranemisesta maksetaan enemmän kuin investoinnista, joka laskee riskejä vasta tulevaisuudessa. Oletettavasti maksuhalukkuus on alhaisempaa, jos riski pienenee vain lyhyeksi ajaksi. Tässä tutkimuksessa turvallisuutta parantava investointi määriteltiin niin, että sen vaikutus on välitön ja kestoltaan kymmenen vuotta. Tämä on sopuinnassa

mm. auton turvavarusteen tyyppillisen käyttöiän kanssa.

2.4 Valintatehtävien määrä ja rakenne

Valintakokeessa yksittäiselle vastaajalle esitettiin yhteensä 14 valintatehtävää, joissa kussakin hänen tuli valita yksi kahdesta vaihtoehdosta. Kysymykset muotoiltiin kahdella tavalla.

Ensimmäisissä yhdeksässä kysymyksessä (asetelma 1) toinen vaihtoehto oli maksuton, toinen maksullinen. Maksuttomassa vaihtoehdossa onnettomuusriskit olivat niiden vallitsevilla tasoilla, jotka määriteltiin edeltävässä luvussa. Maksullisessa vaihtoehdossa yhden onnettomuustyyppien riski oli alennettu (uhreja 40 % vähemmän kuin vallitsevalla tasolla) ja muiden onnettomuustyyppien riskit pysyivät niiden vallitsevilla tasoilla. Vaihtoehtojen kustannukset olivat euromääräisiä. Valintakysymyksiä esitettiin jokaista onnettomuustyyppien riskin alenemaa kohden kolme, ja nämä kolme kysymystä erosivat vain siinä, mikä maksullisen vaihtoehdon kustannus on. Kysymyksissä sovelletut kustannustasot vaihtelivat onnettomuustyyppien välillä. Tähän palataan tarkemmin seuraavassa luvussa. Alla esitetään havainnollistava esimerkki asetelman 1 kysymyksestä.

Esimerkki asetelmasta 1

Valittavanasi ovat vaihtoehdot A ja B, joista A on maksullinen turvavaruste, joka pienentää riskiäsi loukkaantua liikenneonnettomuudessa henkilöauton kuljettajana tai matkustajana.

	A	B
kustannus	100	0
lievä	60	100
vakava	10	10
kuolema	5	5

Lopuissa viidessä kysymyksessä (asetelma 2) molemmat vaihtoehdot olivat maksullisia. Lisäksi eri onnettomuustyyppien riskitasot saattoivat vaihdella vaihtoehtojen välillä. Kysymyksen yhteydessä vastaajalle kerrottiin, että valittavat turvavarusteet voivat olla erilaisia turvavarustelmien yhdistelmiä, joilla estetään eri ruumiinosiin kohdistuvia vammoja. Alla on esimerkki asetelman 2 valintakoe-kysymyksestä.

Esimerkki asetelmasta 2

Valittavanasi ovat turvavarusteet A ja B, jotka pienentävät riskiäsi loukkaan-

tua liikenneonnettomuudessa henkilöauton kuljettajana tai matkustajana.

	A	B
kustannus	100	200
lievä	100	60
vakava	6	10
kuolema	5	3

Eräs etu asetelmassa 2 on, että siinä vastaajan on punnittava tarkemmin, miten hän suhtautuu eri onnettomuustyyppien riskeihin yhtäaikaisesti. Eteen tulee valintatilanteita, joissa kumpikaan vaihtoehto ei ole kaikkien riskien osalta toista parempi, vaikka molemmat vaihtoehdot ovat riskien suhteen parempia kuin oletetussa vallitsevassa tilassa.

Asetelman 2 toinen etu liittyy valintakokeen havaintoaineiston ekonometriseen analyysiin, jossa estimoidaan ns. satunnaisen hyödyn malli ja muodostetaan siihen pohjautuvat arviot maksuhalukkuudesta ja onnettomuusarvoista (ks. luku 3). Tulosten luotettavuuden kannalta on tärkeää, että mallin parametrien estimointi on harhatonta (estimaatit osuvat keskimäärin oikeaan) ja mahdollisimman tehokasta (estimaatit vaihtelevat otoksesta toiseen mahdollisimman vähän). Asetelmaan 2 pohjautuvat havainnot parantavat estimoinnin tehokkuutta. Tätä voidaan havainnollistaa lineaarisen regressiomallin avulla. Tiedetään, että lineaarisen regression kertoimien pienimmän neliösumman (PNS) estimaattorin jakauman vaihtelun suuruus (estimoinnin epävarmuus) riippuu siitä, kuinka paljon mallin selittäjät korreloivat keskenään. Mitä heikompa selittäjien välinen korrelaatio on, sitä enemmän PNS-estimaattorin jakauma keskittyy oikeiden parametrisarvojen ympäristöön. Siis, jos tutkijalla on mahdollisuus valita regressiossa käytettävien selittäjien arvot, hänen kannattaa valita ne niin, että selittäjät ovat keskenään korreloimattomia. Koska asetelmassa 2 riski- ja kustannustasoja voidaan vaihdella monipuolisemmin kuin asetelmassa 1, sen avulla tämä onnistuu paremmin.

Käytännössä valintakokeen asetelman ja satunnaisen hyödyn mallin estimoinnin tehokkuuden välinen yhteys on huomattavasti monimutkaisempi kuin PNS-estimaattorin tehokkuuden yhteys lineaarisen regression selittäjien korrelaatorakenteeseen. Kirjallisuudessa esitetään useita tekniikoita valinta-tehtävien tehokkaaseen muotoiluun. Tässä tutkimuksessa sovelletaan niistä ns. D-tehokkuuteen (Kessels ym. (2006) ja Rose ja Bliemer (2009)) perustuvaa tekniikkaa. Menetelmässä estimoitavan mallin parametrien arvoista tehdään ensin alustavia (ns. priori-) oletuksia ja näiden oletusten perusteella johdetaan vaihtoehtoisissa esiintyvien attribuuttien mahdollisten arvojen kombinaatiot, joiden tuottama havaintoaineisto antaisi tehokkaimmat estimaatit priori-oletusten mukaisille parametreille.

D-tehokkaiden kysymysten muodostamiseen tarvittavat priori-oletukset ovat subjektiivisia, ja voidaan kysyä, miten ja millä perusteella tutkijan tulisi ne muodostaa. Joissakin tutkimuksissa priori-oletus ilmaistaan jonkin jakauman avulla samaan tapaan kuin bayesilaisessa päättelyssä. Tässä tutkimuksessa priori-oletukset tehtiin kuitenkin kiinnittämällä parametreille tietyt arvot kuten tutkimuksissa Carlsson ja Martinsson (2003) ja Huber ja Zwerina (1996), eli tutkimuksessa sovellettiin nk. D_p -tehokasta kysymyspatteriston suunnittelua. Kiinnitetty parametriarvot puolestaan muodostettiin tutkimuksen varsinaista valintakoetta edeltävän pilottivalintakokeen perusteella.

2.5 Kustannusasteikot

Edellä kuvattiin valintakokeen vaihtoehtoiset riskitasot eri onnettomuustyypeille ja miten valintatehtävät muotoiltiin. Valintakokeen onnistumisen kannalta on tärkeää, että siinä käytetyt kustannustasot ovat vastaa-jille mielekkäitä, realistisia.

Yleisesti voidaan olettaa, että lähes jokainen on valmis maksamaan ainakin pienen summan oman turvallisuutensa parantamisesta liikenteessä. Toisaalta riskin vähentämisen kustannus voidaan asettaa niin korkeaksi, että juuri kukaan ei ole sitä valmis maksamaan. Koska valintakokeessa voidaan käyttää vain varsin pientä määrää vaihtoehtoisia kustannustasoja, haasteena on valita ne niin, että niihin sisältyy jokaisen maksuhalukkuuteen sopivia vaihtoehtoja. Jos tässä ei onnistuta, on odotettavaa, että osa vastaajista käyttäytyy ns. leksikografisesti, eli valitsee aina joko halvimman tai kalleimman vaihtoehdon.

Tässä tutkimuksissa sopivia kustannustasoja haettiin tutkimuksen varsinaista pääkyselyä edeltävillä kahdella pilottivalintakokeella. Ensimmäiseen pilottikokeeseen kutsuttiin Turun yliopiston päätöksentekolaboratorion koehenkilöpooliin rekisteröityneet henkilöt (n. 2 000 opiskelijaa). Heille lähetettiin sähköpostitse kutsu osallistua valintakokeeseen, joka toteutettiin kutsussa annettussa verkko-osoitteessa lopullisen kyselyn tapaan. Vastauksia saatiin noin 250 henkilöltä, mikä vastasi poolin koehenkilöiden normaalia osallistumisastetta. Valintakokeen kustannustasot asetettiin suurin piirtein samalle tasolle kuin Ruotsissa tehdyssä maksuhalukkuustutkimuksessa (Carlsson ym. (2010)). Vastauksissa ei ilmennyt selvää leksikografista käyttäytymistä ja vastausten perusteella muodostetut maksuhalukkuusestimaatit olivat suuruusluokaltaan uskottavia.

Koska ensimmäisen pilottikokeen yliopisto-opiskelijat eivät edusta koko väestöä, järjestettiin toinen pilottivalintakoe, johon kutsuttiin postitse 1 000

satunnaisesti valittua 18–75 vuotiasta suomalaista. Tätä ennen ensimmäiseen pilottikokeeseen osallistuneet opiskelijat kutsuttiin toiseen tutkimukseen, jonka yhteydessä heiltä kysyttiin palautetta valintakokeen toteutuksesta. Heidän vastaustensa perusteella valintakokeen ohjeistusta ja muotoilua paranneltiin. Valintakokeen kustannustasoihin tehtiin samalla pieniä muutoksia.

Toiseen pilottikokeeseen kutsutuista henkilöistä vain 59 (6 %) vastasi valintakokeen kaikkiin kysymyksiin. Matala osallistumisaste johtui todennäköisesti siitä, että valintakoe toteutettiin heinäkuussa. Heräsi myös epäily, että toisen pilotin kysely saattoi olla joillekin vastaajille liian vaativa ja monitahoinen. Tämän perusteella valintakokeen rakennetta selkiytettiin ja ohjeita pilkottiin pienempiin osiin.

Tutkimuksen pääkyselyn vaihtoehtoiset kustannustasot valittiin seuraavasti. Lieviin loukkaantumisiin johtavien onnettomuuksien riskeille asetettiin kolme ja muille onnettomuustyypeille neljä erilaista kustannustasoa. Tämän ratkaisun avulla valintakokeen erilaisten mahdollisten riski-kustannuskombinaatioiden määrä saatiin rajattua sopivaksi. Lievien loukkaantumisten osalta (ensimmäiset kolme valintakysymystä) kustannusvaihtoehdot olivat 10, 100 ja 300. Asteikon alin kustannus, 10, saattaa vaikuttaa pieneltä, mutta siihen päädyttiin, koska pilottikokeissa havaittiin selvää leksikografista vastaamista esimerkiksi, kun alaraja oli 50 euroa. Vakavien loukkaantumisten osalta (valintakysymykset 4–6) vaihtoehtoiset kustannukset olivat 100, 200, 300 ja 500. Tässäkin asteikossa alaraja valittiin pilottikokeiden tulosten avulla niin, että leksikograafista vastaamista ei juurikaan esiintyisi. Erityisesti toisessa pilottikokeessa havaittiin, että jos alin kustannus oli 200, vastaajista noin 15 % valitsi aina halvimman vaihtoehdon. Kuolemaan johtavien loukkaantumisten osalta lopullinen kustannusasteikko oli 100, 200, 400, 600. Tässä asteikossa alin kustannustaso osoittautui sopivaksi ensimmäisen ja ylin toisen pilottikokeen tulosten perusteella.

Tutkimuksen pääkyselyn valintakokeen kysymykset esitettiin siten, että kaikissa kolmessa kutakin onnettomuustyyppiä koskevassa osiossa kustannukset nousivat kysymysten edetessä. Maksullinen turvavaruste oli vuoroin vaihtoehto A tai B. Lisäksi kysely lohkottiin siten, että vakavien loukkaantumisten osalta kustannusten asteikkona oli joko 100, 200, 500 tai 100, 300, 500. Vastaavasti kuolemaan johtavien onnettomuuksien osalta asteikot olivat 100, 200, 600 tai 200, 400, 600 tai 100, 400, 600. Lievien loukkaantumisten kohdalla käytössä oli vain yksi asteikko. Tällöin erilaisia lohkoja oli yhteensä kuusi kappaletta. Kukin vastaaja sai vastattavakseen jonkin näistä kuudesta. Esimerkkejä valintakoe-kysymyksistä esitetään liitteessä B.

Asetelman 2 mukaisissa kysymyksissä kustannukset olivat joko 100, 200, 300, 400 tai 500. Tällöin erilaisia mahdollisia kysymyspareja oli 992. Näistä

muodostettiin yhteensä 30 kysymystä, viisi kuhunkin kuuteen lohkoon.

2.6 Kysymykset vastaajien taustoista

Aikaisemmissa tutkimuksissa on ilmennyt, että maksuhalukkuus riippuu mm. henkilön tuloista, iästä ja terveydentilasta. Periaatteessa tämä tarkoittaa, että esimerkiksi tilastollinen elämän arvo voi vaihdella eri väestöryhmien välillä. Tutkimuksen tavoitteena ei kuitenkaan ole estimoida väestöryhmäkohtaisia onnettomuusarvoja. Taustatietoja kysyttiin vain, jotta vastaajien mieltymysten erot voitaisiin ottaa mallintamisessa huomioon tavalla, joka lisää koko väestön keskimääräisen maksuhalukkuuden estimoinnin luotettavuutta.

Kaikki vastaajille esitetyt taustakysymykset löytyvät liitteestä C. Kysymykset valittiin suureksi osaksi aikaisempien kansainvälisten tutkimuksien perusteella. Lisäksi niiden määrittelyssä hyödynnettiin Sillan ja Tervosen (Silla ja Tervonen (2018)) esiselvityksen ehdotuksia. Seuraavassa kuvataan lyhyesti kysymysten keskeiset perustelut.

Asuinympäristöön liittyvät kysymykset. Asuinympäristö vaikuttaa riskiasenteisiin kahdella tavalla. Asuinpaikkaan liittyy tiettyjä sille ominaisia taustatariskejä (*background risks*), joihin yksilö ei voi itse vaikuttaa. Toisaalta henkilön oma toiminta voi vaikuttaa hänen kohtaamiinsa liikennesuhteisiin eri tavoin erilaisissa liikenneympäristöissä. Yleisesti ihmisten kohtaamat riskitasot (*baseline risks*), joissa on mukana heistä riippumattomat ja riippuvat tekijät, vaihtelevat alueittain. Tämän vaihtelun on havaittu olevan yhteydessä mitattuihin riskiasenteisiin (Eeckhoudt ja Hammitt (2001)).

Tulot, ikä, perhe, lapset. Tulojen nousu nostaa maksuhalukkuutta, ja erot tuloissa selittävät osaltaan, miksi eri maissa suoritetuissa maksuhalukkuustutkimuksissa saadaan toisistaan poikkeavia onnettomuusarvoja (Viscusi ja Masterman (2017)). Korkea ikä laskee maksuhalukkuutta (Aldy ja Viscusi (2008)). Vanhemmuus ja lasten lukumäärä saattavat vaikuttaa maksuhalukkuuteen perinnönjättömotiivin (*bequest-motive*) kautta (ks. Andersson ja Treich (2011)).

Huolestuneisuus, riskiasenteet, onnettomuuskokemukset. Ihmisillä voi samoista sosioekonomisista lähtökohdista huolimatta olla erilainen suhtautuminen liikenteeseen ja onnettomuuksiin. Esimerkiksi onnettomuuksista huolestuneet ihmiset suhtautuvat riskejä vähentäviin toimiin myönteisemmin kuin muut (Olofsson ym. (2019)). Huolestuneisuus voi olla yhteydessä riskin koettuun pelottavuuteen (*dread*) (Carlsson ym. (2010), Tsuge ym. (2005), Van Houtven ym. (2008)). On myös havaittu, että henkilön aikaisemmat kokemukset onnettomuuksista vaikuttavat siihen, miten hän suhtautuu onnettomuusriskeihin (Haddak ym. (2016)). Lisäksi henkilön oma riskien otta-

minen liikenteessä voi vaikuttaa siihen, kuinka halukas hän on maksamaan liikenteen turvallisuudesta. Siksi taustakysymyksissä oli mukana kysymys, jossa vastaajaa pyydettiin arvioimaan, kuinka paljon hän ottaa liikenteessä riskejä. Kysymyksen muotoilussa hyödynnettiin Dohmen ym. (2011) tekemää tutkimusta.

Liikkumistavat. Koska valintatehtävissä liikenne-riskit liitettiin henkilöautolla liikkumiseen, taustakysymyksiin lisättiin kysymyksiä vastaajan liikkumistavoista. Tutkimus sisälsi kysymykset vastaajan päämatkustusmuodosta yli yhden kilometrin pituisilla matkoilla, henkilöautolla kuljetuista kilometreistä, ajokortista ja siitä, onko vastaaja yleensä ajaja liikkuessaan henkilöautolla.

Terveys. Vastaajan terveydentila saattaa vaikuttaa siihen, miten hän suhtautuu erilaisiin onnettomuusriskeihin. Jotta kysymysten määrä ei kasvaisi merkittävästi, vastaajia pyydettiin arvioimaan omaa terveyttään yksinkertaisella monivalintakysymyksellä, jossa oli viisi vaihtoehtoa (ks. liite C). Kysymyksen vastausten perusteella vastaajat voitiin ryhmitellä täysin terveisiin ja muihin. Tätä erottelua hyödynnettiin, kun aineiston perusteella estimoitua mallia sovellettiin elämänlaadulla vakioitun elinvuoden painojen estimointiin.

2.7 Pääkyselyn otanta ja toteutus

Valintakokeen havaintoaineisto kerättiin seuraavalla tavalla. Kahdellekymmenelletuhannelle satunnaisesti valitulle 18–75 vuotiaalle suomalaiselle lähetettiin postitse kutsu osallistua tutkimuksen valintakokeeseen. Otanta rajattiin henkilöihin, joiden äidinkieli on joko suomi tai ruotsi. Kutsukirjeen ja valintakokeen kielenä käytettiin kutsun saajan äidinkieltä.

Kutsukirjeessä vastaanottajaa pyydettiin siirtymään verkkoselaimella osoitteeseen <https://risk.utu.fi>. Sivun alussa, otsikon alapuolella, oli selvästi erotuva ”aloita” painike. Painikkeen kautta kävijä pääsi tekemään valintakokeen kyselyn, 14 valintatehtävää. Lisäksi verkkosivulla kuvattiin lyhyesti tutkimuksen tarkoitus ja sisältö. Etusivulta löytyi myös linkki tutkimuksen rekisteriselosteeseen.

Kyselyn toteutuksessa käytettiin RedCap-kyselyalustaa. Kun kävijä siirtyi aloita-painikkeen kautta avautuvaan kyselyyn, hänen toimintansa selaimessa tallentui järjestelmään niin, että häntä ei voitu millään tavalla yhdistää kertyvään tietoon. Toisin sanoen kaikki kyselyyn tallentunut tieto, ml. kyselyyn annetut vastaukset, ovat täysin anonyymeja.

Kutsukirjeiden postitus aloitettiin 13.11.2019. Pian tämän jälkeen Suomessa käynnistyi postilakko, minkä johdosta kirjeiden postitus viivästyi huo-

mattavasti normaalista. Kutsukirjeessä ilmoitettiin, että vastaajan tulisi tehdä tutkimuksen valintakoe viimeistään 30.11.2019. Ilmeni, että suurin osa kirjeistä ei ehtinyt perille kyseiseen päivään mennessä. Tämän vuoksi tutkimuksen verkkosivulle lisättiin ilmoitus vastausajan pidentämisestä 31.12.2019 saakka. Tästä huolimatta oli selvää, että postilakko vähensi tutkimukseen osallistumista huomattavasti, ja siksi kaikille otoksen henkilöille lähetettiin lakon päättymispäivästä (27.11.2019) noin kuukauden kuluttua uusi kutsukirje, jossa kerrottiin, että postilakon johdosta valintakokeen vastausaikaa on jatkettu 17.1.2020 saakka. Kutsukirjeet ovat liitteessä D.

Viimeiseen annettuun vastauspäivään (27.1.2020) mennessä kysely avattiin 3 500 kertaa. Tässä luvussa on mukana henkilöiden tekemät mahdolliset kokeilut ja käynnit, joissa kysely jätettiin lopulta kesken. Käynntejä, joissa vastaukset jätettiin kaikkiin 14 valintatehtävään, tallentui järjestelmään yhteensä 2665. Vastausprosentti oli siten 13,3 %. Ruotsinkielisten vastaajien osuus (142/2665) oli suurin piirtein sama kuin heidän osuutensa väestössä.

3 Maksuhalukkuuden ekonometrinen mallintaminen

Valintakokeen tuloksista koostuvan havaintoaineiston avulla muodostetaan tilastollinen arvio siitä, kuinka paljon suomalaiset ovat valmiita maksamaan toimista, jotka vähentävät liikenneonnettomuusriskejä. Luvussa 3.1 esitetään tilastollisen analyysin taustalla olevan taloustieteellisen mallin perusversio ja luvussa 3.2 sen laajennus. Luvussa 3.3 tarkastellaan mallin estimointia. Luvussa 3.4 näytetään, miten maksuhalukkuus määräytyy mallin parametreista, ja luvussa 3.5 tarkastellaan maksuhalukkuuteen perustuvia johdannaisia, tilastollisen elämän arvoa ja vakavan tai lievän loukkaantumisen välttämisen arvoa. Luvussa 3.6 osoitetaan, miten sovellettavan mallin avulla voidaan muodostaa ns. laatuviakoidun elinvuoden painot

3.1 Satunnaisen hyödyn malli

Valintakokeessa vastaajat kävivät läpi valintatehtäviä, joissa he valitsivat kahden vaihtoehdon välillä. Ekonometrinen analyysi nojaa oletukseen, että vastaaja valitsi aina sen vaihtoehdon, joka tuottaisi hänelle suurimman hyödyn todellisessa elämässä.

Olkoon U_{ij} hyöty, jonka yksilö i saa annetun valintakokeen valinnasta $j \in \{1,2\}$. Yksilö i valitsee vaihtoehdon 1, jos $U_{i1} > U_{i2}$, ja vaihtoehdon 2 muutoin. Valinnan mallintamisen lähtökohta on, että hyöty U_{ij} jakautuu kahteen osaan

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij}, \quad j \in \{1,2\}, \quad (3.1)$$

missä V_{ij} sisältää vaihtoehtoon j liittyvien kustannusten, riskien ja muiden havaittavien tekijöiden hyötyvaikutukset ja ε_{ij} puolestaan pitää sisällään hyötyyn vaikuttavat havaitsemattomat tekijät. Koska ε_{ij} on havaitsematon ja sen voidaan olettaa vaihtelevan yksilöiden välillä, se mielletään hyödyn satunnaisiksi osaksi.

Hyötyyn vaikuttavat havaittavat tekijät (tai attribuutit) ovat seuraavat. Muuttuja C_j ilmaisee vaihtoehdon j kustannukset (euroina). Muuttujat M_j , S_j ja F_j ilmaisevat lievään (*mild*) loukkaantumiseen, vakavaan (*serious*) loukkaantumiseen ja kuolemaan (*fatal*) johtavien onnettomuustyyppien riskitasot uhrimäärillä mitattuna (uhreja 10 000 henkilöä kohden 10 vuodessa). Valintakokeen taustakysymysten pohjalta muodostettuja muuttujia merkitään vektorilla $X_i = (X_{i1}, \dots, X_{iK})'$. Näiden muuttujien arvot vaihtelevat yksilötasolla (i).

Mallin määrittää se, miten komponentin V_{ij} oletetaan riippuvan muuttujista C_j , M_j , S_j , F_j , X_i ja mitä yhteisjakaumaa satunnaisten komponenttien ε_{ij} , $j \in \{1,2\}$ oletetaan noudattavan. Tässä tutkimuksessa komponenttien V_{ij} oletetaan määräytyvän havaittavista tekijöistä seuraavasti

$$V_{ij} = \beta_{iC}C_j + \beta_{iM}M_j + \beta_{iS}S_j + \beta_{iF}F_j + \beta_{MS}M_jS_j + \beta_{MF}M_jF_j + \beta_{SF}S_jF_j, \quad (3.2)$$

missä

$$\beta_{ia} = \alpha_a + \gamma'_a X_i, \quad a \in \{C, M, S, F\}. \quad (3.3)$$

Mallin muuttujan C_j kerroinparametri β_{iC} kuvaa valinnan rahallisen kustannuksen hyötyvaikutusta ja vaihtelee yksilöiden välillä sen mukaan, mitä arvoja muuttujat X_i saavat.

Mallin parametrit β_{iM} , β_{iS} , β_{iF} , β_{MS} , β_{MF} ja β_{SF} kuvaavat, miten hyöty riippuu eri onnettomuustyyppien riskitasoista. Samalla tavalla kuin kustannuksiin liittyvä parametri β_{iC} parametrit β_{iM} , β_{iS} , β_{iF} (riskitasojen ”päävaikutukset”) vaihtelevat muuttujien X_i arvojen mukaan. Riskitasojen vuorovaikutustermit M_jS_j , M_jF_j ja S_jF_j ottavat huomioon mahdollisuuden, että annetun onnettomuustyyppin (esimerkiksi lievän loukkaantumisen) riskin hyötyvaikutus riippuu yleisesti muiden onnettomuustyyppien (esimerkiksi vakavien ja kuolettavien onnettomuuksien) riskitasoista. Vuorovaikutustermien parametrien (β_{MS} , β_{MF} , β_{SF}) oletetaan kuitenkin olevan samat yksilöiden välillä.

Funktiomuoto (3.2) toteuttaa kaksi taloustieteellisissä tarkasteluissa tyyppillistä oletusta. Ensinnäkin hyöty on lineaarinen rahan suhteen. Tämä on luonteva oletus, sillä kyselyssä ei tutkita riskejä rahallisille tuleville ja kustannukset asettuvat melko pienelle välille. Toinen ominaisuus on lineaarisuus yksittäisten riskitasojen suhteen silloin, kun muut riskitasot on kiinnitetty. Jos riskitasot ilmaistaan todennäköisyyksinä, nähdään, että mallin deterministinen osa toteuttaa odotetun hyödyn aksioomat. Tässä yhteydessä on kuitenkin syytä huomata, että kyselyssä rajoitutaan vain sellaisiin valintoihin, joissa riskit laskevat suhteessa nykytilaan. Tämän tutkimuksen tarkastelu ei

siten sulje pois sitä mahdollisuutta, että ihmiset voivat suhtautua eri tavoin riskien nousuun kuin niiden laskuun, eli heillä voi olla nk. referenssiriippuvaiset preferenssit (Kahneman ja Tversky (1979) ja Kőszegi ja Rabin (2006)).

Kuten edellä todettiin, hyödyn havaitsemattomat komponentit ε_{i1} ja ε_{i2} vaihtelevat yksilöiden välillä, ja siksi ne tulkitaan hyödyn satunnaiseksi komponentiksi. Tämä piirre mallinnetaan tyypillisesti oletuksella, että muuttujat ε_{i1} ja ε_{i2} ovat keskenään (ja yksilöiden välillä) riippumattomia ja noudattavat ns. extreme value -jakaumaa (tai ns. Gumbel -jakaumaa). Oletuksesta seuraa, että vaihtoehtojen 1 ja 2 valintojen todennäköisyydet voidaan esittää ns. logit-mallilla, jonka mukaan todennäköisyys, että yksilö i valitsee vaihtoehdon j , on

$$P_{ij} = \frac{e^{\lambda V_{ij}}}{e^{\lambda V_{i1}} + e^{\lambda V_{i2}}}, \quad (3.4)$$

missä skaalauskerroin λ on kääntäen verrannollinen virhetermin ε_{ij} keskihajontaan. Käytännössä kerrointa λ ei voida identifoida ja tilastollisessa analyysissä sovelletaan normeerausta $\lambda = 1$ (eli yhtäpitävästi virheen ε_{ij} varianssi asetetaan ykköseksi).

Yllä esitetty malli on hyödyn lineaarisen funktiomuodon osalta linjassa useiden aikaisempien liikenne-riskkejä käsittelevien tutkimusten kanssa (ks. Rizzi ja de Dios Ortúzar (2006) ja Veisten ym. (2013)). Mallin erityispiirre aikaisempiin tutkimuksiin nähden on se, että valinnasta seuraava hyöty riippuu samanaikaisesti usean tyyppisestä liikenne-riskistä (lievään loukkaantumisen, vakavaan loukkaantumisen ja kuolemaan johtavien onnettomuuksien riskeistä) sekä niiden välisistä vuorovaikutuksista. Mallin avulla voidaan siis tutkia, miten annetun onnettomuustyyppin riskin hyötyvaikutus riippuu siitä, millä tasolla muiden onnettomuustyyppien riskit ovat. Voidaan esimerkiksi arvioida, miten kuolemaan johtavan onnettomuuden riskin vähentämisen hyöty riippuu (tai riippuuko se lainkaan) siitä, millä tasoilla lieviin ja vakaviin loukkaantumisiin johtavien onnettomuuksien riskit ovat.

3.2 Satunnaisen hyödyn mallin laajennus

Edeltävän luvun mallia voidaan pitää rajoittuneena kahdesta syystä.

Ensinnäkin yksilöiden mieltymyksissä saattaa olla eroja, joita ei voida täysin kuvata mallin havaittavien muuttujien avulla. Havainnollistetaan ongelmaa tarkastelemalla, miten kuolemaan johtavan onnettomuuden riski (F) vaikuttaa hyötyyn. Mallin mukaan vaikutus (kerroin β_{iF}) riippuu muuttujien X_i arvoista ja siten vaihtelee yksilöiden i välillä. Vaikka muuttujien X_i vaikutus kertoimeen β_{iF} tulisi kuvattua riittävän tarkasti oletetulla lineaarisella rakenteella ($\gamma'_F X_i$), malli ei ota huomioon mahdollisuutta, että F :n

vaikutus hyötyyn poikkeaa sellaisilla yksilöillä, jotka ovat muuttujien X_i :n arvojen suhteen samanlaisia. Toisin sanoen on mahdollista, että kertoimen β_{iF} vakio-osa α_F vaihtelee yksilöiden välillä. Samalla tavalla myös parametrit β_{iC} , β_{iS} ja β_{iM} voivat vaihdella yksilöiden välillä, eli

$$\beta_{ia} = \alpha_{ia} + \gamma'_a X_i, \quad a \in \{C, M, S, F\},$$

missä erona lausekkeeseen (3.3) on se, että kertoimen α_a arvo voi vaihdella vastaajien (i) välillä.

Toinen potentiaalinen ongelma mallissa seuraa oletuksesta, että tehdyt valinnat ovat keskenään riippumattomia. Koska otoksen henkilöt on valittu satunnaisotannalla, on perusteltua olettaa, että heidän vastauksensa ovat keskenään riippumattomia. Aineistossa yksittäinen henkilö tekee kuitenkin useita valintoja, joiden välillä on olettavasti riippuvuutta. Toisin sanottuna parametrin α_{ia} voidaan olettaa olevan sama kaikissa vastaajan i valintatilanteissa.

Jotta malli ottaisi huomioon yksilöiden mieltymysten mahdollisen havaitsemattoman heterogeenisuuden ja toisaalta yksilön valintojen riippuvuuden, sitä tulee laajentaa. Luonteva laajennus olisi sellainen, jossa mallin parametrit vaihtelevat yksilöiden välillä, mutta ovat vakiota kullekin yksilölle eri valintatilanteissa. Näin ”rikasta” mallilajennusta ei kuitenkaan sellaisenaan voida luotettavasti estimoida, koska havainnot kertyy valintakokeen valintatilanteista vain 14 kappaletta kullekin vastaajalle. Tyypillisesti tämä ratkaistaan olettamalla, että yksilökohtaiset parametrit ovat satunnaisia ja että tämä satunnaisuus (yksilöiden, ei valintatilanteiden välillä) voidaan kuvata (tiivistetysti) parametrillisella todennäköisyysjakaumalla. Tällöin yksilötason parametrien sijasta riittää, että estimoidaan niiden jakauman parametrit. Tällaista logit-mallin laajennusta kutsutaan mixed logit -malliksi (ks. Train (2009)).

Tässä tutkimuksessa sovellettavassa mixed logit -mallissa oletetaan, että riskimuuttujien M_j , S_j ja F_j vakioparametrit α_M , α_S ja α_F vaihtelevat yksilöiden (i) välillä, ja tämä vaihtelu mallinnetaan normaalijakaumalla, jonka parametrit (odotusarvovektori ja kovarianssimatriisi) estimoidaan mallin muiden parametrien kanssa samanaikaisesti.¹

Mixed logit -mallin tapauksessa tiedetään, että yksilö i valitsee vaihtoehdon j todennäköisyydellä

$$P_{ij}(\mu, \Sigma) = \int \frac{e^{V_{ij}(\alpha)}}{e^{V_{i1}(\alpha)} + e^{V_{i2}(\alpha)}} \phi(\alpha | \mu, \Sigma) d\alpha, \quad (3.5)$$

¹Myös log-normaalijakaumaan perustuvaa mixed logit -mallia kokeiltiin, mutta diagnostiikan mukaan se ei sopinut aineistoon yhtä hyvin.

missä merkintä $V_{ij}(\alpha)$ viittaa hyödyn ensimmäiseen komponenttiin kertoimien $\alpha = (\alpha_M, \alpha_S, \alpha_F)$ funktiona ja $\phi(z|\mu, \Sigma)$ on kolmiulotteisen normaalijakauman tiheysfunktio odotusarvolla μ , varianssikovarianssimatriisilla Σ (ks. Train (2009)). Yksilön valinnan todennäköisyys on siis olennaisesti tavallisen logit-todennäköisyyden (3.4) odotusarvo parametrin α jakauman suhteen.

Lauseke (3.5) ilmaisee yksilön i valinnan todennäköisyyden silloin, kun mixed logit -malli (sen kaikki parametrit) tunnetaan. Mikäli parametrien α_M , α_S ja α_F arvot tunnettaisiin annetun yksilön i kohdalla, hänen valintansa todennäköisyys voitaisiin laskea lausekkeen (3.4) perusteella kuten tavanomaisen logit-mallin tapauksessa. Tämä olisi siis valinnan *ehdollinen* todennäköisyys ehdolla, että parametrien α_M , α_S , α_F arvot tunnetaan. Mixed logit -mallin oletusten näkökulmasta tiedossa on kuitenkin vain jakauma, josta yksilöiden kertoimet ovat peräisin, ja siksi tilastollisen analyysi perustuu lausekkeen (3.5) mukaiseen *ei-ehdolliseen* todennäköisyyteen.

3.3 Estimointi

Logit ja mixed logit -mallit estimoidaan suurimman uskottavuuden (maximum likelihood) menetelmällä. Seuraavassa esitetään mixed logit -mallin uskottavuusfunktio, josta saadaan myös erikoistapauksena logit-mallin uskottavuusfunktio.

Olkoon d_{it} indikaattorimuuttuja siten, että $d_{it} = 1$ ($d_{it} = 0$), jos henkilö $i \in \{1, 2, \dots, N\}$ valitsee vaihtoehdon $j = 1$ ($j = 0$) valintatilanteessa $t \in \{1, 2, \dots, T\}$. Merkitään kaikille yhteisiä parametreja vektorilla

$$\zeta = (\gamma', \beta_{MS}, \beta_{MF}, \beta_{SF})'$$

ja oletetaan, että parametrien α arvot vastaavat yksilön i mieltymyksiä. Tällöin yksilö i tekee valinnat $d_i = (d_{i1}, \dots, d_{iT})$ todennäköisyydellä

$$L_{d_i}(\alpha, \zeta) = \prod_{t=1}^T \frac{d_{it}(e^{V_{i1}(\alpha, \zeta)} - e^{V_{i2}(\alpha, \zeta)}) + e^{V_{i2}(\alpha, \zeta)}}{e^{V_{i1}(\alpha, \zeta)} + e^{V_{i2}(\alpha, \zeta)}}$$

Mallin perusteella tiedetään, että vastaava ei-ehdollinen todennäköisyys (kertoimien α jakauman suhteen) on

$$L_{d_i}(\theta) = \int L_{d_i}(\alpha, \zeta) \phi(\alpha|\mu, \Sigma) d\alpha, \quad (3.6)$$

missä $\theta = (\zeta, \mu, \Sigma)$. Otoksen kaikkien yksilöiden valintojen todennäköisyys mallin parametrien funktiona, ts. mallin uskottavuusfunktio, on

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^N L_{d_i}(\theta).$$

Käytännössä lausekkeen (3.6) integraali ja siten mixed logit -uskottavuusfunktion arvo annetuilla parametriarvoilla lasketaan simuloimalla (ks. Train (2009)). Tavallinen logit-malli olettaa, että kertoimet α eivät vaihtelee yksilöiden välillä ja että kaikki valintatilanteet ovat riippumattomia. On helppo nähdä, että vastaava uskottavuusfunktio saadaan yo. esityksestä asettamalla $L_{d_i}(\theta) = L_{d_i}(\alpha, \zeta)$, missä $\theta = (\alpha, \zeta)$. Tässä tapauksessa estimointi ei edellytä simulointia.

3.4 Maksuhalukkuus

Pelkistäen maksuhalukkuuden taustalla on kysymys, kuinka paljon yksilö on valmis maksamaan siitä, että annetun onnettomuustyyppin riski laskee yhden yksikön, eli että ko. onnettomuustyyppin uhreja on yksi vähemmän. Tämä pitää sisällään samanaikaisesti kaksi asiaa: miten suuria ovat ne menetykset rahalliselta arvoltaan, joita ihmisille onnettomuuksista seuraa ja, miten he asennoituvat riskeihin?

Riskineutraali henkilö ilmaisisi maksuhalukkuutensa sen mukaan, kuinka paljon loukkaantumisesta seuraava odotettu rahallinen menetys muuttuisi. Nämä menetykset koituvat loukkaantumisen seurauksena menetetyistä tuloista, heikentyneestä terveydestä ja muusta haitasta, jonka loukkaantuminen aiheuttaa. Yleensä ihmiset ovat riskinkarttajia, jolloin heidän maksuhalukkuutensa on suurempi kuin pelkkä muutos rahallisen hyödyn odotusarvossa. Näin ollen maksuhalukkuus kattaa loukkaantumisesta seuraavat kustannukset sekä preemion, joka aiheutuu puhtaasti halusta välttää riskiin sisältyvää epävarmuutta. Kyselyssä oletetaan, että ihmisten vastaukset heijastelevat samanaikaisesti heidän riskiasenteitaan ja käsityksiään loukkaantumisen aiheuttamista menetyksistä. Tämän tutkimuksen avulla ei voida eritellä, mikä osa maksuhalukkuudesta aiheutuu riskin karttamisesta ja mikä osa puhtaasti loukkaantumisen aiheuttamista menetyksistä ja haitoista.

Tarkastellaan seuraavaksi, miten aineistoon sovitetun ekonometrisen mallin perusteella voidaan määrittää maksuhalukkuus. Yksilön i hyöty, kun uhrimäärät F , S ja M on kiinnitetty, on ilmaistavissa lausekkeella

$$U_i = \beta_{iC}C + \beta_{iM}M + \beta_{iS}S + \beta_{iF}F + \beta_{MS}MS + \beta_{MF}MF + \beta_{SF}SF + \varepsilon_i,$$

missä

$$\beta_{ia} = \alpha_a + \gamma'_a X_{ik}, \quad a \in \{C, M, S, F\}.$$

Tässä voidaan ajatella, että kertoimien α_a , $a \in \{C, F, S, M\}$ arvot ovat kaikille yksilöille samat (oletus logit-mallissa), tai että niiden arvot vaihtelevat yksilöiden välillä (oletus mixed logit -mallissa).

Oletetaan, että liikenneturvallisuutta parannetaan siten, että lähtötilanteeseen nähden kuolemaan johtavia onnettomuuksia sattuu keskimäärin yksi vähemmän (10 000 henkilöä kohden 10 vuodessa). Tästä seuraava uusi hyötytaso saadaan yllä olevasta yhtälöstä korvaamalla F arvolla $F - 1$. Vastaava hyödyn muutos (kertaa -1) on yhtä kuin yllä olevan yhtälön osittaisderivaatta muuttujan F suhteen²

$$\frac{\partial U_i}{\partial F} = \alpha_F + \gamma'_F X_i + \beta_{MF} M + \beta_{SF} S.$$

Samalla tavalla voidaan nähdä, että vastaavat osittaisderivaatat (raja-hyödyt) vakavien ja lievien loukkaantumisten riskien suhteen ovat

$$\frac{\partial U_i}{\partial S} = \alpha_S + \gamma'_S X_i + \beta_{MS} M + \beta_{SF} F,$$

$$\frac{\partial U_i}{\partial M} = \alpha_M + \gamma'_M X_i + \beta_{MS} S + \beta_{MF} F.$$

Yleisesti liikenteen turvatason parantaminen merkitsee korkeampaa kustannusta, mallissa muuttujan C arvon nousua. Yksilön maksuhalukkuuden näkökulmasta ratkaisevaa on, kompensoituuko kustannuksen noususta seuraava hyödyn pudotus onnettomuusriskin pienentämisestä syntyvällä hyödyn parannuksella. Kustannuksen (muuttujan C) marginaalinen vaikutus hyötyyn, eli rajahyöty, on

$$\frac{\partial U_i}{\partial C} = \beta_{iC} = \alpha_C + \gamma'_C X_i.$$

Yksilön i halukkuus maksaa (engl. *willingness to pay*) kuolemaan johtavien onnettomuuksien riskin pienentämisen osalta ilmaistaan suhdeluvulla

$$WTP_{iF} = \frac{\partial U_i / \partial F}{\partial U_i / \partial C}$$

Tämä luku on kuolemaan johtavien onnettomuuksien riskin ja siihen liittyvän kustannuksen rajasubstituutioaste. Jos riski menehtyä kasvaa yhdellä (10 000 henkilöä kohden 10 vuodessa), se tulee kompensoida luvun WTP_{iF} mukaisella rahamäärällä, jotta henkilön kokema hyöty ei muuttuisi riskin kasvun seurauksena. Kääntäen, jos riski alenee yhdellä, sen tulee aiheuttaa luvun WTP_{iF} suuruinen kustannus, jotta henkilön hyöty ei muuttuisi. Koska WTP_{iF} (rajasubstituutioaste) on määritelty mielivaltaisen pienille muutoksille, sitä kutsutaan yleensä marginaaliseksi maksuhalukkuudeksi. Jatkossa kuitenkin käytetään lyhyempää ilmaisua maksuhalukkuus.

²Huom. mallin lineaarisuus.

Vakavien ja lievien onnettomuustyyppien riskejä koskevat maksuhalukkuudet WTP_{iS} ja WTP_{iM} määräytyvät samalla tavalla. Konkreettisesti luku WTP_{iF} (WTP_{iS}) [WTP_{iM}] ilmaisee, kuinka paljon henkilö i on valmis maksamaan riskin vähennyksestä, joka vastaa liikenneonnettomuuksissa menehtyvien (vakavia vammoja saavien) [lieviä vammoja saavien] henkilöiden määrän laskua yhdellä 10 000 ihmistä kohden kymmenessä vuodessa.

Annetun onnettomuusriskin rajahyöty ja siten myös siihen liittyvä maksuhalukkuus riippuvat muiden onnettomuustyyppien riskitasoista. Maksuhalukkuuden empiirisessä analyysissä on luontevaa soveltaa valintakokeen valitsevia riskitasoja $M = 100$, $S = 10$ ja $F = 5$ (uhrien lukumäärä kymmentuhatta ihmistä kohden kymmenessä vuodessa).

Yleensä kiinnostus kohdistuu väestön keskimääräiseen maksuhalukkuuteen. Mikäli käytössä on $n:n$ yksilön otos, väestön keskimääräinen maksuhalukkuus kuolemaan johtavien onnettomuuksien riskin vähentämiseksi voidaan estimoida otoskeskiarvolla

$$\overline{WTP}_F = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n WTP_{iF} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_F + \gamma'_F X_i + \beta_{MF} M + \beta_{SF} S}{\alpha_C + \gamma'_C X_i} \quad (3.7)$$

Vastaavat estimaattorit \overline{WTP}_S ja \overline{WTP}_M väestön keskimääräiselle maksuhalukkuudelle liittyen loukkaantumiseen johtavien onnettomuusriskien vähentämiselle määritellään samalla tavalla.

Käytännössä estimaattorin (3.7) soveltaminen edellyttää, että siinä olevat tuntemattomat parametrit α_F , γ_F , α_C , β_{MF} , β_{SF} korvataan vastaavilla estimaateilla. Tämä on suoraviivaista, jos käytetään logit-mallia. Mixed logit-mallin tapauksessa yksilötason kertoimen (α_F) estimaatin sijasta käytössä on vain sen oletetun parametrin jakauman estimaatti. Väestön keskimääräisen maksuhalukkuuden estimointiin tämä kuitenkin riittää, koska (mallin oletusten nojalla)

$$E(WTP_{iF}|X_i) = \frac{E(\alpha_F) + \gamma'_F X_i + \beta_{MF} M + \beta_{SF} S}{\alpha_C + \gamma'_C X_i} \quad (3.8)$$

ja siten (iteratiivisen odotusarvon säännön nojalla) lausekkeen (3.7) odotusarvo pysyy samana, vaikka (mixed logit -mallissa satunnainen) kerroin α_F korvataan sen odotusarvolla $E(\alpha_F)$. Koska mixed logit -mallin estimointi pitää sisällään kertoimen α_F jakauman estimoinnin, se tuottaa myös estimaatin parametrille $E(\alpha_F)$.

3.5 Tilastolliset onnettomuusarvot

Edellä kuvattu estimaattori \overline{WTP}_F (lauseke (3.7), jossa tuntemattomat parametrit on korvattu niiden estimaateilla) antaa tilastollisen arvion sille, miten paljon väestö on keskimäärin valmis maksamaan siitä, että liikenneonnettomuuksissa menehtyy kymmenessä vuodessa yksi ihminen vähemmän jokaisesta 10 000 ihmistä kohden. Kertomalla tämä keskimääräinen maksuhalukkuus kymmenellä tuhannella saadaan tilastollinen ihmiselämän arvo, eli luku, joka ilmaisee, kuinka paljon yhden ihmiselämän turvaamisesta ollaan keskimäärin valmiita maksamaan

$$VSL = 10000 \times \overline{WTP}_F$$

missä VSL viittaa käsitteen englannin kieliseen termiin *value of statistical life*.

Yllä määritelty VSL kuvaa kuolemanriskin pienenemisen keskimääräistä rajahyötyä yhteiskunnassa. VSL voidaan määritellä myös yksittäisille henkilöille, jos hänen rajasubstituutioasteensa rahan ja menehtymisriskin suhteen on tiedossa (ks. Andersson ja Treich (2011) ja Jones-Lee (1974)).

Tilastollisen ihmiselämän arvon kanssa analogisesti estimaattoreiden \overline{WTP}_S ja \overline{WTP}_M avulla voidaan määritellä tilastollinen vakavan loukkaantumisen (välttämisen) arvo

$$VSI_S = 10000 \times \overline{WTP}_S$$

ja tilastollinen lievän loukkaantumisen (välttämisen) arvo

$$VSI_M = 10000 \times \overline{WTP}_M$$

Lyhenne VSI viittaa käsitteen englannin kieliseen termiin *value of statistical injury*.

Jatkossa lukuja VSL , VSI_S , VSI_M kutsutaan toisinaan liikenneonnettomuuksien tilastollisiksi arvoiksi tai onnettomuusarvoiksi. Tässä ”arvo” voidaan tulkita hinnaksi, jonka ihmiset keskimäärin olisivat valmiit maksamaan siitä, että tapahtuisi yksi onnettomuus vähemmän. Huomaa kuitenkin, että määriteltyjen onnettomuusarvojen taustalla on yksilöiden halukkuus maksaa etupäässä oman turvallisuutensa parantamisesta. Todellisuudessa henkilövahinko merkitsee kustannuksia myös läheisille ja muulle yhteiskunnalle, joten kuolemaan tai loukkaantumiseen johtavan liikenneonnettomuuden hinta on todellisuudessa yhteiskunnalle yllä kuvattuja lukuja korkeampi.

3.6 Laatuviakoidun elinvuoden painot

Eri terveystulemien vertailu on yleistä terveystaloustieteessä. Eräs tapa vertailla eri terveydentiloista seuraavia hyötyjä on vakioida täysin terveenä elämisestä koituva hyöty ykköseksi ja ajatella, että hyöty on nolla silloin, kun elämä päättyy. Tällöin muut terveydentilat ("täysin terveenä elämisen ja kuoleman välillä") tuottavat hyötytason, joka on nollan ja ykkösen välissä.

Käytännössä edellä kuvattu terveydentilan hyödyn indeksi määritellään niin, että sen avulla voidaan esimerkiksi arvioida, miten pitkää aikaa vuosi vakavasti loukkaantuneena vastaa täysin terveenä elettyä elämää. Näin syntävä suhdeluku – täysin terveenä eletty aika suhteessa vakavasti loukkaantuneena elettyyn vuoteen – tuottaa ns. laatuviakoidun elinvuoden (quality adjusted life year) painon, jatkossa QALY-painon, vakavalle loukkaantumiselle. Vastaava QALY-paino voidaan määrittellä myös lievälle loukkaantumiselle. Kuoleman QALY-paino on nolla ja luonnollisesti täysin terveen kohdalla QALY-paino saa suurimman mahdollisen arvon, yksi. Edelleen QALY-painoilla voidaan myös vastata vaikkapa kysymykseen, miten pitkää ajanjaksoa vuosi vakavasti loukkaantuneena vastaa lievästi loukkaantuneena elettyä elämää. QALY-painon käsitteen varhaiseen kirjallisuuteen lukeutuvat mm. Klarman ym. (1968), Fanshel ja Bush (1970), Torrance ym. (1972).

Tarkastellaan seuraavassa, miten QALY-painoja voidaan laskea. Verrataan lievää loukkaantumista täysin terveenä elämiseen ja toisaalta kuolemaan. Olkoon henkilön i hyöty onnettomuusriskien funktiona $U_i(F,S,M)$, kun hyötyyn vaikuttavat muut tekijät (kustannuksen ja hyödyn havaitsemattoman komponentin osalta) on kiinnitetty. Vaihtoehtoon liittyvä indeksi j on jätetty pois, koska vaihtoehto määräytyy riskimuuttujien F , S ja M mukaan. Onnettomuustyyppin varma toteutuminen merkitsee, että vastaavaa riskiä kuvaava muuttaja, uhrimäärä F , S tai M , saa arvon $R = 10000$, ja jos kyseistä onnettomuusriskiä ei ole, vastaava uhrimäärä on nolla. Hyötyfunktio $U_i(F,S,M)$ saa suurimman arvonsa, kun kaikki riskitasot ovat nollia, $F = S = M = 0$.

Henkilöä i koskeva QALY-paino saadaan, kun skaalataan hyötytulemat siten, että kuolema vastaa arvoa nolla ja täysin terveenä olemisen arvoa yksi. Jos oletetaan, että lievän loukkaantumisen tila kestää vuoden, sitä koskeva QALY-paino voidaan ilmaista seuraavasti

$$QALY_{iM} = \frac{U_i(F^*, S^*, R) - U_i(R, S^*, M^*)}{U_i(0, 0, 0) - U_i(R, S^*, M^*)}, \quad (3.9)$$

missä tähdellä merkityt riskitasot viittaavat niiden vallitseviin tasoihin. Edelleen, jos kustannuksen ja hyödyn havaitsemattoman komponentin osuus normalisoidaan nollassa, niin $U_i(0, 0, 0) = 0$ ja lauseke (3.9) supistuu muotoon

$1 - U_i(F^*, S^*, R) / U_i(R, S^*, M^*)$. Tästä nähdään, että lievän loukkaantumisen QALY-paino voidaan laskea ns. kuolemanriskiekvivalentin (Viscusi ym. (1991)), eli suhdeluvun $U_i(F^*, S^*, R) / U_i(R, S^*, M^*)$, avulla. Tämä suhdeluku voidaan laskea kullekin vastaajalle, kun hyödyn määräytymistä kuvaava malli on estimoitu. Yksilöllisten QALY-painojen sijaan yleensä kiinnostus kohdistuu painojen otoskeskiarvoon, joka antaa väestöä koskevan arvion siitä, kuinka suuri menetys loukkaantumisesta keskimäärin aiheutuu suhteessa terveenä olemiseen.

4 Empiirinen analyysi

4.1 Taustatekijät

Tässä luvussa käydään läpi valintakokeen taustakysymysten vastauksista koottuja tietoja ja verrataan niitä koko väestön vastaaviin tietoihin, jotka on kerätty Tilastokeskuksen ja Traficomien julkaisuista (Tilastokeskus 2020adgh).

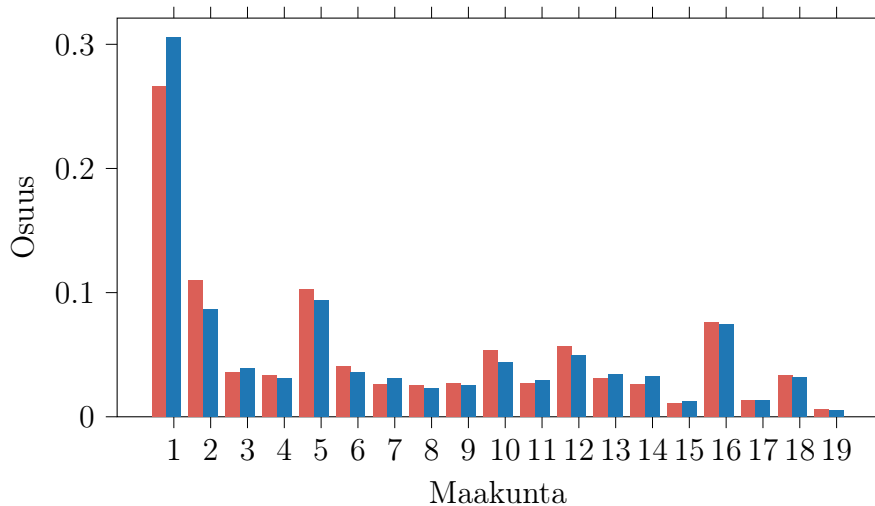
Miesten osuus vastaajista oli 56 %, eli he ovat selvästi otoksessa yliedustettuina. Myös ajokortin omistajien osuus, 93 %, oli otoksessa suurempi kuin väestössä, 87 % (Traficom 2020b). Miesvastaajien keskuudessa 96 %:lla ja naisvastaajien keskuudessa 89 %:lla oli ajokortti. Vastaavat osuudet koko väestön tasolla ovat 92 % ja 82 % (Traficom 2020b). Ajokortti on siis selvästi nostanut sekä miesten että naisten vastaushalukkuutta. Erityisen kiinnostavaa on, että naisilla vaikutus on suurempi. Se, että ajokortin omistajat ovat vastanneet kyselyyn muita aktiivisemmin, on luonnollista, koska autoa käytävälle liikenteen turvallisuus on oletettavasti erityisen tärkeää ja myös koska kyselyn kuvauksessa viitattiin henkilöauton turvavarusteisiin.

Kuvassa 4.1 esitetään kyselyn vastaajien asuinpaikan maakuntajakauma (punaiset pylväät) ja rinnalla vastaava jakauma väestön tasolla (siniset pylväät). Uusimaalaiset näyttävät olevan otoksessa yliedustettuina, mutta otoksen ja koko väestön maakuntajakaumat eivät kuitenkaan poikkea toisistaan tilastollisesti merkitsevästi tavanomaisella 5 % merkitsevyystasolla (χ^2 -testin p-arvo on 0,13).

Vastausten analyysissä ilmeni, että tietyillä alueilla vastaukset olivat jossain määrin yhteneviä. Tämän johdosta Suomi jaettiin kolmeen alueeseen, joista ensimmäiseen kuuluvat Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan ja toiseen Pohjois-Savon, Pohjois-Karjalan, Keski-Suomen, Lapin ja Ahvenanmaan maakunnat. Kolmas alue puolestaan muodostuu jäljelle jäävistä maakunnista: Uusimaa, Varsinais-Suomi, Satakunta, Kanta-Häme, Pirkanmaa, Päijät-Häme, Kymenlaakso, Etelä-Karjala, Etelä-Savo, Keski-Pohjanmaa ja Kainuu.

Kussakin edellä kuvatusta usean maakunnan alueesta maksuhalukkuudessa oli havaittavaa yhteneväisyyttä. Vastaajien keskimääräinen maksuhalukkuus oli korkeinta ensimmäisellä alueella (Etelä-Pohjanmaa ja Pohjan-

maa) ja alhaisinta toisella alueella (Pohjois-Savo, Pohjois-Karjala jne.). Taustakysymysten vastausten osalta havaittiin mm., että ensimmäisen alueen vastaajista juuri kukaan ei käyttänyt julkisia kulkuvälineitä (pääasiallisena kulutapana yli kilometrin pituisilla matkoilla). Toisella alueella asuvista vastaajista 14 % ilmoitti kulkevansa pääasiassa julkisilla kulkuvälineillä. Uusimaalaisista vastaajista, jotka muodostavat pääosan kolmannelta alueelta tulevista vastaajista, vastaava prosentti oli 30. Edeltävien havaintojen kanssa linjassa ensimmäisen alueen vastaajista auto oli useammin pääkulkumuoto (82 % vastaajista) kuin muilla alueilla (toisella alueella 67 % ja kolmannelta 70 % vastaajista).

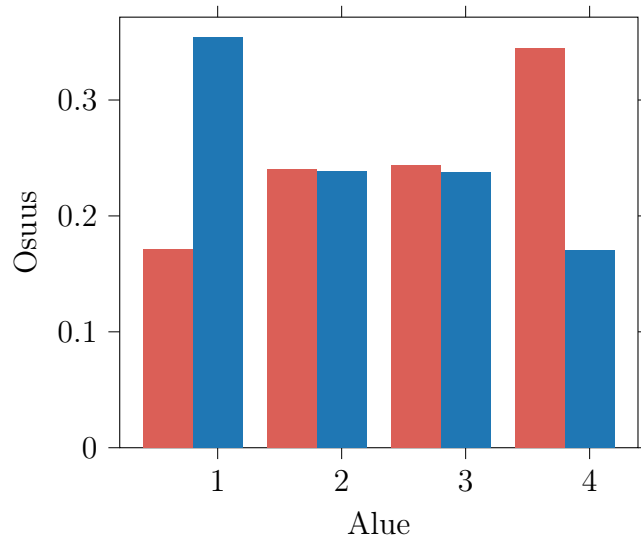


Kuva 4.1: Maakuntajakauma. 1: Uusimaa, 2: Varsinais-Suomi, 3: Satakunta, 4: Kanta-Häme, 5: Pirkanmaa, 6 Päijät-Häme, 7: Kymenlaakso, 8: Etelä-Karjala, 9: Etelä-Savo, 10: Pohjois-Savo, 11: Pohjois-Karjala, 12 Keski-Suomi, 13: Etelä-Pohjanmaa, 14: Pohjanmaa, 15: Keski-Pohjanmaa, 16: Pohjois-Pohjanmaa, 17: Kainuu, 18: Lappi, 19 Ahvenanmaa. Punainen = valintakokeen otos, sininen = väestö.

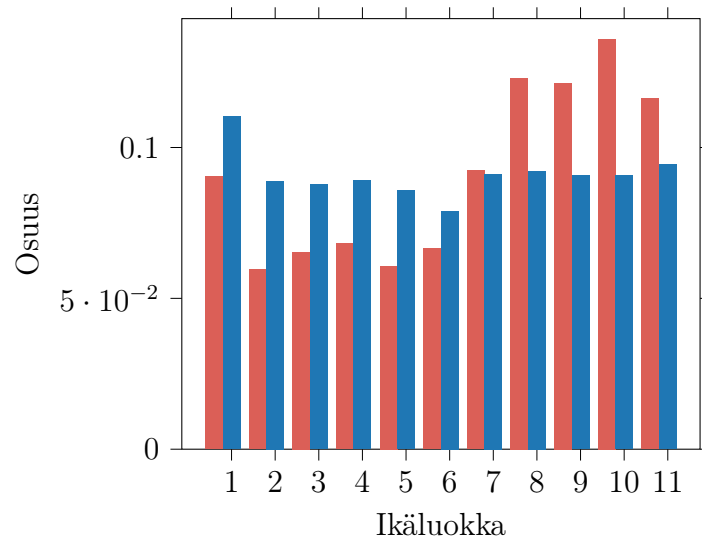
Kuvan 4.2 perusteella suurissa kaupungeissa (yli 80 000 ihmistä) asuvat vastaajat ovat otoksessa yliedustettuina. Tämä ero otoksen ja väestön välillä on myös tilastollisesti merkitsevä (χ^2 -testin p-arvo < 0,001).

Kyselyyn ovat vastanneet muita aktiivisemmin iäkkäämmät, hyvin koulutetut ja korkeatuloiset ihmiset, ks. kuvat 4.3, 4.4 ja 4.5. Nämä erot otoksen ja koko väestön välillä ovat tilastollisesti merkitseviä.

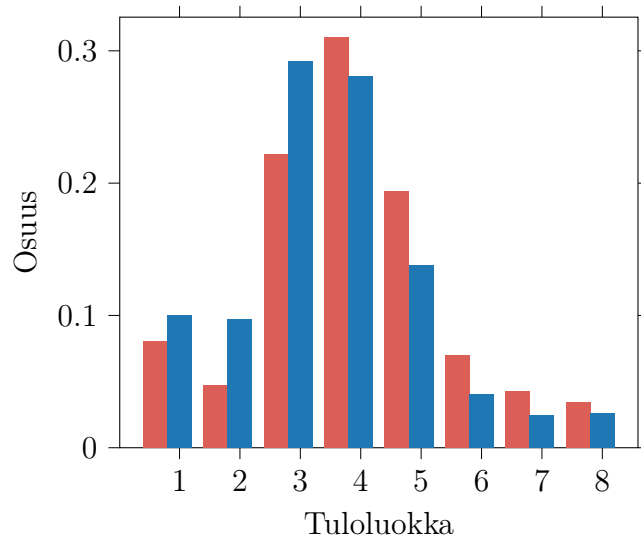
Muiden kysytyjen taustatietojen osalta tunnuslukuja on esitetty taulukossa 4.1. Taustatekijöistä kiinnostavana yksityiskohtana voidaan huomata



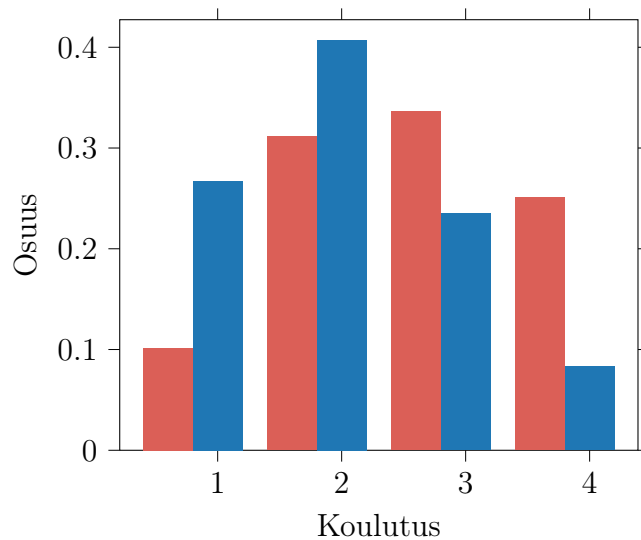
Kuva 4.2: Aluejakauma. 1: Haja-asutusalue, 2: Taajama, 3: Kaupunkimainen alue, 4: Suuri kaupunki. Punainen = otos, sininen = koko väestö.



Kuva 4.3: Ikäjakauma. 1: 18–24 vuotta, 2: 25–29 vuotta, 3: 30–34 vuotta, 4: 35–39 vuotta, 5: 40–44 vuotta, 6: 45–49 vuotta, 7: 50–54 vuotta, 8: 55–59 vuotta, 9: 60–64 vuotta, 10: 65–69 vuotta, 11: 70–75 vuotta. Punainen = otos, sininen = väestö.



Kuva 4.4: Tulojakauma, kotitalouden bruttotulot vuodessa. 1: 0–14 999 euroa, 2: 15 000–19 999 euroa, 3: 20 000–39 999 euroa, 4: 40 000–69 999 euroa, 5: 70 000–99 999 euroa, 6: 100 000–119 999 euroa, 7: 120 000–149 999 euroa, 8: yli 150 000 euroa. Punainen = otos, sininen = väestö.



Kuva 4.5: Koulutusjakauma. 1: Peruskoulu, 2: Ylioppilas/Ammattikoulu, 3: Opisto/AMK, 4: Akateeminen. Punainen = otos, sininen = väestö.

Taulukko 4.1: Tunnuslukuja vastaajien taustatiedoista.

Muuttuja	Tunnusluku	Arvo	Vastauksia
Onnettomuuskok. (oma)	Moodi	Kyllä	2663
Loukkaantuminen (itse)	Moodi	Ei	2663
Loukkaantuminen (läheinen)	Moodi	Ei	2663
Aikuisten määrä	Mediaani	2	2611
Lasten määrä	Mediaani	1	2603
Varmuus (1–10)	Mediaani	7	2651
Kuljettaja	Moodi	Kyllä	2632
Terveydentila	Mediaani	Melko hyvä	2597
Ammatti	Moodi	Eläkeläinen	2573
Kulikutapa (yli 1 km)	Moodi	Henkilöauto	2626
Huolissaan (1–5)	Mediaani	2	2663
Riskiasenne (1–10)	Mediaani	1	2612

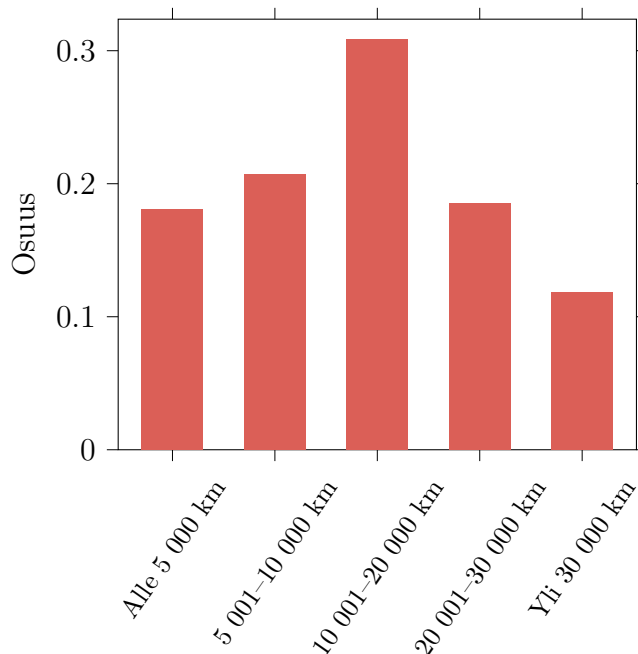
se, että noin 54 % vastaajista on jonkinlaista omakohtaista kokemusta liikenneonnettomuuksista. Sellaisia, jotka olivat joskus loukkaantuneet lievästi, oli n. 17 % ja vakavan loukkaantumisen kokeneita oli n. 2,4 %.

Mediaanivastaus kysymykseen ”kuinka varma olet tekemistäsi valinnoista?” oli seitsemän (asteikolla yhdestä kymmeneen). Tämä viittaa siihen, että vastaajat eivät kokeneet valinnoissaan merkittävää epävarmuutta.

Vastaajien mediaanivalinta ajokilometrejä koskevaan taustakysymykseen oli 10 001–20 000 kilometriä vuodessa joko kuljettajana tai matkustajana. Tämä vastaa hyvin henkilöautoilla Suomessa ajettavia kilometrejä, jotka ovat keskimäärin noin 19 000 kilometriä vuodessa Tilastokeskuksen aineistojen (Tilastokeskus 2020eb) perusteella. Katsastuksissa luettujen kilometrimäärien perusteella Suomessa ajetaan henkilöautoilla keskimäärin noin 16 000 kilometriä (Traficom 2020a). Ajokilometrien jakauma vastaajien keskuudessa on esitetty kuvassa 4.6.

Kuvassa 4.7 on havainnollistettu taustamuuttujien välisiä korrelaatioita. Esimerkiksi tiheämmin asutuilla alueilla asuneet vastaajat ovat olleet keskimääräistä parempituloisia ja korkeammin koulutettuja kuin muualla asuvat.

Moniin taustatietoja koskeviin kysymyksiin oli mahdollista valita vaihtoehto ”en halua/osaa vastata”. Edellä esitetyissä tilastoissa ei ole huomioitu näitä vastaajia. Seuraavan luvun analyysissä on kuitenkin mukana kaikki vastaajat, jotka ovat vastanneet kaikkiin maksuhaluuskysymyksiin. Jos vastaaja ei ole vastannut kaikkiin taustakysymyksiin, puuttuvat tiedot on



Kuva 4.6: Ajokilometriä jakauma.

korvattu yllä esitetyillä tunnusluvuilla (moodilla tai mediaanilla). Lisäksi tilastollisessa analyysissä on mukana indikaattorimuuttuja sille, että taustakysymysten vastaukset ovat puutteellisia.

Maksuhalukkuuteen liittyvissä valintakokeissa esiintyy usein ns. leksikografista vastaamista, eli osa valintakokeeseen osallistuvista henkilöistä näyttää tekevän valintansa ”kaavamaisesti” yksinkertaisen ehdon perusteella. Esimerkiksi lähes poikkeuksetta osa vastaajista valitsee aina halvimman tai kalleimman vaihtoehdon. Leksikografinen vastaaminen voi johtua siitä, että kyselyn kustannusasteikko on huonosti valittu tai siitä, että vastaajat eivät ymmärrä valintakokeen kysymyksiä ja mielenosoituksellisesti valitsevat aina joko halvimman tai kalleimman vaihtoehdon. Yleisesti kustannusasteikkoja on vaikea muodostaa sellaisiksi, että ne sopivat kaikille vastaajille (ks. luku 2.5).

Leksikografista vastaamista esiintyi kyselyssä jonkin verran: 3,5 % valitsi aina halvimman vaihtoehdon ja 7,7 % valitsi aina kalleimman vaihtoehdon. Joissakin viimeisistä viidestä kysymyksestä molempien vaihtoehtojen kustannukset olivat yhtä suuret, joten näitä kysymyksiä ei huomioitu tarkasteltaessa leksikografista vastaamista. Leksikografisia vastaajia oli sen verran vähän, että ilmiötä ei voida pitää toteutetun kyselyn ja sen analysoinnin kannalta

oletetun mallin yleisyyden ja toisaalta estimoinnin epävarmuuden suhteen. Tätä strategiaa noudatetaan tässäkin tutkimuksessa.

4.2.1 Perusmallit ilman kontrollimuuttujia

Seuraavassa tarkastellaan estimointituloksia luvun 3.1 satunnaisen hyödyn mallille ilman kontrollimuuttujia X_i . Estimoitava yhtälö on siis muotoa

$$U_i = \beta_C C + \beta_M M + \beta_S S + \beta_F F + \beta_{MS} MS + \beta_{MF} MF + \beta_{SF} SF + \varepsilon_i,$$

missä termi ε_i noudattaa extreme value -jakaumaa ja on riippumaton havaintojen välillä.

Taulukossa 4.2 esitetään estimointitulokset yllä kuvatun mallin rajoitetulle versiolle, jossa ei ole mukana riskitasojen vuorovaikutustermejä (MS , MF , SF) ja jossa riskitasojen kertoimet β_F , β_S , β_M oletetaan kiinteiksi. Toisin sanoen sarakkeen (1) tulokset olettavat, että annetun valinnan todennäköisyys voidaan kuvata logit-mallilla, jossa on selittäjinä kustannusmuuttuja C ja eri onnettomuustyyppien riskitasot F , S , M . Mallin kertoimien estimaatit ovat tilastollisesti merkitseviä ja arvoltaan negatiivisia, mikä on sopusoinnussa sen kanssa, että henkilön hyöty laskee, kun kustannus tai minkä tahansa onnettomuustyyppin riskitaso kasvaa. Huomaa myös, että riskitason vaikutus hyötyyn on sitä voimakkaampaa, mitä vakavammasta onnettomuustyyppistä on kysymys.

Sarakkeen (1) malli on monella tavalla rajoittava. Se ei esimerkiksi ota huomioon sitä, että onnettomuusriskit voivat vaikuttaa yksilöiden hyötyihin eri tavalla, eli että kertoimet β_M , β_S , β_F voivat vaihdella yksilöiden välillä. Kuten luvussa 3.2 todettiin, yksilökohtaisia kertoimia ei voida valintakokeen aineiston perusteella luotettavasti estimoida, koska havaintoja on kutakin yksilöä kohden vain 14 kappaletta. Sen sijaan yksilöiden mieltymysten erot voidaan ottaa huomioon soveltamalla mixed logit -mallia, jossa yksilötasolla vaihtelevien kertoimien oletetaan noudattavan parametrissa jakaumaa.

Taulukon 4.2 sarakkeen (2) estimointitulokset perustuvat mixed logit -malliin, joka eroaa sarakkeen (1) mallista siinä, että kertoimien β_M , β_S , β_F oletetaan noudattavan yhdessä kolmiulotteista normaalijakaumaa. Kustannusmuuttujaa C koskeva kerroin oletetaan mallissa kiinteäksi ja sen piste-estimaatti on negatiivinen johdonmukaisesti, kuten mallissa (1). Mixed logit -mallin muuttujien F , S , ja M kerroinparametrien piste-estimaattien sijasta vastaavilla riveillä esitetään ko. kertoimien odotusarvojen ($E(\beta_M)$, $E(\beta_S)$, $E(\beta_F)$) estimaatit ja vastaavat keskivirheet. Parametrien $E(\beta_M)$, $E(\beta_S)$ ja $E(\beta_F)$ estimaatit ovat negatiivisia, mikä on odotusten kanssa linjassa. Se, että mixed logit -mallin kertoimien estimoidut odotusarvot (tai kiinteiden

Taulukko 4.2: Estimointitulokset logit ja mixed logit -malleille ilman kontrollimuuttujia

	logit (1)	mixed logit (2)	logit (3)	mixed logit (4)
C	-0,00295*** (0,00006)	-0,0052*** (0,00014)	-0,0033*** (0,000065)	-0,0057*** (0,00014)
F [β_F tai $E(\beta_F)$]	-0,614*** (0,013)	-1,203*** (0,0387)	0,323*** (0,060)	0,264* (0,104)
S [β_S tai $E(\beta_S)$]	-0,234*** (0,0053)	-0,445*** (0,014)	0,268*** (0,031)	0,209*** (0,052)
M [β_M tai $E(\beta_M)$]	-0,0186*** (0,0005)	-0,0307*** (0,0009)	0,0166*** (0,003)	0,0133** (0,0049)
$S \times F$			-0,0726*** (0,0059)	-0,108*** (0,0088)
$M \times F$			-0,0037*** (0,00054)	-0,0059*** (0,00079)
$M \times S$			-0,00213*** (0,00027)	-0,00192*** (0,0004)
$Sd(\beta_F)$		1,36*** (0,038)		1,35*** (0,038)
$Sd(\beta_S)$		0,455*** (0,013)		0,458*** (0,013)
$Sd(\beta_M)$		0,032*** (0,00097)		0,033*** (0,00098)
$Corr(\beta_F, \beta_S)$		0,869*** (0,0098)		0,859*** (0,0102)
$Corr(\beta_F, \beta_M)$		0,725*** (0,019)		0,719*** (0,018)
$Corr(\beta_S, \beta_M)$		0,853*** (0,0166)		0,859*** (0,0160)
AIC	48377,8	40484,5	47895,7	40046,7
BIC	48411,9	40569,7	47955,4	40157,5
Log-uskottavuus	-24184,9	-20232,2	-23940,8	-20010,3
VSL	208	231	233	249
VSI_S	79	86	93	93
VSI_M	6,3	5,9	7,0	6,3

Huom. Estimointitulokset perustuvat luvussa 2 kuvattuun valintakoeaineistoon (2663 henkilöä, 14 valintaa kultakin, $n = 37282$). Kerroinestimaattien robustit (yksilöittäin klusteroimalla muodostetut) keskivirheet ovat suluissa. *, **, *** ilmaisee, onko kerroin tilastollisesti merkitsevä 5 %, 1 %, 0,1 % tasolla. AIC (BIC) on Akaiken (Bayesin) informaatiokriteeri. VSL on tilastollinen elämän arvo ($\times 10000$ euroa). VSI_S (VSI_M) on vakavan (lievän) loukkautumisen arvo ($\times 10000$ euroa).

parametrien piste-estimaatit) ovat itseisarvoltaan suurempia kuin vastaavat piste-estimaatit tavallisessa logit-mallissa, voidaan selittää ainakin osittain sillä, että mixed logit -mallissa ao. satunnaisten parametrien poikkeamat vaikuttavat mallin havaitsemattoman satunnaisen osan varianssiin (ks. tarkemmin Revelt ja Train (1998, s. 650)).

Taulukon 4.2 sarakkeen (3) [4] malli vastaa sarakkeen mallia (1) [2], johon on lisätty riskitekijöiden väliset vuorovaikutustermit. Kummassakin tapauksessa lisättyjen muuttujien – kuten myös mallien muiden muuttujien – estimoidut kertoimet ovat selvästi tilastollisesti merkitseviä. Molemmissa mallilaajennuksissa kustannuksen estimoitu vaikutus hyötyyn ei juurikaan muutu. Malleissa (3) ja (4) annetun riskitekijän marginaalinen hyötyvaikutus riippuu muiden riskitekijöiden vallitsevista tasoista (ks. luku 3.4). Kun riskitasot asetetaan kyselyn perustasoille ($F = 5$, $S = 10$, $M = 100$), sarakkeen mallin (3) mukaan $\beta_F = -0,774$, $\beta_S = -0,308$, $\beta_M = -0,023$ ja sarakkeen (4) mallin mukaan $E(\beta_F) = -1,326$, $E(\beta_S) = -0,500$, $E(\beta_M) = -0,034$.

Taulukon 4.2 viimeisillä riveillä esitetään mallien mukaiset maksuhalukkuusestimaatit tilastolliselle ihmishengen arvolle (VSL), vakavan loukkaantumisen välttämisen arvolle (VSI_S) ja lievän loukkaantumisen välttämisen arvolle (VSI_M) (ks. luku 3.5). Yksikertaisimman mallin VSL -estimaatti on noin 2,1 miljoonaa euroa. Jos mallin riskikertoimet mallinnetaan satunnaisina (sarake (2)), VSL -estimaatti on noin 200 000 euroa korkeampi. Sama VSL -estimaatin nousu syntyy, kun yksinkertaisimpaan malliin lisätään riskitekijöiden vuorovaikutustermit (sarake (3)). Kun riskitekijöiden päävaikutukset vaihtelevat yksilöiden välillä satunnaisesti ja mallissa on mukana riskitasojen vuorovaikutustermit (sarake (4)), VSL -estimaatti kasvaa n. 2,5 miljoonaan euroon.

Vakavan loukkaantumisen välttämisen arvo (VSI_S) vaihtelee taulukon 4.2 malleissa 790 000 ja 930 000 euron välillä. Korkein estimaatti syntyy, jos mallissa on riskitekijöiden vuorovaikutustermit riippumatta siitä, mallinnettaanko riskitekijöiden päävaikutusten kertoimet satunnaisina vai ei. Lievän loukkaantumisen välttämisen estimoitu arvo (VSI_M) on yksinkertaisimmassa mallissa (sarake (1)) 63 000 euroa. Jos riskikertoimet käsitellään satunnaisina (sarake (2)), VSI_M estimaatti on 59 000 euroa. Siis mikäli mallissa huomioidaan yksilöiden riskimieltymysten mahdolliset satunnaiset erot, se tuottaa alhaisemman estimaatin maksuhalukkuudesta lieviin loukkaantumiin johtavien onnettomuusriskien vähentämisen osalta. Jos yksinkertaisimpaan mallin kertoimet pidetään kiinnitettyinä (ei-satunnaisina), mutta malliin lisätään riskitasojen vuorovaikutustermit, VSI_M estimaatti nousee 70 000 euroon. Laajin malli (sarake (4)) tuottaa yhtä suuren VSI_M estimaatin kuin yksinkertainen malli (sarake (1)).

Taulukon 4.2 tulokset osoittavat, että liikenne-riskien vähentämisen mak-

suhaluukkuusestimaatit riippuvat sovellettavasta mallitäsmennyksestä. Riskitasojen vuorovaikutustermien osalta vaikutus on yhdensuuntainen. Jos malliin lisätään riskitekijöiden vuorovaikutustermit, maksuhaluukkuusestimaatit ovat poikkeuksetta korkeampia. Tämä tulos pätee myös silloin, kun taulukon 4.2 malleihin lisätään muita selittäviä muuttujia (ks. seuraava luku). Riskitasojen vuorovaikutustermit ottavat huomioon sen, että yhden onnettomuustyyppin riskin hyötyvaikutus voi riippua siitä, millä tasolla muiden onnettomuustyyppien riskit ovat. Tämä mahdollisuus tuntuu uskottavalta ja puoltaa vuorovaikutustermien käyttöä mallissa. Riskitasojen vuorovaikutustermien pitämistä mallissa tukee myös se, että niiden estimoidut kertoimet ovat tilastollisesti merkitseviä riippumatta siitä, miten malli on täsmennetty muutoin. On kuitenkin hyvä huomata, että vuorovaikutustermien vuoksi mallin maksuhaluukkuusestimaatit riippuvat siitä, miten riskitasojen lähtötasot valitaan. Tämä piirre mallissa saattaa herättää varauksia silloin, kun mallia halutaan soveltaa tilanteessa, jossa riskien todelliset lähtötasot poikkeavat valintakokeen vallitsevista riskitasoista. Tutkimuksen laatijat näkevät, että mallien perusteella muodostetut maksuhaluukkuusestimaatit tulee muodostaa nimenomaan valintakokeessa esitettyjen riskitasojen avulla, vaikka nämä tasot eivät täysin täsmäisi sovellustilanteen riskien lähtötasojen kanssa. Tätä perustellaan sillä, että mallin parametrien estimaatit nojaavat vain valintoihin, jotka tehtiin olettamalla kyseiset lähtöriskitasot.

Riskitasojen vuorovaikutustermien lisäksi maksuhaluukkuusestimaatteihin vaikuttaa selvästi se, miten sovelletussa mallissa otetaan huomioon yksilöiden mieltymysten mahdolliset erot, ja se, miten mallissa huomioidaan yksilön valintojen välinen riippuvuus. Taulukon 4.2 tulokset viittaavat siihen, että näiden tekijöiden huomioiminen mallissa tuottaa korkeampia maksuhaluukkuusestimaatteja kuolemaan ja vakaviin loukkaantumisiin johtavien onnettomuusriskien vähentämisen osalta, mutta lievien onnettomuuksien riskien vähentämisen osalta vastaava vaikutus on päinvastainen. Jos maksuhaluukkuuden estimaattien erot johtuvat yksilöiden mieltymysten eroista, on tärkeää yrittää jäljittää, mitkä tekijät näitä eroja selittävät, ja onko otoksessa valikoituvuutta tällaisten tekijöiden suhteen. Jos otoksessa on mainittua valikoituvuutta, sen perusteella laskettu keskimääräinen maksuhaluukkuus saattaa antaa harhaanjohtavan arvion koko väestön keskimääräisestä maksuhaluukkuudesta.

4.2.2 Maksuhalukkuuden heterogeenisuus ja kontrollimuuttujat

Tarkastellaan taulukon 4.2 mixed logit -mallien estimointituloksia (sarakeet (2) ja (4)). Taulukon alaosassa esitetään kertoimien β_M , β_S , β_F keskihajonta- ja korrelaatioestimaatit sekä niiden keskivirheet. Keskihajontaestimaatit antavat arvion siitä, kuinka paljon onnettomuusriskejä koskevat preferenssit vaihtelevat yksilöiden välillä. Se, että kertoimien keskihajontaestimaatit ovat selvästi nollaa suurempia ja tilastollisesti merkitseviä, viittaa siihen, että onnettomuusriskit todella vaikuttavat eri henkilöihin eri tavalla. Lisäksi tulokset osoittavat, että kertoimien β_M , β_S , β_F arvot ovat varsin voimakkaasti positiivisesti korreloituneita. Jos esimerkiksi kuolemaan johtavan onnettomuusriskin kerroin β_F on itseisarvoltaan suuri, niin on todennäköistä, että sama pätee kertoimille β_S , β_M .

Mixed logit -mallin estimointitulokset viittaavat siihen, että yksilöiden mieltymykset eroavat toisistaan, mutta ne eivät osoita, mistä nämä erot johtuvat. Jos vastaajat ovat valikoituneet otokseen puhtaasti satunnaisesti, etenkin mixed logit -mallin perusteella otoksesta laskettu keskimääräinen maksuhalukkuus voi antaa luotettavan arvion väestön keskimääräisestä maksuhalukkuudesta riippumatta siitä, mistä yksilöiden mieltymysten erot aiheutuivat. Aineiston kuvailevan analyysin perusteella näyttää kuitenkin siltä, että vaikka valintakokeen kutsut lähetettiin satunnaisesti valituille suomalaisille aikuisille, valintakokeen tehneet henkilöt eivät muodosta täysin edustavaa otosta suomalaisista aikuisista. Esimerkiksi otoksessa on suhteellisesti enemmän korkeasti koulutettuja ja vähemmän enintään perusasteen tasolle koulutuneita henkilöitä kuin väestössä keskimäärin. Lisäksi mm. iäkkäämmät ihmiset, ajokortinomistajat ja miehet ovat otoksessa väestöön nähden jonkun verran yliedustettuina.

Nyt kriittinen kysymys on, riippuvatko mieltymykset jollakin tavalla tekijöistä, jotka ovat yhteydessä otoksen valikoituneisuuteen. Esimerkiksi, jos korkeasti koulutetut, jotka ovat otoksessa yliedustettuina, pitävät liikennesisä vakavampana uhkana kuin matalasti koulutetut, otokseen perustuvat maksuhalukkuusestimaatit saattavat yliarvioida väestön todellista keskimääräistä maksuhalukkuutta. Mahdollinen harha voidaan poistaa tai sitä voidaan ainakin ratkaisevasti pienentää, jos kyseisten tekijöiden (esimerkiksi koulutuksen) vaikutus mieltymyksiin saadaan huomioiduksi (kontrolloiduksi) estimoitavassa mallissa. Tällöin estimoitu malli antaa osuvamman arvion siitä, miten maksuhalukkuus määräytyy yksilötasolla. Lisäksi mallin ja otoksen havaintojen sopivalla painotuksella väestön keskimääräisestä maksuhalukkuudesta saadaan luotettavampi arvio.

Seuraavan analyysin tarkoitus on tutkia, voidaanko otoksen henkilöiden

mieltymysten (ja siten maksuhalukkuuden) mahdollisia eroja selittää valintakokeen taustakysymysten tietojen avulla. Tätä varten valintakokeen taustakysymysten vastausten perusteella muodostettiin taulukossa 4.3 esitetyt muuttujat. Valitut muuttujat kuvaavat vastaajien keskeiset sosioekonomiset piirteet ja heidän tyypilliset matkustustapansa. Suurin osa muuttujista on yksinkertaisia indikaattorimuuttujia. Esimerkiksi vastaajan koulutus ilmaistaan indikaattorimuuttujilla *peruskoulu* ja *akateeminen*. Jos vastaajan koulutustaso ylittää perusasteen (*peruskoulu* = 0), mutta hänellä ei ole korkeakoulututkintoa (*akateeminen* = 0), hän on joko ylioppilas tai hänellä on toisen asteen ammatillinen koulutus. Siten koulutusmuuttujien avulla vastaajat erotellaan kolmeen koulutusryhmään. Taulukon viimeiset neljä muuttujaa ilmaisevat, ottaako vastaaja liikenteessä riskejä, onko hän yleisesti huolestunut liikenneturvallisuudesta, onko hänellä kokemusta liikenneonnettomuuksista ja onko hän epävarma valintakokeessa tekemistään valinnoista.

Tarkastellaan edeltävän luvun mallin laajennusta, jossa kertoimet β_{iC} , β_{iM} , β_{iS} , β_{iF} riippuvat muuttujista X_i lineaarisesti. Tämä malli, joka esitettiin luvussa 3.1 yhtälöiden (3.1), (3.2) ja (3.3) avulla, voidaan kirjoittaa vaihtoehtoisesti muotoon

$$U_i = \alpha_C C + \alpha_F F + \alpha_S S + \alpha_M M + \beta_{MS} MS + \beta_{MF} MF + \beta_{SF} SF \\ + \gamma'_C C X_i + \gamma'_F F X_i + \gamma'_S S X_i + \gamma'_M M X_i + \varepsilon_i$$

Tästä esityksestä nähdään, että kertoimien β_{iC} , β_{iM} , β_{iS} , β_{iF} lineaarinen yhteys selittäjiin X_i voidaan ajatella niin, että alkuperäiseen malliin (edeltävässä luvussa) lisätään vuorovaikutustermit $C \times X_i$, $F \times X_i$, $S \times X_i$, $M \times X_i$. Tätä esitystapaa sovelletaan mallin estimointitulosten tarkastelussa.

Taulukossa 4.4 esitetään mallin estimointitulokset, kun selittäjävektori X_i pitää sisällään vastaajan tulot, iän ja koulutuksen. Taulukon 4.4 mallit siis vastaavat taulukon 4.2 malleja erotuksella, että niihin on lisätty selittäjiksi kustannusmuuttujan ja riskitasojen vuorovaikutukset suhteessa muuttujiin *tulot*, *ikä*, *peruskoulu* ja *akateeminen*. Siten taulukon malleissa kustannuksen ja riskitasojen ”efektiiviset” kertoimet (β_{iC} , β_{iM} , β_{iS} , β_{iF}) riippuvat vastaajan kotitalouden yhteenlasketuista tuloista ($\times 10000$ euroa kuukaudessa), iästä (vuosissa) ja koulutuksesta (onko henkilöllä enintään perustason koulutus vai akateeminen koulutus vai onko hänen koulutustasonsa näiden ääripäiden välillä). Estimoidut mallit antavat siis arvion siitä, miten vastaajien mieltymysten erot ovat yhteydessä mainittuihin muuttujiin. Lisäksi mixed logit-malleissa (sarakkeet (2) ja (4)) osa vastaajien riskimieltymysten heterogeenisuudesta mallinnetaan normaalijakauman avulla.

Taulukon 4.4 tulosten mukaan tulot, ikä ja molemmat koulutusindikaattorit selittävät tilastollisesti merkitsevästi suurta osaa kustannusmuuttujan

Taulukko 4.3: Kontrollimuuttujat

nimi	kuvaus
<i>tulot</i>	kotitalouden yhteenlasketut tulot kuukaudessa (tuhatta euroa)
<i>ikä</i>	ikä vuosissa
<i>lapsia</i>	lasten lukumäärä kotitaloudessa
<i>aikuisia</i>	muiden aikuisten lukumäärä kotitaloudessa
<i>sinkku</i>	=1, jos ei parisuhteessa
<i>nainen</i>	=1, jos nainen
<i>peruskoulu</i>	=1, jos korkeintaan perusasteen koulutus
<i>akateeminen</i>	=1, jos ylempi korkeakoulututkinto
<i>kaupunkilainen</i>	=1, jos asuu kaupunkialueella
<i>työtön</i>	=1, jos on työtön
<i>suorittava työ</i>	=1, jos on alempi toimihenkilö tai työntekijä
<i>sairas</i>	=1, jos ei ole täysin terve
<i>kuljettaja</i>	=1, jos henkilöautolla liikkeessä pääsääntöisesti kuljettaja
<i>ajokortti</i>	=1, jos omistaa ajokortin
<i>auto</i>	=1, jos pääkulkuväline on henkilöauto
<i>autokm</i>	kilometrit (logaritmiarvo) auton kuljettajana tai matkustajana viimeisen 12 kk aikana
<i>joukkoliikenne</i>	=1, jos pääkuljutapa on joukkoliikenne
<i>onnettomuus</i>	=1, jos itse tai läheinen on kokenut liikenneonnettomuuden
<i>riskinottaja</i>	=1, jos ottaa liikenteessä riskejä mediaania enemmän
<i>huolestunut</i>	=1, jos on huolestunut liikenneonnettomuusriskeistä mediaania enemmän
<i>epävarma</i>	=1, jos on epävarma valintakokeen valinnoista mediaania enemmän
<i>taustatietoja puuttuu</i>	=1, jos ei ole vastannut kaikkiin taustatietokysymyksiin
<i>alue 1</i>	=1, jos asuinmaakunta on joko Etelä-Pohjanmaa tai Pohjanmaa
<i>alue 2</i>	=1, jos asuinmaakunta on joko Pohjois-Savo, Pohjois-Karjala, Keski-Suomi, Lappi tai Ahvenanmaa

Taulukko 4.4: Estimointitulokset laajennetuille malleille.

	logit (1)	mixed logit (2)	logit (3)	mixed logit (4)
C	-0,00581*** (0,000245)	-0,0106*** (0,000493)	-0,00616*** (0,000242)	-0,0111*** (0,000491)
F [α_F tai $E(\alpha_F)$]	-1,053*** (0,0492)	-2,104*** (0,130)	-0,116 (0,0765)	-0,621*** (0,158)
S [α_S tai $E(\alpha_S)$]	-0,318*** (0,0202)	-0,657*** (0,0452)	0,190*** (0,0371)	0,0101 (0,0684)
M [α_M tai $E(\alpha_M)$]	-0,0171*** (0,00172)	-0,0324*** (0,00319)	0,0193*** (0,00347)	0,0132* (0,00579)
$S \times F$			-0,0718*** (0,00595)	-0,108*** (0,00887)
$M \times F$			-0,00379*** (0,000542)	-0,00601*** (0,000806)
$M \times S$			-0,00220*** (0,000274)	-0,00198*** (0,000401)
$C \times tulot$	0,0000630** (0,0000230)	0,0000608 (0,0000463)	0,0000633** (0,0000227)	0,0000603 (0,0000459)
$F \times tulot$	-0,0149** (0,00477)	-0,0374** (0,0120)	-0,0144** (0,00465)	-0,0374** (0,0119)
$S \times tulot$	-0,00788*** (0,00199)	-0,0160*** (0,00437)	-0,00778*** (0,00195)	-0,0162*** (0,00437)
$M \times tulot$	-0,000659*** (0,000173)	-0,00115*** (0,000317)	-0,000654*** (0,000171)	-0,00117*** (0,000323)
$C \times ikä$	0,0000492*** (0,00000401)	0,0000977*** (0,00000789)	0,0000489*** (0,00000396)	0,0000974*** (0,00000785)
$F \times ikä$	0,0102*** (0,000809)	0,0213*** (0,00205)	0,0102*** (0,000796)	0,0212*** (0,00204)
$S \times ikä$	0,00241*** (0,000334)	0,00563*** (0,000722)	0,00234*** (0,000330)	0,00549*** (0,000723)
$M \times ikä$	0,0000287 (0,0000290)	0,000129* (0,0000516)	0,0000262 (0,0000287)	0,000121* (0,0000526)
$C \times peruskoulu$	0,000323 (0,000211)	0,000694 (0,000400)	0,000302 (0,000209)	0,000667 (0,000395)
$F \times peruskoulu$	0,0788 (0,0421)	0,195* (0,0971)	0,0718 (0,0416)	0,185 (0,0966)
$S \times peruskoulu$	0,0645*** (0,0176)	0,118*** (0,0339)	0,0630*** (0,0175)	0,116*** (0,0342)
$M \times peruskoulu$	0,00372* (0,00161)	0,00692** (0,00265)	0,00358* (0,00160)	0,00696** (0,00270)

Taulukko jatkuu seuraavalla sivulla.

Taulukko 4.4 jatkuu:

	(1)	(2)	(3)	(4)
$C \times akateeminen$	-0,000375* (0,000159)	-0,000853** (0,000310)	-0,000386* (0,000157)	-0,000864** (0,000309)
$F \times akateeminen$	-0,147*** (0,0330)	-0,348*** (0,0825)	-0,150*** (0,0322)	-0,353*** (0,0821)
$S \times akateeminen$	-0,0499*** (0,0136)	-0,118*** (0,0301)	-0,0499*** (0,0133)	-0,118*** (0,0302)
$M \times akateeminen$	-0,00129 (0,00117)	-0,00278 (0,00214)	-0,00134 (0,00115)	-0,00281 (0,00218)
$Sd(\alpha_F)$		1,388*** (0,0394)		1,385*** (0,0393)
$Sd(\alpha_S)$		0,466*** (0,0134)		0,469*** (0,0135)
$Sd(\alpha_M)$		0,0321*** (0,000972)		0,0330*** (0,000992)
$Corr(\alpha_F, \alpha_S)$		0,868*** (0,00976)		0,859*** (0,0102)
$Corr(\alpha_F, \alpha_M)$		0,733*** (0,0185)		0,727*** (0,0183)
$Corr(\alpha_S, \alpha_M)$		0,854*** (0,0168)		0,859*** (0,0162)
AIC	47893,9	40023,4	47414,4	39587,7
BIC	48064,4	40245,1	47610,5	39834,9
Log-uskottavuus	-23927,0	-19985,7	-23684,2	-19764,8
VSL	208	232	232	250
VSI_S	79	87	92	94
VSI_M	6,2	6,2	6,9	6,5

Huom. Estimointitulokset perustuvat luvussa 2 kuvattuun valintakoeaineistoon (2663 henkilöä, 14 valintaa kullakin, $n = 37282$). Kerroinestimaattien robustit keskivirheet ovat suluissa. *, **, *** ilmaisee, onko kerroin tilastollisesti merkitsevä 5 %, 1 %, 0,1 % tasolla. AIC (BIC) on Akaiken (Bayesin) informaatiokriteeri. VSL on tilastollinen elämän arvo ($\times 10000$ euroa). VSI_S (VSI_M) on vakavan (lievän) loukkaantumisen välttämisen arvo ($\times 10000$ euroa).

ja riskimuuttujien kertoimista. Estimoidut kertoimet herättävät kiinnostavia havaintoja ja tulkintoja, joita käydään seuraavassa läpi.

Ensiksi on hyvä huomata, että osa estimoiduista kertoimista on positiivisia, mikä herättää kysymyksen, voiko mallin mukaan joku henkilö saada kustannusten tai liikenne-riskien noususta korkeamman hyödyn. Esimerkiksi kustannuksen (muuttujan C) ja henkilön kotitalouden tulojen välisen vuorovaikutustermien estimoitu kerroin on positiivinen, joten jos henkilön kotitalouden yhteenlasketut tulot ovat erittäin korkeat, hän saattaisi mallin mukaan pitää kustannuksen nousua parempana, vaikka kustannuksen päävaikutusta kuvaavan kertoimen (α_C) estimaatti on negatiivinen. Tämä mahdollisuus riippuu luonnollisesti siitä, mitä arvoja mallin kaikki muuttujat voivat saada. Mixed logit -mallissa liikenne-riskien päävaikutuksia kuvaavat kertoimet α_F , α_S , α_M vaihtelevat mallissa satunnaisesti yksilöiden välillä, joten riskejä koskevien marginaalisten hyötyvaikutusten suuntaa (merkkiä) ei voida yksittäisen henkilön kohdalla varmuudella päätellä, vaikka mallin muuttujien arvot olisivat tiedossa. Yleisesti kuitenkin, kun tarkastellaan esimerkiksi otoksen keskimääräistä (tai mediaani-) vastaajaa (kontrollimuuttujat asetetaan joko keskiarvo- tai mediaanitasoille), kustannusten ja riskitasojen marginaaliset vaikutukset hyötyyn pysyvät negatiivisina.

Edeltävän kappaleen huomion perusteella estimoidun mallin positiiviset kerroinestimaatit voidaan tulkita pääsääntöisesti niin, että ne pienentävät tarkastelun kohteena olevan muuttujan marginaalista vaikutusta hyötyyn, mutta eivät muuta sen suuntaa. Esimerkiksi kustannuksen ja kotitalouden tulojen vuorovaikutustermien positiivinen kerroin merkitsee, että kustannusten nousu ei laske suurituloisten kokemaa hyötyä niin paljon kuin pienituloisten kohdalla. Huomaa, että tulojen ja kustannuksen vuorovaikutustermien kerroinestimaatti ei ole tilastollisesti merkitsevä mixed logit -malleissa (sarakkeet (2) ja (4)).

Tulomuuttujan ja liikenne-riskien vuorovaikutustermien kerroinestimaatit ovat negatiivisia ja selvästi tilastollisesti merkitseviä. Tämä tulos viittaa siihen, että korkeampituloisiin kotitalouksiin kuuluvat henkilöt kokevat liikenne-riskit voimakkaammin kuin ne, joilla kotitalouden tulot ovat matalat. Koska korkeammat tulot merkitsevät, että kustannuksen marginaalinen vaikutus hyötyyn on pienempää (edeltävä kappale), mallin mukaan tulot lisäävät henkilön halukkuutta maksaa liikenne-riskien vähentämisestä. Konkreettisesti jos keski-ikäisen (50 vuotiaan) ylioppilaan (jolla ei ole korkeakoulututkintoa) kotitalouden yhteenlasketut vuositulot nousevat 10 000 euroa vuodessa, taulukon 4.4 mallien (1) ja (2) mukaan hänen maksuhalukkuutensa kasvaa noin 5 % prosenttia kaikkien kolmen riskityypin vähentämisen osalta.¹

¹Tämä arvio on olennaisesti riippumaton kotitalouden tulojen lähtötasosta.

Sekä iän ja kustannusmuuttujan että iän ja riskitasojen vuorovaikutustermien estimoidut kertoimet ovat positiivisia kaikissa taulukon 4.4 malleissa. Siten yhtäältä iän myötä kustannusten nousu laskee hyötyä vähemmän, mutta toisaalta liikenne-riskin pieneminen ei lisää hyötyä yhtä paljon. Iän karttumisen estimoitu ”nettovaikutus” maksuhalukkuuteen on kuolemaan johtavien onnettomuuksien kohdalla käytännössä olematonta. Vakaviin (lieviin) loukkaantumisiin johtavien onnettomuuksien osalta 10 vuotta korkeampi ikä merkitsee mallien (1) ja (2) mukaan noin 5 % (10 %) lisäystä maksuhalukkuuteen.

Kuten edellä on tullut ilmi, taulukon 4.4 malleissa kustannusten ja riskitasojen marginaaliset hyötyvaikutukset, rajahyödyt, voivat vaihdella kolmen eri koulutustason suhteen, eli sen mukaan, onko henkilöllä enintään perustason koulutus ($peruskoulu = 1$), onko hänellä perustetta korkeampi koulutus, mutta ei yliopistotutkintoa ($akateeminen = peruskoulu = 0$) vai onko hänellä korkeakoulututkinto ($akateeminen = 1$).² Muuttujaan $peruskoulu$ liittyvien vuorovaikutuskertoimien estimoidut kertoimet ovat kaikki positiivisia. Koska kustannuksen C ja muuttujan $peruskoulu$ välisen vuorovaikutustermien kerroinestimaatti ei poikkea tilastollisesti merkitsevästi nolasta, mallin mukaan matala koulutustaso laskee ainakin vakaviin ja lieviin loukkaantumisiin johtavien onnettomuusriskien vähentämisen maksuhalukkuutta. Kuolemaan johtavien onnettomuusriskien osalta matalan koulutustason vaikutus maksuhalukkuuteen ei ole estimoitujen mallien mukaan selvä, koska muuttujan C ja $peruskoulu$ välisen vuorovaikutustermien kerroinestimaatti on merkitsevä vain yhdessä mallissa (sarake (2)).

Kaikissa taulukon 4.4 malleissa akateemisen tutkinnon osalta vuorovaikutustermien estimoidut kertoimet ovat kaikki negatiivisia. Nämä kertoimet ovat myös tilastollisesti merkitseviä vähintään 5 % tasolla muutoin paitsi muuttujan $M \times akateeminen$ kohdalla. On merkille pantavaa, että muuttujien $F \times akateeminen$ ja $S \times akateeminen$ estimoidut kertoimet ovat itseisarvoiltaan selvästi suurempia kuin mallin muihin indikaattorimuuttujiin liittyvien vuorovaikutustermien kertoimien estimaatit. Korkeampi koulutus selvästi lisää maksuhalukkuutta sekä kuolemaan että vakaviin loukkaantumisiin johtavien onnettomuuksien riskien vähentämisen osalta. Esimerkiksi taulukon 4.4 mallin (2) perusteella keski-ikäinen ja otoksessa keskituloinen akateemisesti koulutettu henkilö on halukas maksamaan kuolemaan (vakaviin loukkaantumisiin) johtavien onnettomuuksien vähentämisestä noin 8 % (noin 19 %) enemmän kuin vastaava henkilö, jolla on vain perustason koulutus ($peruskoulu = 1$).

²Palautetaan mieleen, että jos $peruskoulu = 1$ ($akateeminen = 1$), niin välttämättä $akateeminen = 0$ ($peruskoulu = 0$).

Taulukon 4.4 tulokset antavat tilastollista näyttöä siitä, että tulot, ikä ja koulutus ovat yhteydessä siihen, miten kustannusmuuttuja ja riskitasot vaikuttavat vastaajan hyötyyn. Huolimatta tästä mainittujen muuttujien lisääminen malliin ei juurikaan vaikuta otoksen perusteella laskettuihin keskimääräisiin maksuhalukkuusestimaatteihin (vertaa taulukoiden 4.2 ja 4.4 VSL , VSI_S , VSI_M estimaatteja). Siten, vaikka taulukon 4.4 mallit mahdollisesti kuvaavat vastaajien mieltymysten heterogeenisuuden rikkaammin, tämä ei näytä tuovan tarkennusta taulukon 4.2 mallien tuottamiin estimaatteihin. Mikäli kuitenkin otoksessa on valikoituvuutta tulojen, iän ja koulutuksen suhteen, niin taulukon 4.4 tulosten nojalla voidaan epäillä, että otoksen perusteella laskettu keskimääräinen maksuhalukkuus ei anna luotettavaa arvioita koko väestön keskimääräisestä maksuhalukkuudesta. Mahdollinen valikoituvuusharha voidaan korjata vain taulukon mallien 4.4 perusteella. Tähän palataan luvussa 4.2.4.

4.2.3 Maksuhalukkuuserojen laajennettu tarkastelu

Taulukon 4.3 muuttujien avulla voidaan tutkia laajemmin, miten valintakokeen taustakysymysten tiedot ovat yhteydessä vastaajien maksuhalukkuuteen. Taulukossa 4.5 esitetään estimointituloksia malleille, joihin on lisätty lähes kaikki taulukon 4.3 muuttujat selittäjiksi. Kertoimien tilastollinen merkitsevyys ilmaistaan taulukossa tavalliseen tapaan tähdillä, mutta tilan säästämiseksi kertoimien keskivirheet on jätetty taulukosta pois.

Ensimmäinen havainto taulukon 4.5 estimointituloksista on, että ne antavat karkeasti ottaen saman kuvan tulojen, iän ja koulutuksen vaikutuksista hyötyyn kuin taulukon 4.4 tulokset. Tämä havainto voidaan konkretisoida kuten edeltävässä luvussa vertaamalla estimoidun mallin tuottamia hyötytasoja tapauksissa, joissa kiinnostuksen kohteena oleva muuttuja saa eri arvoja ja muut mallin muuttujat pysyvät kiinnitettyinä. Koska tällaiset tarkastelut antavat selvästi saman arvion mainittujen muuttujien vaikutuksista, niiden läpikäyminen ei ole tässä tarpeellista.

Taulukon 4.5 estimointitulokset osoittavat, että tulojen, iän ja koulutuksen lisäksi vastaajien mieltymykset riippuvat monista muista tekijöistä. Esimerkiksi indikaattori-muuttujaan *nainen* liittyvät parametriestimaatit ovat selvästi tilastollisesti merkitseviä ja suhteellisen suuria itseisarvoltaan. Estimaattien mukaan naiset kokevat miehiin verrattuna suuremman hyödyn pudotuksen, jos joko kustannus tai jokin onnettomuusriski kasvaa. Joka tapauksessa taulukon 4.5 mallin (3) mukaan naisen kohdalla WTP_{iF} (WTP_{iS}) [WTP_{iM}] on n. 9 (5) [7] % matalampi kuin miehellä, kun mallin kaikki muut muuttujat asetetaan niiden keskiarvotasoille. Taulukon muut mallit antavat olennaisesti sama tuloksen. Näyttää siis, että naisten maksuhalukkuus on-

nettomuusriskien vähentämiseksi on alhaisempaa kuin miehillä.

Taulukon 4.5 mallien mukaan kustannus laskee hyötyä selvästi enemmän, jos henkilön taloudessa on lapsia (ks. muuttujaa $C \times lapsia$ koskevat kerroinestimaatit). Muutoin lasten lukumäärän estimoitu vaikutus hyötyyn on vähäistä (riskitasojen ja muuttujan *lapsia* vuorovaikutustermien kertoimet ovat pieniä, eivätkä ne ole tilastollisesti merkitseviä edes 10 % merkitsevyystasolla). Kun muut muuttujat asetetaan niiden keskiarvotasolle, mallin (3) mukaan henkilön maksuhalukkuus on n. 5 % vähäisempää, jos hänen taloudessaan on yksi lapsi enemmän. Tämä ei kuitenkaan merkitse, että estimaattien mukaan vastaajat eivät ole kiinnostuneita maksamaan lastensa liikenneturvallisuuden lisäämisestä, koska valintakokeessa vastaajia pyydettiin tekemään valintoja vain oman turvallisuutensa näkökulmasta.

Se, että henkilöllä on ajokortti, näyttää vaikuttavan maksuhalukkuuteen lähinnä kustannusten kautta (ks. muuttujan $C \times ajokortti$ kertoimet). Ajokortin omistajien hyöty laskee hiukan muita enemmän, kun kustannukset kasvavat. Ajokortin ja liikenneturvallisuuden välisten vuorovaikutustermien estimoidut kertoimet ovat positiivisia, mutta eivät tilastollisesti merkitseviä. Muuttujan $C \times ajokortti$ kerroinestimaattien perusteella ajokortti laskee maksuhalukkuutta hiukan enemmän kuin edellä todettiin lasten kohdalla.

Tarkastellaan, miten pääasiallinen kulkumuoto vaikuttaa halukkuuteen maksaa liikenneturvallisuuden vähentämisestä. Relevantit muuttujat liittyvät indikaattorimuuttujiin *auto*, joka ilmaisee, onko henkilön pääasiallinen kulkuväline henkilöauto tai muu moottoriajoneuvo ja *joukkoliikenne*, joka kertoo, tekeekö henkilö yli kilometrin pituiset matkat julkisilla kulkuvälineillä. Mikäli kumpikin mainituista indikaattorimuuttujista saa arvon nolla, henkilö kulkee yli kilometrin matkat muulla tavalla, yleensä polkupyörällä tai jalan. Taulukon 4.5 mallien kerroinestimaattien mukaan henkilön hyöty laskee selvästi enemmän liikenneturvallisuuden kasvaessa, jos hän liikkuu etupäässä julkisilla liikennevälineillä. Kustannuksen vaikutus ei sen sijaan näytä olevan yhteydessä siihen, tekeekö henkilö matkansa etupäässä julkisilla liikennevälineillä vai ei. Siten julkisen liikenteen käyttäjät ovat valmiita maksamaan liikenneturvallisuuden parantamisesta enemmän kuin muut. Jos muut muuttujat asetetaan niiden keskiarvotasolle, niin mallin (3) mukaan etupäässä julkisilla kulkuvälineillä liikkuvat ovat valmiita maksamaan kuolemaan johtavien liikenneonnettomuuksien vähentämisestä noin 9 % enemmän kuin muilla tavoilla liikkuvat henkilöt.

Muuttujan *auto* osalta taulukon 4.5 kerroinestimaatit ovat tilastollisesti merkitseviä vain vakavien ja lievien onnettomuusriskien kohdalla. Koska viitatut kerroinestimaatit ovat negatiivisia, pääasiassa henkilöautolla tai muulla moottoriajoneuvolla liikkuvat näyttävät olevan halukkaampia maksamaan liikenneturvallisuuden vähentämisestä kuin muut. Mallien mukaan enimmäk-

Taulukko 4.5: Estimointitulokset laajennetuille

	logit (1)	mixed logit (2)	logit (3)	mixed logit (4)
<i>C</i>	-0,00402***	-0,00806***	-0,00442***	-0,00856***
<i>F</i> [α_F tai $E(\alpha_F)$]	-1,073***	-2,274***	-0,129	-0,794**
<i>S</i> [α_S tai $E(\alpha_S)$]	-0,298***	-0,662***	0,212***	0,0121
<i>M</i> [α_M tai $E(\alpha_M)$]	-0,0177***	-0,0330***	0,0188***	0,00198
<i>S</i> \times <i>F</i>			-0,0727***	-0,108***
<i>M</i> \times <i>F</i>			-0,00386***	-0,00609***
<i>M</i> \times <i>S</i>			-0,00219***	-0,00191***
<i>C</i> \times <i>tulot</i>	0,000051*	0,0000470	0,0000515*	0,0000455
<i>F</i> \times <i>tulot</i>	-0,0145**	-0,0356**	-0,0139**	-0,0360**
<i>S</i> \times <i>tulot</i>	-0,0087***	-0,0174***	-0,00861***	-0,0176***
<i>M</i> \times <i>tulot</i>	-0,00085***	-0,00136***	-0,000843***	-0,00140***
<i>C</i> \times <i>ikä</i>	0,000041***	0,0000813***	0,0000413***	0,0000818***
<i>F</i> \times <i>ikä</i>	0,0098***	0,0202***	0,00988***	0,0203***
<i>S</i> \times <i>ikä</i>	0,00199***	0,00477***	0,00194***	0,00469***
<i>M</i> \times <i>ikä</i>	0,0000184	0,0000963	0,0000182	0,0000930
<i>C</i> \times <i>peruskoulu</i>	0,000124	0,000328	0,000106	0,000307
<i>F</i> \times <i>peruskoulu</i>	0,050	0,150	0,0439	0,141
<i>S</i> \times <i>peruskoulu</i>	0,052**	0,0960*	0,0506**	0,0932*
<i>M</i> \times <i>peruskoulu</i>	0,0036*	0,00685*	0,00349*	0,00694*
<i>C</i> \times <i>akateeminen</i>	-0,000179	-0,000572*	-0,000193	-0,000578*
<i>F</i> \times <i>akateeminen</i>	-0,100**	-0,262**	-0,104**	-0,265**
<i>S</i> \times <i>akateeminen</i>	-0,0347*	-0,0897**	-0,0348*	-0,0895**
<i>M</i> \times <i>akateeminen</i>	-0,00015	-0,00106	-0,000222	-0,00106
<i>C</i> \times <i>nainen</i>	-0,00083***	-0,00128***	-0,000823***	-0,00128***
<i>F</i> \times <i>nainen</i>	-0,122***	-0,202**	-0,119***	-0,204**
<i>S</i> \times <i>nainen</i>	-0,0604***	-0,0994***	-0,0605***	-0,102***
<i>M</i> \times <i>nainen</i>	-0,00378***	-0,00630**	-0,00378***	-0,00646**
<i>C</i> \times <i>aikuisia</i>	0,00014	0,000223	0,000135	0,000228
<i>F</i> \times <i>aikuisia</i>	0,0400*	0,0730	0,0388	0,0759
<i>S</i> \times <i>aikuisia</i>	0,0178*	0,0331	0,0179*	0,0346
<i>M</i> \times <i>aikuisia</i>	0,00134	0,00168	0,00133	0,00179
<i>C</i> \times <i>lapsia</i>	-0,000216**	-0,000317**	-0,000208*	-0,000301*
<i>F</i> \times <i>lapsia</i>	-0,00179	0,0174	-0,000660	0,0213
<i>S</i> \times <i>lapsia</i>	-0,00177	0,00597	-0,00137	0,00734
<i>M</i> \times <i>lapsia</i>	0,000307	0,000188	0,000317	0,000254
<i>C</i> \times <i>ajokortti</i>	-0,000562*	-0,000889*	-0,000580*	-0,000900*
<i>F</i> \times <i>ajokortti</i>	0,0523	0,127	0,0460	0,124
<i>S</i> \times <i>ajokortti</i>	0,00757	0,0177	0,00649	0,0174
<i>M</i> \times <i>ajokortti</i>	0,00353	0,00489	0,00336	0,00497

Taulukko jatkuu seuraavalla sivulla, 55

Taulukko 4.5 jatkuu:

	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>C</i> × <i>ajaja</i>	-0,000106	0,0000197	-0,0000975	0,0000151
<i>F</i> × <i>ajaja</i>	-0,0938*	-0,125	-0,0909*	-0,128
<i>S</i> × <i>ajaja</i>	-0,0364*	-0,0445	-0,0361*	-0,0466
<i>M</i> × <i>ajaja</i>	-0,00316*	-0,00382	-0,00314*	-0,00398
<i>C</i> × <i>suorittava työ</i>	-0,000109	-0,000193	-0,0000915	-0,000151
<i>F</i> × <i>suorittava työ</i>	0,0752*	0,165*	0,0796**	0,177*
<i>S</i> × <i>suorittava työ</i>	0,00605	0,0157	0,00716	0,0182
<i>M</i> × <i>suorittava työ</i>	0,00161	0,00285	0,00166	0,00302
<i>C</i> × <i>auto</i>	-0,000182	-0,000374	-0,000178	-0,000375
<i>F</i> × <i>auto</i>	-0,0620	-0,149	-0,0600	-0,146
<i>S</i> × <i>auto</i>	-0,0308*	-0,0629*	-0,0317*	-0,0654*
<i>M</i> × <i>auto</i>	-0,00260*	-0,00494*	-0,00249*	-0,00487*
<i>C</i> × <i>joukkoliikenne</i>	-0,000260	-0,000550	-0,000244	-0,000501
<i>F</i> × <i>joukkoliikenne</i>	-0,136**	-0,278*	-0,129*	-0,261*
<i>S</i> × <i>joukkoliikenne</i>	-0,0630**	-0,121**	-0,0625**	-0,118*
<i>M</i> × <i>joukkoliikenne</i>	-0,00778***	-0,0126***	-0,00762***	-0,0124***
<i>C</i> × <i>kaupunki</i>	-0,000565***	-0,000877***	-0,000541***	-0,000862***
<i>F</i> × <i>kaupunki</i>	-0,0660*	-0,107	-0,0595*	-0,101
<i>S</i> × <i>kaupunki</i>	-0,0269*	-0,0460	-0,0259*	-0,0470
<i>M</i> × <i>kaupunki</i>	-0,000123	-0,000116	-0,0000113	0,0000824
<i>C</i> × <i>alue 1</i>	0,000156	0,000432	0,000156	0,000413
<i>F</i> × <i>alue 1</i>	-0,105	-0,160	-0,104	-0,164
<i>S</i> × <i>alue 1</i>	-0,0271	-0,0332	-0,0270	-0,0343
<i>M</i> × <i>alue 1</i>	-0,00151	-0,00169	-0,00147	-0,00168
<i>C</i> × <i>alue 2</i>	-0,000377*	-0,000573*	-0,000363*	-0,000567*
<i>F</i> × <i>alue 2</i>	0,00905	0,0490	0,0104	0,0463
<i>S</i> × <i>alue 2</i>	0,0150	0,0279	0,0153	0,0265
<i>M</i> × <i>alue 2</i>	-0,000757	-0,00103	-0,000780	-0,00111
<i>C</i> × <i>työtön</i>	-0,000715	-0,00138*	-0,000731	-0,00143*
<i>F</i> × <i>työtön</i>	0,0944	0,178	0,0947	0,171
<i>S</i> × <i>työtön</i>	-0,0145	-0,0225	-0,0112	-0,0194
<i>M</i> × <i>työtön</i>	-0,00251	-0,00313	-0,00267	-0,00347
<i>C</i> × <i>riskinottaja</i>	-0,000301*	-0,000243	-0,000299*	-0,000249
<i>F</i> × <i>riskinottaja</i>	-0,00505	0,0709	-0,00521	0,0681
<i>S</i> × <i>riskinottaja</i>	-0,00270	0,0197	-0,00319	0,0178
<i>M</i> × <i>riskinottaja</i>	-0,0000548	0,00105	0,0000370	0,00108
<i>C</i> × <i>onnettomuuskokemus</i>	0,000179	0,000109	0,000182	0,000126
<i>F</i> × <i>onnettomuuskokemus</i>	0,0696*	0,0659	0,0683*	0,0666
<i>S</i> × <i>onnettomuuskokemus</i>	0,0547***	0,0695**	0,0545***	0,0708**
<i>M</i> × <i>onnettomuuskokemus</i>	0,00335***	0,00433*	0,00336***	0,00446*

Taulukko jatkuu seuraavalla sivulla. 56

Taulukko 4.5 jatkuu:

	(1)	(2)	(3)	(4)
$C \times \text{sairas}$	-0,000216	-0,000511*	-0,000198	-0,000487*
$F \times \text{sairas}$	0,0532	0,0737	0,0576	0,0827
$S \times \text{sairas}$	0,0131	0,0110	0,0138	0,0126
$M \times \text{sairas}$	-0,0000177	-0,000635	0,0000634	-0,000448
$C \times \text{huolestunut}$	0,000384**	0,000857***	0,000384**	0,000849***
$F \times \text{huolestunut}$	-0,0557*	-0,0790	-0,0546*	-0,0816
$S \times \text{huolestunut}$	-0,0139	-0,00764	-0,0134	-0,00900
$M \times \text{huolestunut}$	-0,00288**	-0,00378*	-0,00294**	-0,00407*
$C \times \text{epävarma}$	-0,0000740	0,000634***	-0,0000622	0,000636***
$F \times \text{epävarma}$	0,199***	0,545***	0,200***	0,539***
$S \times \text{epävarma}$	0,0758***	0,192***	0,0753***	0,190***
$M \times \text{epävarma}$	0,00349***	0,00834***	0,00352***	0,00828***
$C \times \text{taustat. puuttuu}$	0,000108	0,000269	0,0000934	0,000245
$F \times \text{taustat. puuttuu}$	0,0744**	0,159*	0,0707**	0,155*
$S \times \text{taustat. puuttuu}$	0,0337**	0,0699**	0,0337**	0,0702**
$M \times \text{taustat. puuttuu}$	0,00345***	0,00542**	0,00344***	0,00528**
$Sd(\alpha_F)$		1,369***		1,365***
$Sd(\alpha_S)$		0,459***		0,462***
$Sd(\alpha_M)$		0,0316***		0,0325***
$Corr(\alpha_F, \alpha_S)$		0,866***		0,857***
$Corr(\alpha_F, \alpha_M)$		0,727***		0,721***
$Corr(\alpha_S, \alpha_M)$		0,854***		0,860***
AIC	47384,6	39864,5	46910,2	39430,7
BIC	48169,0	40700,1	47720,2	40291,9
Log-uskottavuus	-23600,3	-19834,3	-23360,1	-19614,4
VSL	216	236	240	254
VSI_S	83	88	96	95
VSI_M	6,9	6,4	7,5	6,7

Huom. Estimointitulokset perustuvat luvussa 2 kuvattuun valintakoeaineistoon (2663 henkilöä, 14 valintaa kultakin, $n = 37282$). *, **, *** ilmaisee, onko kerroin tilastollisesti merkitsevä (klusteroitujen robustien keskivirheiden perusteella) 5 %, 1 %, 0,1 % tasolla. AIC (BIC) on Akaiken (Bayesin) informaatiokriteeri. VSL on tilastollinen elämän arvo ($\times 10000$ euroa). VSI_S (VSI_M) on vakavan (lievän) loukkaantumisen välttämisen arvo ($\times 10000$ euroa).

seen henkilöautolla tai muulla moottoriajoneuvolla liikkuvat maksavat vakaviin ja lievien loukkaantumisiin johtavien liikenne-riskien vähentämisestä muutaman prosentin enemmän kuin muilla tavoilla liikkuvat henkilöt. Tarkasteltavan liikkumismuodon yhteys maksuhalukkuuteen on siis melko vähäistä.

Taulukon 4.5 kerroinestimaatit muuttujille $F \times ajaja$, $S \times ajaja$, $M \times ajaja$ viittaavat siihen, että onnettomuusriskit laskevat hyötyä selvästi enemmän, jos henkilö toimii pääasiassa kuljettajana henkilöautolla liikkeessään. Kyseisten kerroinestimaattien luotettavuutta heikentää se, että ne ovat tilastollisesti merkitseviä vain malleissa (1) ja (3), vaikka ovat itseisarvoltaan selvästi suurempia malleissa (2) ja (4).

Kaikkien taulukon 4.5 mallien mukaan kaupunkilaisten hyöty laskee selvästi muita enemmän, jos turvallisuuden lisäämisen kustannus kasvaa (ks. muuttujan $C \times kaupunki$ kerroinestimaatit). Vaikka estimaattien mukaan vastaavasti myös korkeammat liikenne-riskit vähentävät kaupunkilaisten hyötyä enemmän, kaupunkilaisuuden ”nettovaikutus” maksuhalukkuuteen on negatiivista. Toisin sanoen haja-asutusalueilla ja maaseudulla asuvat näyttävät olevan halukkaampia maksamaan liikenneturvallisuuden parantamisesta kuin kaupungissa asuvat. Mahdollinen selitys tälle havainnolle on, että kaupungissa asuminen on yleisesti kalliimpaa kuin haja-asutusalueilla, mutta toisaalta suurin osa onnettomuuksista tapahtuu maanteillä, ei kaupungeissa.³

Eräs kiinnostava kysymys on, onko liikenneturvallisuuden parantamiseen liittyvässä maksuhalukkuudessa eroja Suomen eri alueiden välillä. Tätä kysymystä tutkittiin estimoimalla malleja, joissa oli mukana henkilön asuinpaikan maakuntaa koskeva tieto (indikaattorimuuttujat kaikille Suomen maakunnalle). Eri maakuntien indikaattoreiden kerroinestimaattien perusteella maakunnat jaettiin kolmeen ryhmään, joiden välillä keskimääräinen maksuhalukkuus näytti erovan varsin systemaattisesti. Ensimmäiseen maakuntaryhmään kuuluvat Etelä-Pohjanmaa ja Pohjanmaa, toiseen Pohjois-Savo, Pohjois-Karjala, Keski-Suomi, Lappi ja Ahvenanmaa, ja kolmas ryhmä koostuu jäljelle jäävistä muista maakunnista. Kuten taulukosta 4.3 ilmenee, indikaattorimuuttuja *alue 1* (*alue 2*) ilmaisee, asuuko henkilö jossakin ensimmäiseen (toiseen) ryhmään kuuluvista maakunnista, ja siten jos $alue\ 1 = alue\ 2 = 0$, niin henkilön asuinpaikka sijaitsee kolmannessa maakuntaryhmässä.

Taulukon 4.5 malleissa muuttujien *alue 1* ja *alue 2* kerroinestimaatit ovat linjassa sen kanssa, mitä useiden muiden mallitösmennysten estimointituloksissa havaittiin. Etelä-Pohjanmaalla ja Pohjanmaalla (*alue 1*) asuvien koh-

³Esimerkiksi Väyläviraston vuoden 2017 tilastoissa koko valtakunnan tieliikennekuolemista 70 % ja henkilövahinko-onnettomuuksista 53 % tapahtui maanteillä. Vain 16 % henkilövahinkoihin johtaneista onnettomuuksista tapahtui taajamamerkein osoitetuilla alueilla.

dalla korkeammat liikennet riskit (kustannukset) näyttävät laskevan hyötyä enemmän (vähemmän) kuin muualla Suomessa. Siten alueella 1 asuvat näyttävät olevan halukkaampia maksamaan liikennet riskien vähentämisestä kuin muualla asuvat. Tämä alueellinen ero mieltymyksissä ei ole kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä yhdessäkään taulukon 4.5 malleista.

Pohjois-Savon, Pohjois-Karjalan, Keski-Suomen, Lapin ja Ahvenanmaan maakuntien, eli alueen 2, kohdalla kerroinestimaattien merkit ovat (lievien onnettomuuksien riskejä kertoimia lukuun ottamatta) päinvastaiset alueen 1 vastaaviin estimaatteihin nähden. Tämä siis viittaa siihen, että alueella 2 liikennet riskien alentamisesta ei haluta maksaa yhtä paljon kuin muualla Suomessa. Estimoitu alueellinen ero mieltymyksissä poikkeaa kuitenkin tilastollisesti merkitsevästi vain kustannusten vaikutuksen (muuttujan $C \times alue\ 2$) osalta. Kaikkiaan maantieteelliset erot mieltymyksissä vaikuttavat tulosten perusteella varsin vähäisiltä.

Muuttujaan *onnettomuuskokemus* liittyvät positiiviset kerroinestimaatit viittaavat siihen, että onnettomuusrisikin nousun tuottama hyödyn pudotus on vähäisempää, jos henkilö tai hänen omaisensa on ollut aikaisemmin liikenneonnettomuudessa. Ero on selvästi tilastollisesti merkitsevä etenkin vakavien ja lievien onnettomuustyyppien (*S* ja *M*) kohdalla. Toisin sanoen kokemus liikenneonnettomuudesta näyttää laskevan henkilön halukkuutta maksaa liikennet riskien vähentämiseen tähtäävistä toiminista ainakin silloin, kun kyseessä ovat ei-kuolettavat onnettomuudet.

Muuttujaan *suorittava työ* liittyvien kertoimien estimointitulokset ovat kiinnostavia. Niistä vain kuolemaan johtavan onnettomuusrisikin *F* vuorovaikutustermit ovat tilastollisesti merkitseviä kaikissa malleissa ja muut eivät missään taulukon 4.5 malleista. Mainitut tilastollisesti merkitsevät kerroinestimaatit ovat positiivisia ja kooltaan suhteellisen suuria. Tämän perusteella kuolemaan johtavan onnettomuuden riskin kasvu ei merkitse yhtä suurta hyödyn vähennystä henkilöille, jotka lukeutuvat alempiin toimihenkilöihin tai suorittavaa työtä tekeviin. Mainituissa ammattiluokissa halukkuus maksaa kuolemaan johtavien liikennet riskien vähentämisestä on mallin (3) mukaan noin 12 % alhaisempaa kuin muissa ammattiluokissa, joihin kuuluvat esim. ylemmät toimihenkilöt.

Muuttujan *huolestunut* ja kustannusmuuttujan *C* vuorovaikutustermin kerroinestimaatit ovat taulukon 4.5 kaikissa malleissa positiivisia ja selvästi tilastollisesti merkitseviä. Koska muuttujan *huolestunut* ja riskitasojen vuorovaikutustermien kerroinestimaatit ovat puolestaan negatiivisia, maksuhalukkuus liikennet riskien vähentämiseksi on tulosten mukaan korkeampaa, jos henkilö on huolestunut liikenneonnettomuusriskeistä mediaanitasoa enemmän. Esimerkiksi mallin (3) perusteella liikenneonnettomuusriskeistä mediaania huolestuneemman henkilön maksuhalukkuus on noin 20 % korkeampaa kuin

muiden, kun muiden muuttujien arvot asetetaan niiden keskiarvotasoille.

Indikaattorimuuttujiin *aikuisia*, *riskinottaja*, *työtön* ja *sairas* liittyvät kerroinestimaatit taulukossa 4.5 eivät anna kovin systemaattista tai selvää näyttöä siitä, että niihin liittyvät piirteet olisivat tärkeitä tekijöitä henkilön maksuhalukkuuden selittäjinä. Esimerkiksi muuttujan *riskinottaja* osalta ainoat tilastollisesti merkitsevät kertoimet liittyvät kustannusmuuttujaan malleissa (1) ja (3). Samaan tapaan muuttujiin *työtön* ja *sairas* kohdalla ainoat tilastollisesti merkitsevät kertoimet liittyvät kustannusmuuttujaan malleissa (2) ja (4).

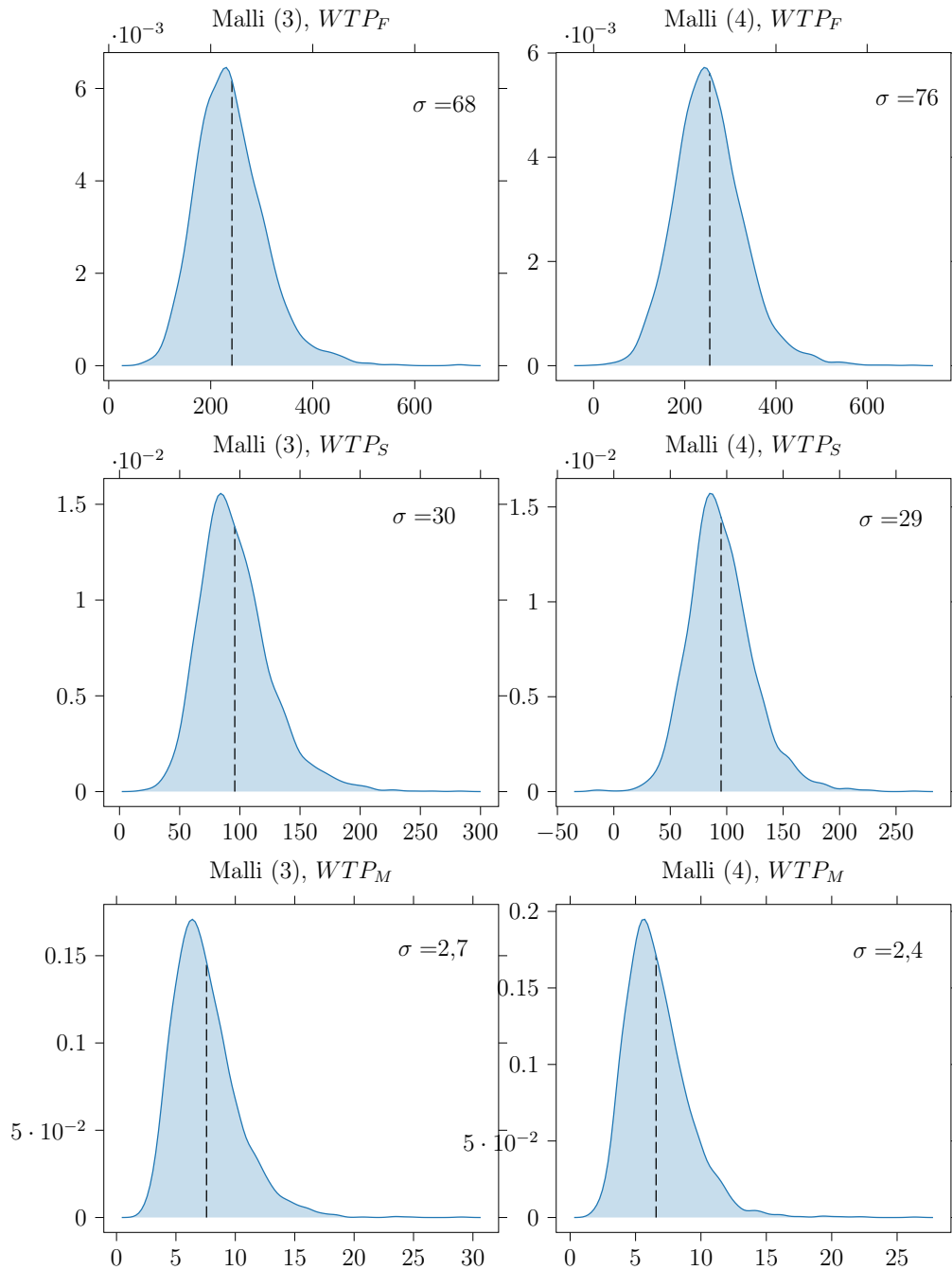
Muuttuja *epävarma* ilmaisee, onko vastaaja ollut valintakokeessa antamista vastauksista mediaanitasoa epävarmempi. Taulukon 4.5 kaikkien mallien estimointitulokset – erityisesti se, että muuttujan *epävarma* ja kaikkien riskitasojen kerroinestimaatit ovat positiivisia, suhteellisen suuria ja selvästi tilastollisesti merkitseviä – viittaavat vahvasti siihen, että valintakokeen vastaamisen epävarmuus laskee estimoitua maksuhalukkuutta. On luontevaa ajatella, että epävarmojen vastaajien kohdalla todellinen maksuhalukkuus on usein korkeampaa kuin miltä estimointien perusteella näyttää.

Taulukon 4.5 tulosten perusteella onnettomuuksien riskitasojen estimoitu vaikutus hyötyyn on vähäisempää, jos henkilö ei ole vastannut valintakokeen kaikkiin taustakysymyksiin. Se, että henkilö ei ole vastannut kaikkiin taustakysymyksiin, saattaa indikoida, että hänen valintakoevastauksensa eivät anna täysin luotettavaa kuvaa hänen todellisista mieltymyksistään. Mikäli kyseisten henkilöiden vastaukset poistetaan aineistosta, estimoitu maksuhalukkuus on korkeampaa kaikkien onnettomuustyyppien osalta.

Tarkastellaan vielä taulukon 4.5 mallien pohjalta muodostettuja onnettomuusarvojen estimaatteja. Lisättyjen kontrollimuuttujien johdosta kaikkien onnettomuusarvojen (VSL , VSI_S , VSI_M) estimaatit ovat nyt hiukan korkeampia kuin edeltävän luvun malleissa, joissa selittäjinä olivat vain tulot, ikä ja koulutus. Erot tulosten välillä ovat kuitenkin varsin pieniä. Yleisesti myös monet muut kontrollimuuttujien kokoonpanot tuottivat hyvin samansuuruisia onnettomuusarvojen estimaatteja. Kontrollimuuttujien kokoonpanon sijasta maksuhalukkuuden estimaatit eroavat toisistaan selvästi enemmän sen suhteen, sovelletaanko tavallista logit vai mixed logit -mallia.

Tarkastellaan vielä, kuinka laajasti maksuhalukkuus vaihtelee yksilöiden välillä. Kuvioon 4.8 on piirretty taulukon 4.5 mallien (3) ja (4) perusteella laskettujen yksilötason maksuhalukkuuksien empiiriset jakaumat. Huomaa, että jakauman taustalla olevat yksilötason maksuhalukkuusestimaatit vaihtelevat vain mallin selittäjien arvojen mukaan. Siten kuvion 4.8 jakaumat kuvastavat sitä heterogeenisyyttä, joka selittyy yksilöiden välisillä havaituilla taustatekijöillä.

Kuvan 4.8 perusteella voidaan havaita, että selitetyn maksuhalukkuuden



Kuva 4.8: Maksuhalukkuusjakaumat otoksessa taulukon 4.5 mallien (3) ja (4) perusteella. Kuvassa σ on jakauman keskihajonta.

suhteellinen hajonta kasvaa hiukan kun onnettomuuden seuraamus lievenee. Esimerkiksi mixed logit -mallin (taulukon 4.5 sarake (4)) perusteella kuolemaan johtavien loukkaantumisten maksuhalukkuusjakauman variaatiokerroin (keskihajonta jaettuna keskiarvolla) on noin 30 % kun lievien loukkaantumisten osalta se on noin 36 %.

4.2.4 Painotetut maksuhalukkuusestimaatit

Edeltävän luvun tarkastelut viittaavat siihen, että yksilön halukkuus maksaa onnettomuusriskien vähentämisestä riippuu useista havaittavista tekijöistä. Erityisen suuri merkitys näyttää olevan henkilön koulutuksella. Mitä korkeampi koulutus henkilöllä on, sitä enemmän hän on valmis maksamaan liikenteen turvallisuuden parantamisesta. Koska korkeasti koulutetut ovat otoksessa yliedustettuina, otoksen perusteella laskettu keskimääräinen maksuhalukkuus saattaa yliarvioida koko väestön keskimääräistä maksuhalukkuutta. Tätä valikoituvuusharhaa voidaan vähentää muokkaamalla otoksen perusteella laskettua keskimääräisen maksuhalukkuuden estimaattia niin, että korkeasti koulutetut saavat pienemmän painon kuin matalasti koulutetut.

Tarkastellaan otoksen perusteella laskettua keskimääräistä maksuhalukkuutta kuolemaan johtavien onnettomuusriskien vähentämisen osalta

$$\overline{WTP}_F = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E(WTP_{iF}|X_i). \quad (4.1)$$

Lausekkeessa (4.1) $E(WTP_{iF}|X_i)$ on samaa muotoa kuin summattavat termit yhtälössä (3.7) (logit-malli), tai kuten lausekkeessa (3.8) (mixed logit-malli).

Nyt riippumatta siitä, mitä ehdollisen odotusarvon $E(WTP_{iF}|X_i)$ määrittelemisessä käytetyt muuttujat X_i ovat, niin \overline{WTP}_F tuottaa harhattoman estimaatin keskimääräiselle maksuhalukkuudelle siinä väestössä, jota käsillä oleva otos edustaa. Siten, jos otoksen henkilöt ovat valikoituneet satunnaisesti suomalaisista aikuisista, \overline{WTP}_F on harhaton estimaattori suomalaisen aikuisväestön keskimääräiselle maksuhalukkuudelle kuolemaan johtavien onnettomuusriskien vähentämisen osalta.

Mikäli kuitenkin otoksessa on valikoituvuutta muuttujien X_i suhteen, \overline{WTP}_F ei välttämättä anna luotettavaa arviota väestötason keskimääräisestä maksuhalukkuudesta. Oletetaan, että muuttujat X_i ovat diskreettiarvoisia ja olkoon $p(x) = \Pr(X_i = x)$ niiden yhteispistetodennäköisyysfunktio silloin, kun henkilö i on valittu Suomen aikuisväestöstä puhtaasti satunnaisesti.⁴ Ol-

⁴Käytännössä tutkimuksen jatkuva-arvoiset muuttujat (kuten tulot ja ikä) käsitellään diskreettiarvoisina.

koon $q(x)$ puolestaan vastaava yhteispistetodennäköisyysfunktio silloin, kun huomioidaan, miten otoksen henkilöt ovat todellisuudessa valikoituneet. Siis jos otoksen henkilöt ovat valikoituneet sattumanvaraisesti, niin $q(x) = p(x)$.

Tarkastellaan tilannetta, jossa otoksen henkilöiden valikoituminen on yhteydessä muuttujiin X_i , eli yleisesti $q(x) \neq p(x)$ ainakin osalle muuttujien X_i mahdollisista arvoista x . Tällöin \overline{WTP}_F tuottaa harhattoman estimaatin parametrille

$$E_q(WTP_{iF}) = \sum_x q(x)E(WTP_{iF}|X_i = x),$$

Estimoinnin kohteena oleva väestön keskimääräinen maksuhalukkuus on

$$E_p(WTP_{iF}) = \sum_x p(x)E(WTP_{iF}|X_i = x).$$

Jos otoksessa on valikoituvuutta muuttujien X_i suhteen, \overline{WTP}_F saattaa antaa harhaanjohtavan arvion kiinnostavasta parametrasta $E_p(WTP_{iF})$. Harha on

$$E_q(WTP_{iF}) - E_p(WTP_{iF}) = \sum_x (q(x) - p(x))E(WTP_{iF}|X_i = x).$$

Huomaa kuitenkin, että vaikka otoksessa olisi muuttujiin X_i liittyvää valikoituvuutta, kuvattua harhaa ei synny, jos $E(WTP_{iF}|X_i) = E(WTP_{iF})$, eli jos muuttujat X_i eivät ennusta henkilön maksuhalukkuutta.

Jos $E(WTP_{iF}|X_i)$, $q(x)$ ja $p(x)$ ovat tunnettuja, otoksen valikoituvuudesta aiheutuva estimointiharha voidaan välttää soveltamalla painotettua otoskeskiarvoa

$$\overline{WTP}_F(p,q) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{p(X_i)}{q(X_i)} E(WTP_{iF}|X_i). \quad (4.2)$$

Nyt siis $E(\overline{WTP}_F(p,q)) = E_p(WTP_{iF})$. Vastaavat painotetut keskiarvot loukkaantumisten osalta, $\overline{WTP}_S(p,q)$ ja $\overline{WTP}_M(p,q)$, muodostetaan samalla tavalla.

Luvuissa 4.2.2 ja 4.2.3 tarkasteltiin estimaatteja ehdollisten odotusarvojen $E(WTP_{ia}|X_i)$, $a \in \{F, S, M\}$ erilaisille täsmennyksille. Saadaanko väestön keskimääräisestä maksuhalukkuudesta selvästi eri suuruksia estimaatteja, jos ne lasketaan soveltamalla edellä kuvattua painotettua estimaattoria? Tämän kysymyksen arvioinnissa on tyydyttävä siihen, että väestötasolla käytössä on vain yksittäisten muuttujien reunajakaumia ja joidenkin muuttujien välisiä yhteisjakaumia.

Taulukkoon 4.6 on koottu painotettuja maksuhalukkuusestimaatteja, joissa painotuksen väestötason jakauma ($p(X_i)$) voitiin estimoida luotettavasti.

Taulukon ensimmäinen sarake ilmaisee, minkä muuttujan (muuttujien) suhteen painotus on muodostettu. Otsikon ”Painottamaton” yhteydessä olevat tulokset perustuvat suoraan otoksesta laskettuihin keskimääräisiin onnettomuusarvoihin ja ovat siten samat kuin taulukossa 4.5.

Tarkastellaan taulukon 4.6 kohdan ”Tulot” maksuhalukkuusestimaatteja. Sarakkeen (j) $j=1,2,3,4$ VSL on laskettu soveltamalla lauseketta (4.2) ($\times 10000$), jossa $E(WTP_{iF}|X_i)$ perustuu taulukon 4.5 malliin (j) ja painot $p(X_i)/q(X_i)$ on laskettu muuttujan *tulot* vastaavien jakaumien avulla. Onnettomuusarvot VSI_S ja VSI_M on estimoitu samalla lausekkeella erotuksella, että niissä käytetään vastaavia $E(WTP_{iS}|X_i)$ ja $E(WTP_{iM}|X_i)$ estimaatteja.

Edeltävän luvun estimointien perusteella havaittiin, että korkeammat tulot nostavat yleisesti maksuhalukkuutta. Aineiston alustavissa kuvailuissa huomattiin (ks. kuva 4.4), että otoksen tulojakauma painottuu enemmän suurituloisiin kuin väestön tulojakauma. Näiden havaintojen valossa ei ole yllättävää, että tulojakauman mukaan painotetut maksuhalukkuusestimaatit taulukossa 4.6 ovat pienempiä kuin painottamattomaan otokseen perustuvat estimaatit. Mallista ja onnettomuustyyppistä riippuen ero tulojakauman suhteen painotettujen ja painottamattomien onnettomuusarvoestimaattien välillä on kuitenkin vain n. 3–6 %.

Havainnot koulutuksen osalta ovat analogiset tulojen kanssa. Otoksessa on enemmän korkeasti koulutettuja kuin väestössä yleisesti. Toisaalta edeltävän luvun estimointien perusteella koulutus lisää henkilön halukkuutta maksaa onnettomuusriskien vähentämisestä. Koulutuksen jakauman suhteen painotetut maksuhalukkuusestimaatit eivät kuitenkaan eroa painottamattomista estimaateista kuin enintään muutaman prosentin. Iän ja sukupuolen reuna- ja sukupuolen suhteen painotetut maksuhalukkuusestimaatit ovat molemmat hiukan pienempiä kuin vastaavat painottamattomat estimaatit. Ajokortin ja alueen osalta painotus puolestaan antaa hiukan korkeammat maksuhalukkuusluvut.

Iän, sukupuolen ja koulutuksen yhteisjakauman suhteen muodostetut painotetut maksuhalukkuusestimaatit ovat jo selvemmin alhaisempia kuin vastaavat painottamattomat estimaatit. Esimerkiksi mallin (4) kohdalla painotettu VSL (VSI_S) [VSI_M] on 150 000 (78 000) [6700] euroa, 6 (7,6) [10] prosenttia pienempi kuin vastaava painottamaton estimaatti. Tulos on johdonmukainen erityisesti edellä sukupuolesta ja koulutuksesta tehtyjen havaintojen kanssa. Taulukon seuraava kohta, jossa painotus on tehty iän, sukupuolen, koulutuksen ja alueen yhteisjakauman suhteen, antaa olennaisesti saman tuloksen. Taulukon viimeiset tulokset, jotka perustuvat iän, sukupuolen, ajokortin ja alueen yhteisjakaumalla tehtyyn painotukseen, eroavat mallillisemmin viitekohtana olevista painottamattomista onnettomuusarvoista.

Kaikkiaan taulukon 4.6 tulokset viittaavat siihen, että valikoitumisen joh-

dosta otoksesta suoraan laskettu keskimääräinen maksuhalukkuus saattaa olla korkeampaa kuin väestötasolla keskimäärin. Erityisesti miesten ja korkeammin koulutettujen hienoinen yliedustus ja se, että otoksen tulojakauma painottuu korkeimpiin tuloluokkiin, näyttävät nostavan otoksen perusteella laskettua keskimääräistä maksuhalukkuutta. Painotettujen maksuhalukkuusestimaattien mukaan valikoitumisen tuottama harha näyttää kuitenkin olevan korkeimmillaankin suhteellisen pientä. Voidaan kysyä, olisivatko koulutuksen ja tulojen yhteisjakauman suhteen painotetut maksuhalukkuusestimaatit esillä olevia painotettuja estimaatteja vielä matalampia. Valitettavasti tätä kysymystä ei voida arvioida, koska tulojen ja koulutuksen soveltuvaa yhteisjakaumaa ei ole väestötasolla käytettävissä.

Edelleen on hyvä tiedostaa, että tutkimuksen otoksessa voi myös olla sellaista valikoituvuutta, joka laskee otoksen perusteella muodostettua keskimääräistä maksuhalukkuutta. Esimerkiksi taulukon 4.5 tuloksista voidaan päätellä, että vastauksistaan epävarmojen vastaajien kohdalla estimoitu maksuhalukkuus on vähäisempää kuin muilla. Tämä herättää ajatuksen, että kyseisten henkilöiden kohdalla valintakokeen havainnot saattavat aliarvioida heidän todellista maksuhalukkuuttaan. Tätäkään mahdollisuutta ei voida tarkemmin tutkia painotetun estimaattorin avulla, koska ko. epävarmojen vastaajien väestöosuutta ei tunneta. Ylipäänsä mahdollisuus, että osa vastauksista ei välttämättä kuvaa oikein vastaajan preferenssejä, saattaa tuottaa tilastolliseen arvioon harhaa joko ylöspäin tai alaspäin. Siten ei ole lainkaan selvää, kuinka paljon ja minkä suuntaista valikoituvuuteen perustuvaa harhaa otoksen perusteella muodostetuissa estimaateissa mahdollisesti on. Tutkimuksen laatijoiden oma arvio on, että valikoituvuus ei ole kuitenkaan tässä tutkimuksessa merkittävä harhan lähde.

4.2.5 Laatuvaikoidun elinvuoden painojen estimaatit

Edellä esitettyjä malleja voidaan soveltaa laatuvaikoidun elinvuoden painojen, eli QALY-painojen, estimointiin. Palautetaan mieleen, että QALY-painot kuvaavat tietyssä terveydentilassa eletystä vuodesta koituvaa hyötyä suhteessa hyötyyn, jonka henkilö kokee eläessään vuoden täysin terveenä. Valintakokeen kyselyssä loukkaantumisen vaihtoehtona oli, että vastaajan vallitseva terveydentila pysyy ennallaan. Koska vastaaja ei välttämättä ole vastaushetkellä täysin terve, QALY-painojen estimoinnissa on perusteltua soveltaa otosta, jossa on mukana vain ne henkilöt, jotka ilmoittivat olevansa täysin terveitä. Tulokset eivät kuitenkaan juurikaan muutu, vaikka estimoinnissa käytettäisiin koko otosta. Tämä on johdonmukaista siitä näkökulmasta, että muuttujan *sairas* estimoitu vaikutus on maksuhalukkuuteen erittäin pieni (ks. edeltävä luku).

Taulukko 4.6: Painotetut maksuhalukkuusestimaatit

		(1)	(2)	(3)	(4)
Jakauma					
Painottamaton	<i>VSL</i>	216 (1,53)	236 (1,67)	240 (1,32)	254 (1,48)
	<i>VSI_S</i>	83 (0,64)	88 (0,64)	96 (0,57)	95 (0,56)
	<i>VSI_M</i>	6,9 (0,060)	6,4 (0,052)	7,5 (0,053)	6,7 (0,047)
Tulot	<i>VSL</i>	207 (1,88)	227 (2,16)	232 (1,93)	246 (2,15)
	<i>VSI_S</i>	79 (0,73)	84 (0,80)	93 (0,77)	92 (0,78)
	<i>VSI_M</i>	6,6 (0,070)	6,2 (0,067)	7,2 (0,070)	6,5 (0,065)
Koulutus	<i>VSL</i>	209 (2,00)	228 (2,19)	235 (1,99)	248 (2,15)
	<i>VSI_S</i>	80 (0,76)	85 (0,82)	94 (0,78)	93 (0,78)
	<i>VSI_M</i>	6,9 (0,078)	6,3 (0,070)	7,4 (0,075)	6,6 (0,068)
Ikä	<i>VSL</i>	215 (1,96)	234 (2,09)	237 (1,91)	251 (2,02)
	<i>VSI_S</i>	81 (0,69)	86 (0,71)	93 (0,68)	92 (0,67)
	<i>VSI_M</i>	6,4 (0,049)	5,9 (0,042)	7,0 (0,046)	6,2 (0,040)
Sukupuoli	<i>VSL</i>	214 (1,51)	235 (1,68)	238 (1,34)	253 (1,52)
	<i>VSI_S</i>	83 (0,64)	88 (0,65)	96 (0,59)	95 (0,59)
	<i>VSI_M</i>	6,9 (0,059)	6,3 (0,052)	7,4 (0,053)	6,6 (0,048)
Ajokortti	<i>VSL</i>	217 (2,24)	238 (2,46)	241 (2,15)	256 (2,36)
	<i>VSI_S</i>	83 (0,89)	88 (0,91)	97 (0,87)	95 (0,86)
	<i>VSI_M</i>	7,0 (0,090)	6,5 (0,079)	7,6 (0,083)	6,7 (0,074)

Taulukko jatkuu seuraavalla sivulla.

Taulukko 4.6 jatkuu:

Jakauma		(1)	(2)	(3)	(4)
Alue	<i>VSL</i>	218	239	242	257
		(1,74)	(1,90)	(1,57)	(1,74)
	<i>VSI_S</i>	84	89	97	96
		(0,72)	(0,72)	(0,67)	(0,66)
	<i>VSI_M</i>	7,0	6,4	7,5	6,7
		(0,066)	(0,058)	(0,059)	(0,052)
Ikä, sukupuoli, koulutus	<i>VSL</i>	203	221	226	239
		(3,12)	(3,4)	(3,42)	(3,59)
	<i>VSI_S</i>	75,5	80,7	88,5	87,8
		(1,04)	(1,15)	(1,2)	(1,21)
	<i>VSI_M</i>	6,15	5,72	6,76	6,03
		(0,0857)	(0,0777)	(0,0938)	(0,0816)
Ikä, sukupuoli, koulutus, alue	<i>VSL</i>	202	220	225	237
		(3,24)	(3,52)	(3,49)	(3,68)
	<i>VSI_S</i>	75,3	80,4	88	87,2
		(1,1)	(1,2)	(1,25)	(1,26)
	<i>VSI_M</i>	6,1	5,67	6,69	5,97
		(0,0887)	(0,0804)	(0,0952)	(0,0834)
Ikä, sukupuoli, ajokortti, alue	<i>VSL</i>	215	234	237	251
		(3,56)	(3,7)	(3,6)	(3,75)
	<i>VSI_S</i>	80,7	85,8	93	92,2
		(1,23)	(1,27)	(1,3)	(1,28)
	<i>VSI_M</i>	6,46	5,96	7,02	6,24
		(0,104)	(0,088)	(0,104)	(0,0884)

Huom. Taulukon onnettomuusarvot on muodostettu painotetulla estimaattorilla (4.2), jossa painot ($p(X_i)/q(X_i)$) perustuvat ensimmäisen sarakkeen muuttujan (muuttujien) jakaumaan ja $E(WTP_{iF}|X_i)$ perustuu taulukon 4.5 malleihin sarakkeittain. Kesquivirheet ovat suluisia. Ensimmäisten rivien ("Painottamattomat") estimaatit ovat samat kuin taulukossa 4.5. Koulutus pitää sisällään muuttujat *peruskoulu* ja *akateeminen* (kolme koulutusluokkaa). Alue pitää sisällään muuttujat *alue 1* ja *alue 2* (kolme maakuntaryhmää).

Keskimääräisten QALY-painojen estimaatit esitetään taulukossa 4.7. Estimaatit on muodostettu vain logit-malleille (mallit (1) ja (3)), sillä mixed logit -mallin tapauksessa QALY-painon lausekkeessa olisi jakajana satunnaismuuttuja (hyöty, jossa on mukana satunnaisia komponentteja). Lievien loukkaantumisten osalta QALY-paino laskettiin niin, että siinä oleva hyöty loukkaantumisriskin suhteen kerrottiin neljällä. Tämä tehtiin siksi, että lievän loukkaantumisen kesto oli rajattu kyselyssä kolmeen kuukauteen. Neljällä kertominen siis skaalasi ko. hyödyn vuositasolle niin kuin QALY-painon määrittely edellyttää.

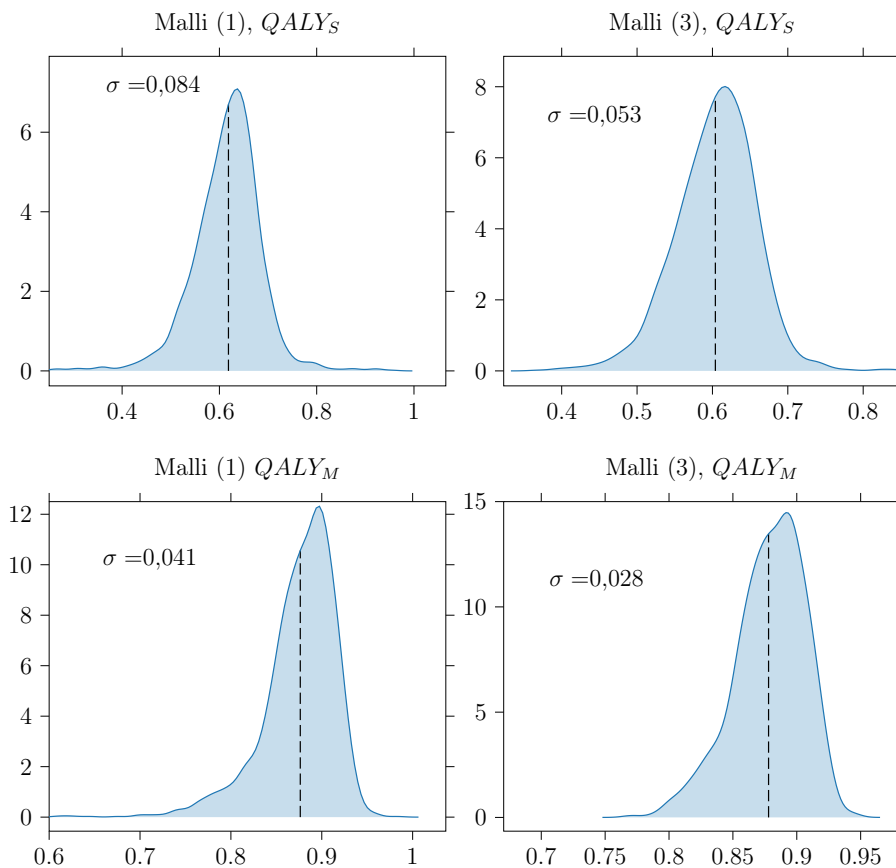
Taulukko 4.7: Laatuvaikoidun elinvuoden painot

Malli	Painottamattomat		Painotetut	
	\overline{QALY}_S	\overline{QALY}_M	\overline{QALY}_S	\overline{QALY}_M
(1)	0,64 (0,034)	0,86 (0,012)	0,66 (0,040)	0,85 (0,0209)
(3)	0,60 (0,00096)	0,87 (0,00063)	0,61 (0,013)	0,87 (0,015)
(1) terv.	0,62 (0,0019)	0,87 (0,00091)	0,61 (0,012)	0,86 (0,015)
(3) terv.	0,60 (0,0012)	0,88 (0,00062)	0,60 (0,011)	0,86 (0,015)

Huom. Estimaatit perustuvat taulukon 4.5 malleihin (1) ja (3). Kesquivirheet ovat suluissa. Kahden ylimmän rivin estimaatit on laskettu koko aineiston perusteella. Kahden alimman rivin estimaattien aineistossa on mukana vain otoksen ne henkilöt, jotka ilmoittivat olevansa täysin terveitä. Painotetuissa estimaateissa painotus on tehty iän, sukupuolen ja koulutuksen yhteisjakauman suhteen.

Taulukon 4.7 QALY-painoja voidaan verrata Ruotsissa ns. aika-tradeoff-menetelmällä saatuihin estimaatteihin (Burström ym. (2014)). Viitatussa ruotsalaisessa tutkimuksessa EQ-5D-3L -asteikolla määriteltyjen terveydentilojen 22331 ja 33333 QALY-painot ovat suuruudeltaan 0,4 ja 0,6. Jälkimmäinen määrittely (EQ-5D-3L=33333) vastaa parhaiten tässä tutkimuksessa kuvattua vakavaa loukkaantumista ja kyseinen paino on myös hyvin linjassa taulukon tulosten kanssa (\overline{QALY}_S). Lisäksi Ruotsissa EQ-5D-3L -asteikon määrittelylle 11221, joka vastaa parhaiten tässä tutkimuksessa käytettyä lievän loukkaantumisen kuvausta, QALY-paino on 0,85. Tämäkin tulos on linjassa taulukon 4.7 estimaattien kanssa (\overline{QALY}_M).

QALY-painojen sijaan liikennealalla käytetään usein kuolemanriskiekvivalentteja, eli lukuja, joissa onnettomuudesta seuraava haitta suhteutetaan kuolemaan. Taulukon 4.7 lukujen perusteella kuolemanriskiekvivalentti vakaville loukkaantumiselle on keskimäärin n. 0,4 ja lieville n. 0,03 (huom. tässä lukua ei ole skaalattu siten, että loukkaantuminen olisi vuoden kestävä). Ruotsissa tehdyissä tutkimuksissa vakavien loukkaantumisten kuolemanriskiekvivalentit ovat vaihdelleet välillä 0,15–0,2 (Svensson (2009)), mutta va-



Kuva 4.9: Laatuvaikotujen elinvuosien painojen jakaumat taulukon 4.5 mallien perusteella. Jakaumat on laskettu aineistosta, jossa on mukana vain otoksen ne henkilöt, jotka ilmoittivat olevansa täysin terveitä. Keskiarvo on merkitty katkoviivalla.

kavat loukkaantumiset on näissä tutkimuksissa määritelty lievempinä kuin tässä tutkimuksessa. Toisaalta tutkimuksessa Hojman ym. (2005) vakavien loukkaantumisten kuolemanriskiekvivalentiksi saatiin 0,47.

Yhdysvaltojen liikenneviranomaisten käyttämät onnettomuusarvot perustuvat QALY-painoihin U.S. Department of Transportation (DOT) (2016). MAIS-asteikolla arvon 2 saavien loukkaantumisten osalta näin saatujen onnettomuusarvojen suhde VSI_M/VSL (kuolemanriskiekvivalentti) on 0,047. Tässä tutkimuksessa vastaava suhdeluku on siis hieman pienempi (noin 0,03).

4.3 Tulosten yhteenveto

Edeltävissä luvuissa on esitetty tilastollisia arvioita siitä, miten paljon suomalaiset ovat keskimäärin halukkaita maksamaan liikenneonnettomuuksien henkilövahinkojen riskien vähentämisestä. Esitetyt tulokset ja analyysit osoittavat, että maksuhalukkuuden tilastolliset estimaatit riippuvat pääasiassa kolmesta mallin täsmennykseen liittyvästä valinnasta: (a) pidetäänkö mallissa riskitekijöiden vuorovaikutustermit, (b) sovelletaanko tavallista logit vai mixed logit -mallia ja (c) mitä kontrollimuuttujia malliin valitaan. Seuraavassa arvioidaan, mikä valinta kunkin mainitun kysymyksen kohdalla on parhaiten perusteltu. Tätä kautta voidaan muodostaa parhaat yksittäiset arviot kaikille kolmelle onnettomuusarvolle VSL , VSI_S , VSI_M .

Kaikissa estimoiduissa malleissa riskitekijöiden väliset vuorovaikutustermit selvästi korottavat keskimääräisesti maksuhalukkuudesta saatavaa arvioita kaikkien riskityyppien kohdalla. Esimerkiksi taulukon 4.2 malleissa, joissa ei ole mukana kontrollimuuttujia, VSL -estimaatti on noin 8–12 % korkeampi, kun mallissa on riskitekijöiden vuorovaikutustermit (vertaa mallia (1) malliin (3) ja mallia (2) malliin (4)).

Riskitekijöiden käytölle mallissa on selvät teoreettiset perusteet, koska valintakokeen kysymykset johdattelivat tai pakottivat vastaajaa vertailemaan eri riskien välisiä suhteita. Teoreettisen perustelun lisäksi riskitekijöiden vuorovaikutustermien käyttöä puoltaa vahvasti se, niiden kerroinestimaatit ovat poikkeuksetta selvästi tilastollisesti merkitseviä riippumatta siitä, miten malli on muutoin täsmennetty. Näiden seikkojen johdosta esimerkiksi taulukon 4.2 mallia (3) ja vastaavaa VSL -estimaattia (n. 2,3 miljoonaa euroa) voidaan pitää realistisempänä kuin mallia (1) ja sen VSL -estimaattia (n. 2,1 miljoonaa euroa). Samalla perusteella malliin (3) perustuva VSI_S (VSI_M) -estimaatti n. 930 000 (n. 70 000) euroa on uskottavampi kuin vastaava malliin (1) perustuva estimaatti n. 790 000 (n. 63 000) euroa.

Onnettomuusarvojen estimaatit riippuvat myös melko selvästi siitä, otaanko mallissa huomioon mieltymysten havaitsematon heterogeenisuus, eli

käytetäänkö tavallista logit vai mixed logit -mallia. Toisin kuin edellä riskitekijöiden vuorovaikutustermien tapauksessa tämä mallin piirre vaikuttaa hiukan eri tavalla eri riskityyppien kohdalla. Kun mallin selittäjät ovat samat, mixed logit -malli tuottaa poikkeuksetta korkeammat VSL -estimaatit kuin tavallinen logit-malli. Esimerkiksi kun yksinkertaisin tavallinen logit-malli, jossa on mukana riskitasojen vuorovaikutustermit (taulukon 4.2 sarake (3)), laajennetaan mixed logit -malliksi (sarake (4)) VSL -estimaatti kasvaa n. 200 000 euroa korkeammaksi ollen n. 2,5 miljoonaa euroa. Samojen mallien (eli taulukon 4.2 mallien (3) ja (4)) välillä VSI_S -estimaatit eivät puolestaan eroa toisistaan, mutta VSI_M -estimaattien osalta mixed logit -mallin tuottama 63 000 euroa on 10 % pienempi verrattuna tavallisen logit-mallin tuottamaan lukuun (70 000 euroa). Olennessa samat havainnot voidaan tehdä malleissa, joihin on lisätty kontrollimuuttujia (vertaa taulukkojen 4.4 ja 4.5 malleja (3) ja (4)).

Tilastolliset tarkastelut ja tulkinnalliset huomiot puoltavat päätelmää, että mixed logit -malli kuvaa valintakokeen valintojen taustalla olevia mieltymyksiä paremmin kuin tavallinen logit-malli. Estimoidut keskihajonnat $sd(\alpha_F)$, $sd(\alpha_S)$, $sd(\alpha_M)$ ovat selvästi nollaa suurempia ja tilastollisesti merkitseviä riippumatta sovitettujen mallien muista piirteistä (onko mallissa mukana riskitekijöiden vuorovaikutustermit vai ei, mitä kontrollimuuttujia mallissa käytetään). Lisäksi kertoimien α_F , α_S , α_M estimoidut korrelaatiot ovat kaikissa estimoiduissa mixed logit -malleissa positiivisia ja varsin suuria. Tämä sopii oletukseen, että yksilöiden preferenssit eri riskityyppien suhteen ovat keskenään samansuuntaisia. Toisin sanoen, jos henkilö arvostaa erityisen pientä riskiä joutua vakavaan loukkaantumiseen johtavaan onnettomuuteen, niin tyypillisesti näin on myös vaikkapa lievien onnettomuuksien riskin kohdalla.

Edeltävien huomioiden perusteella voidaan hyvin perustella, että mixed logit -mallit, joissa on mukana riskitekijöiden vuorovaikutustermit, antavat luotettavimmat arviot eri onnettomuusarvoille. Siten esimerkiksi taulukossa 4.2 sarakkeen (4) mallin onnettomuusarvoestimaatit ($VSL = 2,5$ miljoonaa, $VSI_S = 930000$, $VSI_M = 63000$ euroa) ovat todennäköisesti lähempänä niiden todellisia tuntemattomia arvoja kuin vastaavat onnettomuusarvoestimaatit sarakkeiden (1)–(3) malleissa. Huomaa, että sarakkeen (4) mallissa VSL -estimaatin absoluuttinen ero suhteessa VSI_S ja VSI_M estimaatteihin on selvästi suurempi kuin muissa malleissa. Ainakin tutkimuksen laatijoiden omien preferenssien näkökulmasta tämä piirre mallissa (4) lisää osaltaan sen uskottavuutta malleihin (1)–(3) nähden.

Jäljelle jää kysymys, mikä merkitys mallin kontrollimuuttujilla on onnettomuusarvojen estimoinnissa. Luvussa 4.2.4 havainnollistettiin sitä tosiseikkaa, että perusjoukon tasolla mallin tuottama keskimääräinen maksuhaluk-

kuus ei muutu sen mukaan, mitä kontrollimuuttujia siinä käytetään tai käytetäänkö niitä lainkaan. Sen sijaan ratkaisevaa on, onko otoksessa sellaista valikoituvuutta, joka vääristää otoksen perusteella laskettua keskimääräistä maksuhalukkuutta. Luvun 4.1 tarkastelut osoittivat, että otoksessa on väestöön verrattuna suhteellisesti enemmän mm. miehiä, korkeasti koulutettuja ja korkeampituloisia. Luvuissa 4.2.2 ja 4.2.3 esitetyt estimointitulokset malleille, joissa on mukana erilaisia kontrollimuuttujia, puolestaan osoittivat, että sukupuoli, koulutus, tulot ja monet muut havaittavat tekijät ovat yhteydessä henkilön maksuhalukkuuteen. Havaittiin, että miehet (korkeammin koulutetut) [korkeampituloiset] ovat halukkaampia maksamaan liikenneturvallisuuden parantamisesta enemmän kuin naiset (matalasti koulutetut) [matalatuloiset]. Näiden kahden havainnon perusteella on selvää, että otokseen perustuva keskimääräinen maksuhalukkuus voi olla korkeampaa kuin väestössä keskimäärin. Luvussa 4.2.4 esitettiin, miten valikoituvuudesta aiheutuvaa harhaa voidaan arvioida ja jopa poistaa painotetun estimaattorin avulla.

Luvun 4.2.4 painotetut maksuhalukkuusestimaatit antoivat vahvistusta oletukselle, että valikoituvuus todella aiheuttaa positiivista harhaa otoksen perusteella laskettuihin onnettomuusarvoestimaatteihin. Harhan estimoitu suuruus oli kuitenkin yksittäisten muuttujien (tulot, sukupuoli, koulutus, alue, ajokortti) osalta suhteellisen pientä, keskimäärin muutamia prosentteja. Suurin ero syntyi, kun painotuksessa korjattiin samanaikaisesti miesten ja korkeammin koulutettujen yliedustus otoksessa. Tässä tapauksessa painotetut onnettomuusarvot olivat pyöristettyinä $VSL = 2,4$ miljoonaa, $VSI_S = 900000$ ja $VSI_M = 60000$ euroa. Valitettavasti sukupuolen, tulojen ja koulutuksen yhteisjakaumaan perustuvia painotettuja maksuhalukkuusestimaatteja ei voitu muodostaa, koska siihen soveltuvaa väestötason yhteisjakamaa ei ollut käytettävissä. Koska joka tapauksessa minkään yksittäisen muuttujan osalta painotetut maksuhalukkuusestimaatit eivät lopulta eroa kovin paljon painottamattomista estimaateista ja toisaalta koska koulutuksen ja tulojen välillä on vahva positiivinen yhteys, voidaan olettaa, että edellä esitetyt painotetut estimaatit antavat varsin luotettavan arvion valikoituvuus-harhasta, vaikka niissä ei huomioidakaan valikoituvuutta tulojen suhteen. Edelleen, kuten luvussa 4.2.4 selitettiin, on myös mahdollista, että otoksessa on sellaista valikoituneisuutta, joka tuottaa painottamattomiin maksuhalukkuusestimaatteihin negatiivista harhaa väestöön verrattuna. Tämä puoltaa osaltaan oletusta, että väestötason maksuhalukkuus ei voi olla alhaisempaa kuin luvun 4.2.4 pienimmät painotetut maksuhalukkuusestimaatit.

Luvussa 4.1 havaittiin, että noin 11 % otoksen vastaajista vastasi ns. leksikograafisesti, eli valitsi aina joko halvimman tai kalleimman vaihtoehdon. Yleensä ajatellaan, että sellaiset leksikograafisia vastaajat, jotka valitsevat

aina halvimman vaihtoehdon, tekevät sen mielenosoituksellisesti, koska he kokevat valintakokeen jollakin tavalla vaikeana tai epämiellekkäänä. Sen sijaan, mikäli vastaaja on valinnut aina kalleimman vaihtoehdon, ajatellaan, että hän olisi mahdollisesti valmis valitsemaan vaihtoehdon, joka on kalliimpi kuin mikään tarjolla oleva vaihtoehto. Toisin sanoen tässä tapauksessa valintakokeen kustannusasteikko on alimitoitettu, eikä sisällä maksuhalukaimmille vastaajille riittävän korkeita hintoja tai kustannuksia. Tämä merkitsee, että valintakokeen tulokset saattavat joidenkin vastaajien kohdalla aliarvioida heidän todellista maksuhalukkuuttaan. Tämän tutkimuksen leksikograafisista vastaajista suurin osa kuului nimenomaan jälkimmäiseen ryhmään. Tämä saattaa tuottaa negatiivisen harhakomponentin tutkimuksen keskimääräisiin maksuhalukkuusestimaatteihin. Kaikkiaan leksikograafisten vastaajien osuus oli kuitenkin varsin pieni ja koska yksittäisen leksikograafisen vastaajan vastauksessa ei aina ole lainkaan harhaa tai se voi olla joko positiivista tai negatiivista, voidaan olettaa, että leksigraafiset vastaajat eivät juurikaan vääristä tämän tutkimuksen maksuhalukkuusestimaatteja.

Jos jätetään valikoituvuudesta mahdollisesti syntyvä harha huomiotta, tutkimuksen luotettavimmat maksuhalukkuusestimaatit perustuvat malleihin, joissa on mukana riskitekijöiden vuorovaikutustermit ja jotka ottavat huomioon vastaajien mahdollisen havaitsemattoman heterogeenisuuden (mixed logit -mallit). Tähän joukkoon kuuluvat taulukoiden 4.2, 4.4 ja 4.4 sarakkeessa (4) esitetyt mallit. Huomaa, että näiden mallien tuottamat maksuhalukkuusestimaatit eivät juurikaan eroa toisistaan ja mallien estimaattien keskiarvot ovat $VSL = 2,5$ milj., $VSI_S = 940000$, $VSI_M = 65000$ euroa. Edellä esitetyt huomiot kuitenkin puoltavat vahvasti oletusta, että näissä luvuissa on jonkun verran valikoituvuudesta aiheutuvaa positiivista harhaa. Käytössä olevien tietojen pohjalta luvun 4.2.4 painotetut estimointitulokset antavat parhaimman arvion tämän harhan suuruusluokasta. Painotettujen estimointitulosten perusteella voidaan perustella, että tutkimuksen luotettavimmat maksuhalukkuusestimaatit ovat suuruudeltaan: $VSL = 2,4$ miljoonaa, $VSI_S = 900000$ ja $VSI_M = 60000$ euroa.

5 Lopuksi

Tässä tutkimuksessa arvioitiin suomalaisten halukkuutta maksaa liikenneonnettomuuksien vähentämisestä. Tutkimuksen analyysi perustui verkkokyselyynä tehtyyn valintakokeeseen, johon kutsuttiin 20 000 satunnaisesti valittua suomalaista aikuista. Valintakokeessa vastaajan tuli tehdä valintoja kahden oletetun vaihtoehdon välillä. Vaihtoehdot erosivat siinä, mitä ne maksaisivat valinnan tekijälle ja millaisia onnettomuusriskejä ne hänelle merkitsisivät erityisesti henkilöautolla liikuttaessa. Valittavissa vaihtoehdoissa oli mukana samanaikaisesti lieviin ja vakaviin loukkaantumisiin sekä kuolemaan johtavien onnettomuuksien riskit. Onnettomuuksien terveydellisten riskien erojen ajateltiin johtuvan erilaisista auton turvavarusteista. Valintakokeeseen kutsutuista lähes 2 700 vastasi kyselyyn, ja tutkimuksen maksuhalukkuusarviot perustuivat heidän vastauksistaan koostuvaan havaintoaineistoon.

Tutkimuksen maksuhalukkuusestimaattien perusteella muodostettiin seuraavat ns. tilastolliset onnettomuusarvot: tilastollinen ihmiselämän arvo Suomessa on noin 2,4 miljoonaa euroa, vakavan loukkaantumisen (välttämisen) tilastollinen arvo on noin 900000 euroa ja lievän loukkaantumisen (välttämisen) arvo noin 60000 euroa. Esitetyt luvut ovat havaintoaineiston perusteella laskettujen yksilötason maksuhalukkuusestimaattien keskiarvoja ja kuvaavat tieliikenteen turvallisuuden keskimääräistä arvostusta suomalaisen aikuisten keskuudessa.

Tilastolliset loukkaantumisen ja ihmiselämän arvot ilmaisevat sen, miten ihmiset arvottavat omaa terveyttään ja elämäänsä, mutta ne eivät anna vastausta siihen, mikä on estetyn loukkaantumisen tai säästetyn ihmishengen rahallinen arvo koko yhteiskunnalle. Menetetyn henkilökohtaisen hyvinvoinnin lisäksi onnettomuus laskee uhrin omaisten hyvinvointia ja aiheuttaa yhteiskunnalle kuluja, kuten hoitokustannuksia, materiaalisia menetyksiä ja uhrin menetetyn työpanoksen arvon. Tästä syystä loukkaantumisen ja ihmiselämän tilastollisia arvoja yleensä täydennetään kustannuksilla, jotka kohdistuvat muille kuin onnettomuuden uhrille itselleen (Robinson (2007), Trafikverket (2018)). Muille aiheutuvien kustannusten arviointi on rajattu tämän tutkimuksen ulkopuolelle, joten esitetyt onnettomuusarvot voidaan

nähdä yhteiskunnan näkökulmasta onnettomuuskustannusten alarajoina.

Tämän tutkimuksen estimaatti tilastolliselle ihmiselämän arvolle Suomessa on lähellä ruotsalaisten tutkimusten estimaattien mediaanitasoa, joka on 2,58 miljoonaa euroa vuoden 2019 hintoihin suhteutettuna (Hultkrantz ja Svensson (2012)).¹ OECD:n meta-analyysissä (Biausque ym. (2012)), joka kattaa yli 850 kansainvälistä tutkimusta, tilastollisen ihmiselämän arvon mediaaniestimaatti on noin kolme miljoonaa euroa vuoden 2019 hinnoin.

Tämä tutkimus toteutettiin kyselynä satunnaisesti valituille suomalaisille. Osa kyselyyn osallistuneista henkilöistä valitsi aina kalleimman tarjolla olleista vaihtoehdoista. Tämä viittaa siihen, että tutkimuksen tilastolliset onnettomuusarvot saattavat olla jonkin verran alhaisempia kuin mitä olisi saatu, jos vaihtoehtojen kustannusasteikkojen ylärajat, erityisesti vakaviin loukkaantumisiin ja kuolemaan johtaville onnettomuuksille, olisivat olleet korkeampia. Mikäli vastaava valintakoe toistetaan Suomessa, kustannusasteikkojen ylärajoja kannattaa nostaa. Tutkimuksen asetelmaa voidaan myös tehdä rikkaammaksi käyttämällä useampia riskitasoja. Valintakokeessa sovelletuilla vallitsevilla riskitasoilla saattaa olla vaikutusta siihen, miten tarjolla oleviin vaihtoehtoihin onnettomuusriskeihin suhtaudutaan. Vastajat olisivat esimerkiksi saattaneet valita useammin kalliimman vaihtoehdon, jos vallitsevat riskitasot olisivat olleet korkeampia. Tämän mahdollisuuden tutkiminen edellyttää, että valintakokeessa sovelletaan erilaisia oletettuja lähtöriskitasoja.

Tässä tutkimuksessa esitetyt onnettomuusarvot antavat arvion siitä, miten suomalaiset arvostavat tieliikenteen turvallisuutta niissä olosuhteissa, jotka Suomessa vallitsivat vuonna 2019. Hintojen muutosten vaikutukset voidaan huomioida korjaamalla onnettomuusarvoja kuluttajahintaindeksin kehityksen mukaisesti. Tutkimuksessa havaittiin, että maksuhalukkuus on yhteydessä mm. siihen, miten henkilö liikkuu ja millaisessa liikenneympäristössä hän asuu. Koska pitkällä aikavälillä on odotettavissa muutoksia siinä, millaisessa ympäristössä ihmiset asuvat ja miten he kulkevat, onnettomuusarvojen arviointi uuden maksuhalukkuustutkimuksen perusteella saattaa tulla tarpeelliseksi.

Tutkimuksen valintakoe käsitteli valintatilanteita, joissa valittavien vaihtoehtojen sisältämät terveydelliset riskit koskivat liikenneonnettomuuksia henkilöautolla kuljettaessa. Onnettomuusarvot soveltuvat siis käytettäväksi erityisesti tieliikenteen turvallisuuteen liittyvien hankkeiden kustannushyötyanalyysissä. Niiden avulla voidaan esimerkiksi vertailla kustannuksiltaan ja turvallisuusvaikutuksiltaan erilaisia tieliikenteen infrastruktuuri-investointeja.

¹Luku on saatu muuttamalla Ruotsin kruunut ensin ostovoimakorjauksella euroiksi ja deflatoimalla tämä vuoden 2019 hintoihin.

Tutkimuksen erityinen lisäanti on, että sen avulla tällaisissa analyyseissä voidaan huomioida samanaikaisesti sekä kuolemaan että vakaviin ja lieviin loukkaantumiseen liittyvät onnettomuusarvot.

Tutkimuksen onnettomuusarvoja voidaan soveltaa myös muissa yhteyksissä, joissa realisoituvien riskien terveydelliset seuraamukset ovat samantaisia kuin tässä tutkimuksessa (menehtyminen tai valintakokeessa kuvatut vakavat ja lievät loukkaantumiset). Tällöin on kuitenkin hyvä tiedostaa, että ihmiset saattavat arvostaa turvallisuutta eri tavalla eri tilanteissa tai yhteyksissä. Jotkut saattavat ajatella, että lisäinvestoinnit tulisi suunnata mieluummin heidän työympäristönsä turvallisuuden parantamiseen kuin heidän kohtaamiensa liikenne-riskien pienentämiseen. Monet saattavat hyväksyä suuremmat loukkaantumisen riskit vapaa-ajanharrastuksissaan kuin liikkueensaan julkisilla teillä.

Onnettomuusarvojen osalta tulee muistaa, että ne eivät määritä arvoa elämälle tai terveydelle, vaan niissä on kyse riskeihin liittyvistä valinnoista – siitä, miten paljon ihmiset ovat halukkaita maksamaan riskejä alentavista toiminnoista.

Lähteet

- Aldy, J.E., Viscusi, W.K., 2008. Adjusting the value of a statistical life age and cohort effects. *The Review of Economics and Statistics* 90, 573–581.
- Andersson, H., Lindberg, G., 2009. Benevolence and the value of road safety. *Accident Analysis and Prevention* 41, 286–293.
- Andersson, H., Treich, N., 2011. The value of a statistical life, teoksessa: de Palma, A., Lindsey, R., Quinet, E., Vickerman, R. (Toim.), *A Handbook of Transport Economics*. Edward Elgar Publishing Inc., s. 396–424.
- Biausque, V., Braathen, N.A., Lindhjem, H., Navrud, S., 2012. Mortality risk valuation in environment, health and transport policies. OECD, Paris.
- Burström, K., Sun, S., Gerdtham, U.G., Henriksson, M., Johannesson, M., Levin, L.A., Zethraeus, N., 2014. Swedish experience-based value sets for EQ-5D health states. *Quality of Life Research* 23, 431–442.
- Carlsson, F., Daruvala, D., Jaldell, H., 2010. Value of statistical life and cause of accident: A choice experiment. *Risk Analysis* 30.
- Carlsson, F., Martinsson, P., 2003. Design techniques for stated preference methods in health economics. *Health Economics* 12, 281–294.
- Carlsson, F. and Martinsson, P., 2008. How much is too much? *Environmental Resource Economics* 40, 165–176.
- de Blaeij, A., Florax, R., Rietvald, P., Verhoef, E., 2003. The value of statistical life in road safety: a meta-analysis. *Accident Analysis and Prevention* 35, 973–986.
- Dohmen, T., Falk, A., Huffman, D., Sunde, U., Schupp, J., Wagner, G., 2011. Individual risk attitudes: Measurement, determinants, and behavioral consequences. *Journal of the European Economic Association* 9, 522–550.

- Dolan, P., Metcalfe, R., Munro, V., Christensen, M.C., 2008. Valuing lives and life years: anomalies, implications, and an alternative. *Health Economics, Policy and Law* 3, 277–300.
- Drèze, J., 1962. L'utilité sociale d'une vie humaine. *Revue Française de Reserche Opérationnelle* 6, 93–118.
- Eeckhoudt, L.R., Hammitt, J.K., 2001. Background risks and the value of a statistical life. *Journal of Risk and Uncertainty* 23, 261–279.
- Elvik, R., Mysen, A.B., 1999. Incomplete accident reporting: Meta-analysis of studies made in 13 countries. *Transportation Research Record* 1665, 133–140.
- European Commission, 2015. Serious Injuries. Directorate General for Transport.
- Fanshel, S., Bush, J.W., 1970. A health-status index and its application to health-services outcomes. *Operations Research* 18.
- Haddak, M.M., Lefèvre, M., Havet, N., 2016. Willingness-to-pay for road safety improvement. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 87, 1–10.
- Hojman, P., Ortúzar, J.d.D., Rizzi, L.I., 2005. On the joint valuation of averting fatal victims and severe injuries in highway accidents. *Journal of Safety Research* 36, 377–386.
- Huber, J., Zwerina, K., 1996. The importance of utility balance in efficient choice designs. *Journal of Marketing Research* 33, 307–317.
- Hultkrantz, L., Lindberg, G., Andersson, C., 2006. The value of improved road safety. *Journal of Risk and Uncertainty* 32, 151–170.
- Hultkrantz, L., Svensson, M., 2012. The value of a statistical life in Sweden: A review of the empirical literature. *Health Policy* 108, 302–310.
- Jones-Lee, M.W., 1974. The value of changes in the probability of death or injury. *Journal of Political Economy* 82, 835–849.
- Kahneman, D., Tversky, A., 1979. Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica* 47, 263–291.
- Kessels, R., Goos, P., Vandebroek, M., 2006. A comparison of criteria to design efficient choice experiments. *Journal of Marketing Research* 43, 409–419.

- Klarman, H.E., Francis, J., Rosenthal, G.D., 1968. Cost effectiveness analysis applied to the treatment of chronic renal disease. *Medical Care* 6, 48–54.
- Kőszegi, B., Rabin, M., 2006. A model of reference-dependent preferences. *The Quarterly Journal of Economics* 121, 1133–1165.
- Louviere, J.J., Hensher, D., Swait, J., 2000. *Stated Choice Methods: Analysis and Applications*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Mishan, E.J., 1971. Evaluation of life and limb: A theoretical approach. *Journal of Political Economy* 79, 687–705.
- Mouter, N., van Cranenburgh, S., van Wee, B., 2017. Do individuals have different preferences as consumer and citizen? the trade-off between travel time and safety. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 106, 333–349.
- Olofsson, S., Gerdtham, U.G., Hultkrantz, L., Persson, U., 2019. Value of a QALY and VSI estimated with the chained approach. *The European Journal of Health Economics* 20, 1–15.
- Peden, M., Scurfield, R., Sleet, D., Mohan, D., Hyder, A.A., Jarawan, E., 2004. *World report on road traffic injury prevention*. World Health Organization, Geneva.
- Revelt, D., Train, K., 1998. Mixed logit with repeated choices: Households' choices of appliance efficiency level. *The Review of Economics and Statistics* 80.
- Rizzi, L.I., de Dios Ortúzar, J., 2006. Road safety valuation under a stated choice framework. *Journal of Transport Economics and Policy* 40.
- Robinson, L.A., 2007. How US government agencies value mortality risk reductions. *Review of Environmental Economics and Policy* 1, 283–299.
- Rolison, J.J., Regeval, S., Moutari, S., Feeney, A., 2018. What are the factors that contribute to road accidents? an assessment of law enforcement views, ordinary drivers' opinions, and road accident records. *Accident Analysis & Prevention* 115, 11–24.
- Rose, J.M., Bliemer, M.C.J., 2009. Constructing efficient stated choice experimental designs. *Transport Reviews* 29, 587–617.

- Schelling, T.C., 1968. The life you save may be your own, teoksessa: Chase, S.B. (Toim.), Problems in Public Expenditure Analysis. The Brookings Institution, Washington, D.C., US, s. 127–176.
- Silla, A., Tervonen, J., 2018. Onnettomuuskustannuksiin kuuluvan hyvinvoinnin menetyksen arvottaminen maksuhalukkuusmenetelmällä. *Trafin tutkimuksia* 4.
- Svensson, M., 2009. The value of a statistical life in Sweden: estimates from two studies using the 'certainty approach' calibration. *Accident Analysis and Prevention* 41.
- Szende, A., Oppe, M., Devlin, N., 2007. EQ-5D Value Sets: Inventory, Comparative Review and User Guide. EuroQol Group Monographs Volume 2, Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Torrance, G.W., Thomas, W.H., Sackett, D.L., 1972. A utility maximization model for evaluation of health care programs. *Health Services Research* 7, 118–133.
- Trafikverket, 2018. Analyismetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: Asek 6.1, kapitel 9 trafiksäkerhet och olyckskostnader.
- Train, K.E., 2009. Discrete choice methods with simulation. 2 toim., Cambridge University Press, Cambridge.
- Tsuge, T., Kishimoto, A., Takeuchi, K., 2005. A choice experiment approach to the valuation of mortality. *Journal of Risk and Uncertainty* 3, 73–95.
- U.S. Department of Transportation (DOT), 2016. Revised departmental guidance 2016: Treatment of the value of preventing fatalities and injuries in preparing economic analyses.
- Van Houtven, G., Sullivan, M.B., Dockins, C., 2008. Cancer premiums and latency effects: A risk tradeoff approach for valuing reductions in fatal cancer risks. *Journal of Risk and Uncertainty* 36, 179–199.
- Veisten, K., Flügel, S., Rizzi, L.I., de Dios Ortúzar, J., Elvik, R., 2013. Valuing casualty risk reductions from estimated baseline risk. *Research in Transportation Economics* 43, 50 – 61.
- Viscusi, W.K., Aldy, J.E., 2003. The value of statistical life: A critical review of market estimates throughout the world. *Journal of Risk and Uncertainty* 27, 5–76.

- Viscusi, W.K., Magat, W.A., Huber, J., 1991. Pricing environmental health risks: surveys assessments of risk-risk and risk-dollar trade offs for chronic bronchitis. *Journal of Environmental Economics and Management* 21, 32 – 51.
- Viscusi, W.K., Masterman, C., 2017. Income elasticities and global values of the statistical life. *Journal of Benefit-Cost Analysis* 8, 226–250.
- Wijnen, W., Weijermars, W., Van den Berghe, W., Schoeters, A., Bauer, R., Carnis, L., Elvik, R., Theofilatos, A., Filtness, A., Reed, S., Perez, C., Martensen, H., 2017. Crash cost estimates for European countries. Deliverable 3.2 of the H2020 project SafetyCube.
- Yannis, G., Papadimitriou, E., Chaziris, A., Broughton, J., 2014. Modeling road accident injury under-reporting in Europe. *European Transport Research Review* 6, 425–438.

Tilastoaineistot

Tilastokeskus, 2020a. 15 vuotta täyttänyt väestö koulutusasteen, maakunnan, kunnan, sukupuolen ja ikäryhmän mukaan, 2007–2018. http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__kou__vkour/statfin_vkour_pxt_12bs.px/. Haettu 28.2. 2020.

Tilastokeskus, 2020b. Henkilöliikennesuorite ajoneuvolajeittain 2000–2018. http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__lii__tiet/statfin_tiet_pxt_002.px/. Haettu 20.3. 2020.

Tilastokeskus, 2020c. Kuolleisuus- ja eloonjäämislukuja iän ja sukupuolen mukaan, 1986–2018. http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__vrm__kuol/statfin_kuol_pxt_12ap.px/. Haettu 28.2. 2020.

Tilastokeskus, 2020d. Liitetaulukko 2. kotitalouksien lukumäärät, rakenne ja tulot tuloluokittain vuonna 2017, keskimäärin kotitaloutta kohden. tuloluokat muodostettu kotitalouden bruttotulojen perusteella. http://tilastokeskus.fi/til/tjt/2017/02/tjt_2017_02_2019-03-08_tau_002_fi.html. Haettu 28.2. 2020.

Tilastokeskus, 2020e. Rekisterissä olleiden ajoneuvojen lukumäärä 31.12. (ml. ahvenanmaa) muuttujina vuosi, ajoneuvoluokka ja tiedot. http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__lii__mkan/statfin_mkan_pxt_11ib.px/table/tableViewLayout1/. Haettu 20.3. 2020.

Tilastokeskus, 2020f. Tieliikenteessä kuolleet ja loukkaantuneet vuosina 1931 – 2018. http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__lii__ton/statfin_ton_pxt_009.px/table/tableViewLayout1/. Haettu 20.3. 2020.

Tilastokeskus, 2020g. Tunnuslukuja väestöstä alueittain, 1990–2018. http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__vrm__vaerak/statfin_vaerak_pxt_11ra.px/. Haettu 28.2. 2020.

Tilastokeskus, 2020h. Väestö iän (5-v.) ja sukupuolen mukaan, 1865–2018. https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_vrm_vaerak/statfin_vaerak_pxt_11rc.px/. Haettu 28.2. 2020.

Traficom, 2020a. Henkilöautojen määräaikaikatsastukset malleitain 2017-2019. https://trafi2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/TraFi/TraFi_Katsastuksen_vikatilastot/010_kats_tau_101.px/?rxid=8ea72f0e-5e16-4d50-849a-45770a8dd5a6. Haettu 28.2. 2020.

Traficom, 2020b. Voimassa olevien ajokorttien tilasto. <https://www.traficom.fi/fi/tilastot/voimassa-olevien-ajokorttien-tilasto>. Haettu 28.2. 2020.

Liitteet

A Ohjeet vastaajille

Vastaajille esitettiin alla olevat ohjeet. Ohjeet jaoteltiin usealle sivulle ja niiden yhteydessä esitettiin muutamia kysymyksiä.

Lievien ja vakavien loukkaantumisten määritelmät

Lieviä vammoja ovat esimerkiksi haavat, pienempien luiden murtumat, sijoiltaan menot sekä nyrjähdykset. Nämä eivät aiheuta vaikeuksia kävelemisessä tai itsestään huolehtimisessa (peseytymisessä ja pukeutumisessa) eikä ahdistusta tai masennusta. Näistä vahingoista aiheutuu kohtalaisia vaikeuksia suorittaa tavanomaisia toimintoja (työ, opiskelu, harrastukset) sekä kohtalaisia kipuja tai vaivoja. Oleta vastatessasi, että normaali terveydentila palautuu kolmen kuukauden kuluttua loukkaantumisesta.

Vakavia vammoja ovat esimerkiksi isojen luiden murtumat ja sisäelinten repeämät. Näihin voi liittyä useita tunteja tajuttomuutta ja useita vuorokausia sairaalahoitoa. Vammautuminen aiheuttaa suuria vaikeuksia kävelemisessä ja itsestään huolehtimisessa, estää tavanomaisten toimintojen suorittamisen, aiheuttaa ankaria kipuja tai vaivoja ja saa erittäin ahdistuneeksi tai masentuneeksi. Oleta vastatessasi, että normaali terveydentila palautuu vuoden kuluttua loukkaantumisesta.

Henkilövahinkojen riskit liikenteessä

Henkilövahinkoihin johtavien onnettomuuksien vallitsevat riskitasot Suomessa ovat seuraavat.

Lievät vammat: Kymmenessä vuodessa keskimäärin 100 henkilöä 10 000 :sta loukkaantuu lievästi liikenneonnettomuudessa. Koko Suomen väestön tasolla tämä tarkoittaa noin 50 000 ihmistä kymmenessä vuodessa.

Vakavat vammat: Kymmenessä vuodessa keskimäärin kymmenen henkilöä 10 000:sta loukkaantuu vakavasti liikenneonnettomuudessa. Koko Suomen väestön tasolla tämä tarkoittaa noin 5000 ihmistä kymmenessä vuodessa.

Kuolema: Kymmenessä vuodessa keskimäärin 5 henkilöä 10 000:sta menehtyy liikenneonnettomuudessa. Koko Suomen väestön tasolla tämä tarkoittaa noin 2500 ihmistä kymmenessä vuodessa.

Kyselyssä tulee esille riskitasoja, jotka poikkeavat vallitsevista riskitasoista eri tavoin.

Esimerkki

Valittavanasi ovat vaihtoehdot A ja B, jotka molemmat vähentävät sinun riskiäsi loukkaantua liikenneonnettomuudessa henkilöauton kuljettajana tai matkustajana. Vaihtoehdoissa kohtaamasi riski lievän, vakavan ja kuolemaan johtavan liikenneonnettomuuden suhteen vaihtelee.

Voit olettaa vaihtoehtojen vastaavan ajoneuvon turvallisuusominaisuuksia kuten ajoneuvon törmäyksenestojärjestelmää tai valojen tehokkuutta.

Lievien vahinkojen riski on esitetty rivillä, jolla on keltainen tausta, vakavien vahinkojen riski on esitetty rivillä, jolla on oranssi tausta, kuoleman riski on esitetty rivillä, jolla on punainen tausta.

	A	B
Kustannus	100 €	200 €
Lievä	100	60
Vakava	6	10
Kuolema	5	3

Vaihtoehdosta A aiheutuu sinulle 100 euron kertakustannus. Jos valitset sen, kuulut joukkoon, jonka keskuudessa seuraavan kymmenen vuoden aikana loukkaantuu lievästi 100 ihmistä 10 000:sta, vakavasti 6 ihmistä 10 000:sta ja 5 ihmistä 10 000:sta menehtyy.

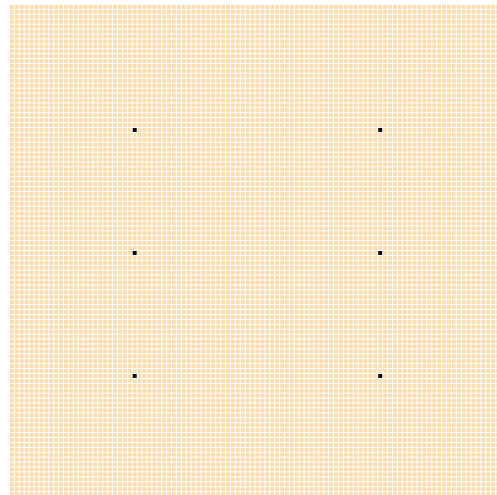
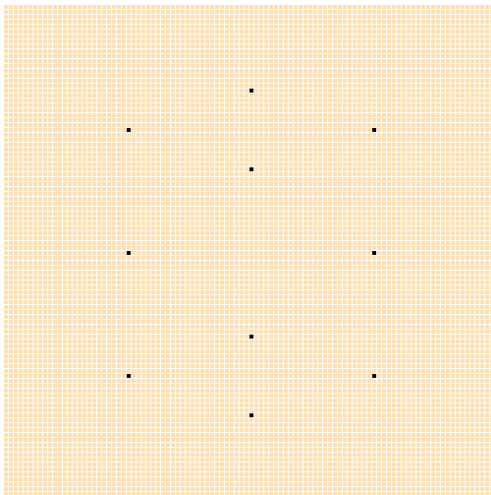
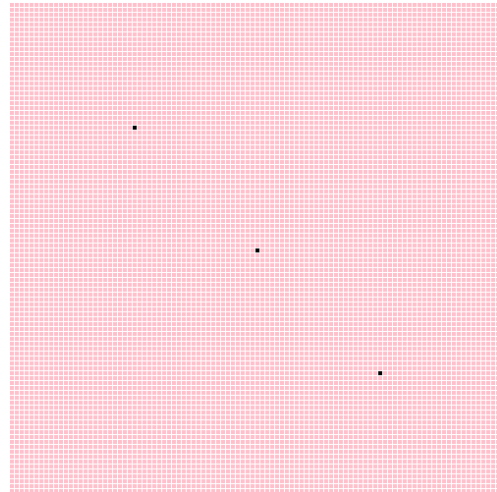
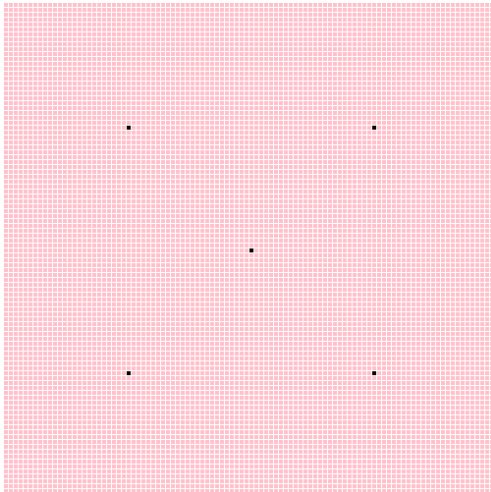
Vaihtoehdosta B aiheutuu sinulle 200 euron kertakustannus. Jos valitsen sen kuulut joukkoon, jossa 60 ihmistä 10 000:sta loukkaantuu lievästi, vakavasti 10 ihmistä 10 000:sta ja 3 ihmistä 10 000:sta menehtyy. Valintasi ei vaikuta kenenkään muun kohtaamaan riskiin loukkaantua tai kuolla.

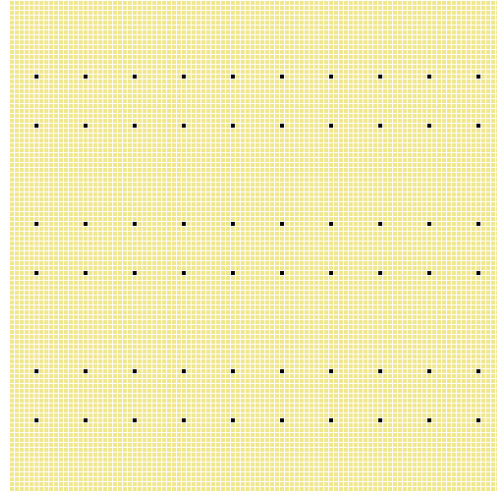
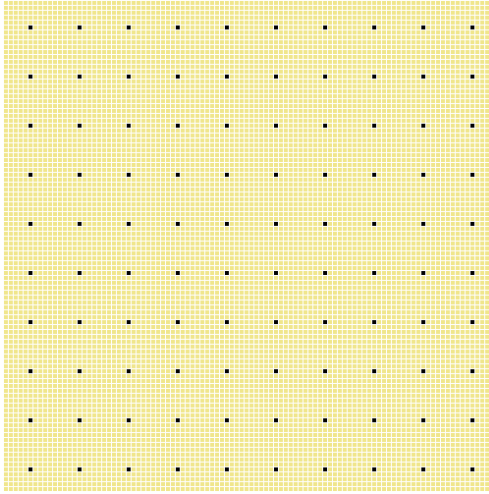
Yllä olevassa taulukossa ne luvut on tummennettu, jotka poikkeavat vallitsevista onnettomuusriskeistä. Esimerkiksi kuolemaan johtavan vahingon riski 3 on alhaisempi kuin tämän hetkinen keskimääräinen riski menehtyä liikenneonnettomuudessa (5 ihmistä 10 000:sta kymmenen vuoden aikana).

Jokaisesta vaihtoehdoparista tulee valita niistä mieluisampi ja painaa ”Next Page”-painiketta, kun valinta on tehty.

Loukkaantumisriskit havainnollistettuina

[Kuvat oli klikattavissa suuremmiksi ja hiiren osoittimen osuessa kuvaan näkyviin tuli teksti, jossa oli sanallisesti riskitaso, esim. "6 uhria 10 000:sta".]





Muista huomioida vastatessasi seuraavat asiat

- 1) Lievä loukkaantuminen aiheuttaa 3 kuukautta kestävä haitan.
- 2) Vakava loukkaantuminen aiheuttaa 12 kuukautta kestävä haitan.
- 3) Luvut riskitasojen kohdalla tarkoittavat uhrien määrää 10 000 ihmistä kohden kymmenen vuoden aikana.
- 4) Hankittavan turvavarusteen vaikutuksen riskeihin oletetaan kestävä kymmenen vuotta.
- 5) Kustannukset on tarkoitettu tutkimukseen vastaavan henkilön maksettaviksi, ne ovat kertaluonteisia ja oletetaan maksettaviksi heti.

B Valintakoe kysymyksiä

Kuva B.1: Esimerkki asetelmasta 1, kun vain lievien loukkaantumisten riski laskee.

Valittavanasi ovat vaihtoehdot A ja B, joista B on maksullinen turvavaruste, joka pienentää riskiäsi loukkaantua liikenneonnettomuudessa henkilöauton kuljettajana tai matkustajana.

	A	B
Kustannus	0 €	100 €
Lievä	100	60
Vakava	10	10
Kuolema	5	5

Huom. onnettomuusriskejä koskevat luvut tarkoittavat kuinka moni 10 000 ihmisestä keskimäärin kokee vastaavan (lievä/vakava/kuolemaan johtava) liikenneonnettomuuden seuraavan kymmenen vuoden aikana.

Valitse yllä olevista vaihtoehdoista A ja B mielestäsi parempi ja paina sen jälkeen "Next Page"-painiketta. A B reset

Kuva B.2: Esimerkki asetelmasta 1, kun vain vakavien loukkaantumisten riski laskee.

Valittavanasi ovat vaihtoehdot A ja B, joista B on maksullinen turvavaruste, joka pienentää riskiäsi loukkaantua liikenneonnettomuudessa henkilöauton kuljettajana tai matkustajana.

	A	B
Kustannus	0 €	500 €
Lievä	100	100
Vakava	10	6
Kuolema	5	5

Huom. onnettomuusriskejä koskevat luvut tarkoittavat kuinka moni 10 000 ihmisestä keskimäärin kokee vastaavan (lievä/vakava/kuolemaan johtava) liikenneonnettomuuden seuraavan kymmenen vuoden aikana.

Valitse yllä olevista vaihtoehdoista A ja B mielestäsi parempi ja paina sen jälkeen "Next Page"-painiketta. A B reset

Kuva B.3: Esimerkki asetelmasta 1, kun vain kuolemaan johtavien loukkaantumisten riski laskee.

Valittavanasasi ovat vaihtoehdot A ja B, joista A on maksullinen turvavaruste, joka pienentää riskiäsi loukkaantua liikenneonnettomuudessa henkilöauton kuljettajana tai matkustajana.

	A	B
Kustannus	600 €	0 €
Lievä	100	100
Vakava	10	10
Kuolema	3	5

Huom. onnettomuusriskejä koskevat luvut tarkoittavat kuinka moni 10 000 ihmisestä keskimäärin kokee vastaavan (lievä/vakava/kuolemaan johtava) liikenneonnettomuuden seuraavan kymmenen vuoden aikana.

Valitse yllä olevista vaihtoehdoista A ja B mielestäsi parempi ja paina sen jälkeen "Next Page"-painiketta. A B [reset](#)

Kuva B.4: Esimerkki asetelmasta 2.

Valittavanasasi ovat turvavarusteet A ja B, jotka pienentävät riskiäsi loukkaantua liikenneonnettomuudessa henkilöauton kuljettajana tai matkustajana.

	A	B
Kustannus	100 €	200 €
Lievä	100	60
Vakava	6	10
Kuolema	5	3

Huom. onnettomuusriskejä koskevat luvut tarkoittavat kuinka moni 10 000 ihmisestä keskimäärin kokee vastaavan (lievä/vakava/kuolemaan johtava) liikenneonnettomuuden seuraavan kymmenen vuoden aikana.

Valitse yllä olevista vaihtoehdoista A ja B mielestäsi parempi ja paina sen jälkeen "Next Page"-painiketta. A B [reset](#)

C Taustakysymykset

Kysymys	Vaihtoehdot
Sukupuoli	Nainen, mies, Muu/En halua vastata
Syntymävuosi	1944–2001
Kotitalouteen kuuluvien aikuisten (18 vuotta tai yli) määrä	1–4, 5 tai enemmän
Kotitalouteen kuuluvien alaikäisten (alle 18 vuotiaiden) lasten määrä	0–4, 5 tai enemmän
Kotipaikka	ks. kuva 4.1
Mikä seuraavista vaihtoehdoista vastaa parhaiten asuinalueesi?	Haja-asutusalue; Taajama, jossa 200-15 000 asukasta; Kaupunkimainen alue, eli taajama, jossa yli 15 000 asukasta; Kaupunki, jossa yli 80 000 asukasta
Koulutus	Peruskoulu tai vastaava, Ylioppilas, Ammattikoulu, Opisto- tai AMK-tutkinto, Akateeminen tutkinto, En halua vastata
Valitse ammattiryhmä, johon katsot lähinnä kuuluvasi	Johtavassa asemassa toisen palveluksessa, Ylempi toimihenkilö, Alempi toimihenkilö, Työntekijä, Yrittäjä tai yksityinen ammatinharjoittaja, Maatalousyrittäjä, Opiskelija, Eläkeläinen, Kotiäiti/koti-isä, Työtön, En halua vastata
Mitkä ovat kotitaloutenne yhteenlasketut bruttotulot (tulot ennen veroja) vuodessa?	ks. kuva 4.4

Miten arviot tämän hetkistä terveydentilaasi?	Hyvä, Melko hyvä, Keskitasoinen, Melko huono, Huono, En osaa/halua vastata
Kuinka monta kilometriä arvioit ajaneesi henkilöautolla (kuljettajana tai matkustajana) viimeisen 12 kk aikana (sekä työssä että vapaaajalla; maanteillä ja taajamissa yhteensä)?	ks kuva 4.6
Liikkuessasi henkilöautolla oletko pääsääntöisesti kuljettaja vai matkustaja?	Matkustaja, Kuljettaja
Mikä on pääasiallinen kulkutapasi, kun liikut yli kilometrin pituisia matkoja?	Henkilöauto tai muu moottoriajoneuvo (taksi, mopo tai moottoripyörä), Joukkoliikenne, Polkupyöräily, Kävely, Muu
Omistatko voimassa olevan henkilöauton ajamiseen oikeuttavan ajokortin Suomessa tai jossakin muussa maassa?	Kyllä, En
Arvioi halukkuuttasi ottaa riskejä liikenteessä asteikolla nollasta (en halua ottaa lainkaan riskejä) kymmeneen (haluan ottaa runsaasti riskejä)?	0–10, en halua vastata

D Saate- ja muistutuskirjeet



Henkilön nimi
Lähiosoite
Postinumero ja kaupunki

Päiväys/Datum
5.11.2019

Arvoisa vastaanottaja,

Pyydämme sinua osallistumaan tutkimukseen, jossa selvitetään, miten suomalaiset arvostavat rahallisesti liikenneonnettomuusriskejä alentavia toimia. Tutkimuksen tuloksia hyödynnetään liikenneturvallisuuden parantamista koskevassa päätöksenteossa. Jokainen vastaus on tärkeä!

Tutkimuksen toteuttaa Turun yliopiston taloustieteen laitos yhdessä Liikenne- ja viestintävirasto Traficom ja Väyläviraston kanssa.

Pääset vastaamaan kyselyyn Internet-osoitteessa:

risk.utu.fi



Vastaaminen kestää noin 10-15 minuuttia. Voit vastata tietokoneella, älypuhelimella tai tabletilla. Pyydämme, että vastaat kyselyyn 30.11.2019 mennessä.

Tutkimuksessa ei kerätä henkilötietoja, eikä yksittäisiä henkilöitä ole mahdollista tunnistaa vastauksista. Tämä osallistumiskutsu on lähetetty satunnaisesti poimituille täysi-ikäisille Suomen kansalaisille.

Kiitos osallistumisestasi!



Heikki Kauppi
Professori



Turun yliopisto
20014 Turun yliopisto
Lisätietoja tutkimuksesta voi kysyä sähköpostilla: trafficroisk@utu.fi

risk.utu.fi



**TURUN
YLIOPISTO**

Henkilön nimi
Lähiosoite
Postinumero ja kaupunki

Päiväys/Datum
17.12.2019

Arvoisa vastaanottaja,

Lähetimme sinulle marraskuussa kutsun osallistua tutkimukseen, jossa selvitetään, miten suomalaiset arvostavat rahallisesti liikenneonnettomuusriskejä alentavia toimia. Postilakon vuoksi kutsun toimitus on saattanut viivästyä huomattavasti ja olemme siksi jatkaneet kyselyn vastaamisaikaa 17.1.2020 saakka. Mikäli olet jo vastannut kyselyyn, kiitämme vastauksistasi! Jos et vielä ole vastannut, pääset kyselyyn täältä:

risk.utu.fi



Vastaaminen kestää noin 10-15 minuuttia. Voit vastata tietokoneella, älypuhelimella tai tabletilla. Tutkimuksessa ei kerätä henkilötietoja, eikä yksittäisiä henkilöitä ole mahdollista tunnistaa vastauksista.

Tutkimuksen toteuttaa Turun yliopiston taloustieteen laitos yhdessä Liikenne- ja viestintävirasto Traficom ja Väyläviraston kanssa.

Kiitos osallistumisestasi!

Heikki Kauppi
Professori



Turun yliopisto
20014 Turun yliopisto
Lisätietoja tutkimuksesta voi kysyä sähköpostilla: trafficroisk@utu.fi

risk.utu.fi