



LIIKENTEEN KASVU JA LIKENNETURVALLISUUS

Kasvun hillinnän mahdollisuudet Oulun seudulla

Liikenneturvallisuuden pitkän aikavälin tutkimus- ja kehittämisohjelma

LINTU-julkaisuja 2/2006

LINTU-tutkimusohjelma

Yhteyshenkilö:

Juha Valtonen

Liikenne- ja viestintäministeriö

PL 31

00023 Valtioneuvosto

p. (09)16002

Koordinaattori:

Annu Korhonen

Linea Konsultit Oy

Ruoholahdenkatu 8

00180 HELSINKI

p. 09-72064264

ISBN 951-201-090-1 (painotuote)

ISBN 951-201-091-X (verkkajulkaisu)

Edita Prima Oy

Helsinki 2006

Tekijät (toimielimestä: toimielimen nimi, puheenjohtaja, sihteeri) Insinööritoimisto Liidea Oy Kati Kiiskilä Tuomo Vesajoki Jouko Hintsala Jouko Kunnas		Julkaisun laji Tutkimus	
		Toimeksiantaja LINTU-tutkimusohjelma	
		Toimielimen asettamispäivämäärä	
Julkaisun nimi Liikenteen kasvu ja liikenneturvallisuus – Kasvun hillinnän mahdollisuudet Oulun seudulla			
Tiivistelmä <p>Kaupunkiseutujen liikenteen kasvun ongelmakenttää tutkittiin käyttäen Oulun seutua esimerkkinä. Yhdyskuntarakenteen muutoksia kuvaavia tulevaisuuskuvia laadittiin neljä, joiden liikenteelliset vaikutukset arvioitiin käyttäen liikenne-ennustemallijärjestelmää. Tulevaisuuskuvat edustavat äärimmäisiä, mutta mahdollisia liikenteen kasvun vaihtoehtoja. Tulevaisuuskuvien liikenneonnettomuuskehitys arvioitiin perustuen nykyisiin tiettypeittäisiin onnettomuusriskilukuihin.</p> <p>Hajautuvan autokaupungin tulevaisuuskuvassa liikennesuoritteiden ja henkilövahinko-onnettomuuksien määrä ovat noin neljänneksen suurempia kuin minimoidun liikkumisen mallissa, vaikka asukkaiden määrä kaikissa vaihtoehdoissa on sama. Liikennekuolemien ero tiiviin ja hajautuneen maankäytön vaihtoehtojen välillä on vuosittain 4–5 henkilöä, eli hajautunut rakenne ja liikenteen kasvu aiheuttavat liikennekuolemia noin kolmanneksen enemmän kuin tiivis yhdyskuntarakenne.</p> <p>Erilaiset maankäytön vaihtoehdot näyttävät tuovan suurimmat erot taajamien ulkopuolisten Tiehallinnon ylläpitämien moottoritien, 2-kaistaisten valtateiden, seututeiden ja yhdysteiden ajosuoritteisiin. Hajautuva kaupunkiseutujen kasvava liikenne kuormittaa valtakunnallista päätieverkkoa, lisää liikenteessä käytettävää aikaa, matkojen keskipituutta, henkilövahinko-onnettomuuksia ja liikennekuolemia. Ensisijainen menetelmä puuttua asiaan on kaavoitus, joka tulisi tehdä kuntien yhteistyönä, kuten Oulun seudulla on jo tehty. Kaavoituksen vaikutusarvioissa tulisi huomioida monipuolisesti myös liikenneturvallisuusvaikutukset.</p> <p>Tulevaisuustarkastelun tueksi tehtiin kirjallisuusselvitys liikenteen ajallisen vaihtelun, erityisesti tuntiliikennemäärän ja liikenneonnettomuuksien välisestä suhteesta, sekä tarkasteltiin Tiehallinnon ylläpitämien teiden onnettomuuksien ja liikennemäärien tuntivaihtelua Oulun seudulla.</p>			
Avainsanat (asiasanat) liikenneturvallisuus, yhdyskuntarakenteen hajautuminen, liikenteen kasvu, kaupunkiseudut			
Muut tiedot			
Sarjan nimi ja numero LINTU-julkaisuja 2/2006		ISBN ISBN 951-201-090-1 (painotuote) ISBN 951-201-091-X (verkkajulkaisu)	
Kokonaissivumäärä 80	Kieli suomi	Hinta	Luottamuksellisuus Julkinen
Jakaja LINTU-tutkimusohjelma		Kustantaja Liikenne- ja viestintäministeriö	

Författare (uppgifter om organet: organets namn, ordförande, sekreterare)		Typ av publikation	
Liidea Kati Kiiskilä Tuomo Vesajoki Jouko Hintsala Jouko Kunnas		Forskning	
		Uppdragsgivare	
		LINTU-forskningsprogram	
		Datum för tillsättandet av organet	
Publikation (även den finska titeln)			
Trafikens ökning och trafiksäkerheten – Möjligheter till kontroll av ökningen i Uleåborgsregionen			
Referat			
<p>Problemen med ökningen av trafiken i städerna undersöktes med användning av Uleåborgsregionen som exempel. Man gjorde upp fyra framtidsbilder som skildrar förändringar i samhällsstrukturen och deras inverkan på trafiken bedömdes med hjälp av ett trafikprognosmallsystem. Framtidsbilderna representerar extrema men möjliga alternativ i fråga om trafikens ökning. Utvecklingen av trafikolyckor i framtidsbilderna bedömdes på basen av nutida siffror som anger på vägtyper baserade olycksfallsrisker.</p> <p>I den decentraliserande bilstadens framtidsbild är trafikarbetet och antalet personolyckor ungefär en fjärdedel större än i den minimerade rörelsens modell, ehuru antalet invånare är det samma i samtliga alternativ. Skillnaden i fråga om dödsfall i trafiken mellan den täta och den spridda markanvändningens alternativ är årligen 4–5 personer, dvs. den spridda strukturen och trafikens ökning förorsakar ungefär en tredjedel mera dödsfall i trafiken än den täta samhällsstrukturen.</p> <p>Olika alternativ för markanvändningen förefaller att medföra de största skillnaderna i körprestationerna på sådana motorvägar, huvudvägar med 2 körfiler, regionala vägar och förbindelsevägar som underhålls av Vägförvaltningen utanför tätorterna. Stadsregionernas decentraliserande och ökande trafik belastar det nationella nätet av huvudvägar, ökar den tid som används i trafiken, sträckornas medellängd, olycksfallen med personskador och dödsfallen i trafiken. Den primära metoden för att förändra läget är genom planering, som borde utföras genom samarbete mellan kommunerna, såsom man redan har gjort i Uleåborgsregionen. I bedömningen av planläggningens inverkan borde man också mångsidigt beakta effekterna på trafiksäkerheten.</p> <p>Till stöd för framtidsgranskningen gjordes en litteraturutredning av trafikens tidsmässiga variation, i synnerhet av förhållandet mellan mängden timtrafik och trafikolyckor, samt granskades olycksfallens och trafikmängdernas timvariation i Uleåborgsregionen på vägar underhållna av Vägförvaltningen.</p>			
Nyckelord			
trafiksäkerhet, samhällsstrukturens decentralisering, trafikens ökning, stadsregioner			
Övriga uppgifter			
Seriens namn och nummer		ISBN	
LINTU utredningar 2/2006		ISBN 951-201-090-1 (trycksak) ISBN 951-201-091-X (nätpublikation)	
Sidoantal	Språk	Pris	Sekretessgrad
80	finska		Offentlig
Distribution		Förlag	
LINTU-forskningsprogram		Kommunikationsministeriet	

Authors (from body; name, chairman and secretary of the body) Liidea Ltd Kati Kiiskilä Tuomo Vesajoki Jouko Hintsala Jouko Kunnas		Type of publication Research	
		Assigned by LINTU Research Programme	
		Date when body appointed	
Name of the publication Traffic safety and traffic growth – Possibilities to restrict traffic growth in the Oulu region			
Abstract <p>Problems connected with traffic growth in metropolitan areas were examined with special reference to the Oulu region. Four future scenarios, all of which described changes in community structure, were drawn up and their traffic-related effects were assessed using a traffic forecast model system. The pictures represent extreme yet plausible traffic growth alternatives. The traffic accident trends reflected in them were assessed on the basis of the existing accident risk figures for different road types.</p> <p>In the picture for a decentralising vehicle city, the volumes of traffic performance and fatality accidents are approximately one fourth greater than in the model of minimised motion, although the number of inhabitants is the same in all the alternatives. In terms of traffic-related deaths, the difference between tight and decentralised land use alternatives is 4–5 persons per year, i.e. a decentralised structure and traffic growth increase traffic-related deaths by some one third more than does a tight community structure.</p> <p>It seems that the differences introduced by the various different land use alternatives are most prominent in the traffic performances for motorways, 2-lane highways, regional roads and connecting roads situated outside urban areas and maintained by the Finnish Road Administration (Finnra). Growing, decentralising traffic in metropolitan areas imposes a load on the national main road network and increases traffic times, average journey length, fatality accidents and traffic-related deaths. The primary means of dealing with the situation is through land use planning that should be done through inter-municipal cooperation, which is already the case in the Oulu region. In assessing the effects of planning, broad attention should also be paid to its impact on traffic safety.</p> <p>A literature review focusing on temporal traffic variation, especially on the relation between hourly traffic volumes and traffic accidents, was carried out in support to investigating future trends, and hourly variation in accidents and traffic volumes on Finnra-maintained roads in the Oulu region was examined.</p>			
Keywords traffic safety, decentralisation of community structure, traffic growth, metropolitan areas			
Miscellaneous			
Serial name and number LINTU Reports 2/2006		ISBN ISBN 951-201-090-1 (printed version) ISBN 951-201-091-X (electronic version)	
Pages, total 80	Language Finnish	Price	Confidence status Public
Distributed by LINTU Research Programme		Published by Ministry of Transport and Communications	

Esipuhe

Valtakunnallisessa tieliikenteen turvallisuussuunnitelmassa 2006–2010 liikenteen kasvun keskittyminen pääteille ja kasvualueille nähdään sekä haasteena että mahdollisuutena liikenneturvallisuuden parantamiselle. Liikenteen kasvu on aina liikenneturvallisuudelle uhkatekijä, koska onnettomuudelle altistuksen määrä kasvaa. Nykyisenkin liikenneturvallisuustason ylläpitämiseksi on tehtävä turvallisuutta parantavia toimenpiteitä. Kaavoitus- ja maankäyttö- ratkaisut ovat kaupunkiseuduilla avainasemassa liikennetarpeen ja kulkumuotojakauman muokkaajina.

Tämän Liikenneturvallisuuden pitkän aikavälin tutkimus- ja kehittämishjelmassa (LINTU) toteutetun hankkeen tarkoituksena oli selvittää yhdyskuntarakenteen hajautumisen aiheuttaman liikenteen kasvun liikenneturvallisuusvaikutuksia. Hanke toimi tapaus tutkimuksena ja sen tarkoituksena oli antaa suuntaviivoja mahdolliselle jatkotutkimukselle. Tutkimuksen tapauskohteena toimi Oulun seutu, joka edustaa kasvavaa kaupunkiseutua.

Työssä hyödynnettiin TARVA-ohjelmiston käyttämiä eri tietyyppien onnettomuusriskilukuja. Jos ohjelmistoa tai sen sisältämiä riskilukuja tulevaisuudessa sovelletaan laajemmin eri olosuhteisiin tai tutkimusongelmiin, on soveltuvuus tapauskohtaisesti tarkistettava.

Tutkimuksen ovat rahoittaneet liikenne- ja viestintäministeriö (LVM), Ajoneuvohallintokeskus (AKE) ja Tiehallinto. Työn ohjausryhmään kuuluivat Tiina Korte ja Juha Valtonen liikenne- ja viestintäministeriöstä, Ove Knekt Ajoneuvohallintokeskuksesta, Hanna Strömmer YTV:stä, Keijo Pulkkinen Oulun tiepiiristä sekä Seppo Sarjamo ja Saara Toivonen Tiehallinnosta. Tutkimuksen käytännön toteutuksesta ja raportoinnista vastasivat Kati Kiiskilä, Tuomo Vesajoki, Jouko Hintsala ja Jouko Kunnas Insinööritoimisto Liidea Oy:stä.

Tutkimuksen tekijät kiittävät Oulun seudun liikennemallityöryhmää mahdollisuudesta käyttää Oulun seudun liikennemallijärjestelmää tutkimuksen tekemisessä.

Helsingissä 5.6.2006
Ohjausryhmän puolesta

Tiina Korte

Sisällysluettelo

Esipuhe	6
1 Johdanto	9
1.1 Liikenteen kasvu ja liikenneturvallisuus	9
1.2 Oulun seutu tapauskohteena	10
2 Tutkimusmenetelmät ja -tavoitteet	13
2.1 Tutkimuksen tavoitteet.....	13
2.2 Tulevaisuuskuvat ja skenaariot.....	14
2.3 Oulun seudun liikennemallijärjestelmä.....	15
3 Liikenne ja onnettomuudet.....	18
3.1 Liikenneonnettomuuksien ja liikennevirran ominaisuuksien suhteita käsittelevä tutkimus.....	18
3.1.1 Taustaa.....	18
3.1.2 Tutkimuksellisia lähestymistapoja	19
3.2 Tutkimustuloksia	21
3.2.1 Tietyypipi, onnettomuusriski ja onnettomuustyypit.....	21
3.2.2 Liikennemäärä, onnettomuuksien määrä	24
ja onnettomuusriski.....	24
3.2.3 Liikennemäärä ja muut liikennevirran ominaisuudet, onnettomuustyypien riski ja vakavuus	27
3.2.4 Tien ominaisuudet, ajonopeus,	31
onnettomuusriski ja onnettomuustyypit	31
4 Oulun seudun liikenne ja onnettomuudet.....	34
4.1 Liikenteen kehitys ja onnettomuushistoria.....	34
4.2 Liikenteen ja onnettomuuksien tuntivaihtelu yleisillä teillä	35
5 Tulevaisuuskuvat ja liikenteen kasvu	46
5.1 Perusoletukset	46
5.2 Tulevaisuuskuvat	46
5.2.1 Tulevaisuuskuvat nelikentässä	46
5.2.2 Tulevaisuuskuva 1: Minimoitu liikkuminen	48
5.2.3 Tulevaisuuskuva 2: Erikoistuva elämysyhteiskunta	49
5.2.4 Tulevaisuuskuva 3: Toimintaa liikennesolmuissa	50
5.2.5 Tulevaisuuskuva 4: Hajautuva autokaupunki.....	51
5.3 Liikennemäärät ja -onnettomuudet	51

5.3.1 Liikennemäärät	51
5.3.2 Liikennesuoritteet	54
5.3.3 Onnettomuudet.....	58
5.3.4 Muutokset ajonopeuksissa	67
6 Päätelmät ja jatkotutkimusehdotukset	70
6.1 Yhdyskuntarakenne, liikenteen kasvu ja liikenneturvallisuus.....	70
6.2 Liikenteen tuntivaihtelu ja liikenneturvallisuus.....	72
6.3 Liikennemallit liikenneturvallisuussuunnittelun apuvälineenä	73
6.4 Jatkotutkimusideoita	74
6.4.1 Liikenneonnettomuuksien tilastointi.....	74
6.4.2 Yksilön valinnat olosuhteiden muuttuessa	75
6.4.3 Liikenneturvallisuusvaikutukset maankäytön suunnittelussa.....	76
6.4.4 Liikennemallitarkastelujen jatkaminen	76
Lähteet	79

1 Johdanto

1.1 Liikenteen kasvu ja liikenneturvallisuus

Vuosina 1990–2000 liikenteen määrä EU 15 -alueella kasvoi 26 prosenttia. Liikennesektori vastaa noin kymmenesosaa Euroopan bruttokansantuotteesta ja on suuri työllistäjä. Henkilöautosuoritteen osuuden arvioidaan olevan noin 85 prosenttia EU 15 -alueen yhteenlasketuista henkilöautoliikenteen, henkilöraideliikenteen ja linja-autoliikenteen henkilökilometreistä. Suomessa osuuden arvioidaan vastaavan eurooppalaista tasoa. Henkilöautosuoritteen osuus oli Suomessa 1990-luvun puolessa välissä kolme prosenttiyksikköä pienempi, eli henkilöautoliikenne on kasvattanut osuuttaan. (Eurostat 2006b.)

Henkilöautoliikenteen määrä on Euroopassa ja Suomessa kasvanut käsi kädessä talouskasvun kanssa aivan viime vuosiin saakka. ”Decoupling”-ilmiö eli autoliikenteen kasvu talouskasvua hitaammin on hitaasti alkanut näkyä myös Suomessa. (Eurostat 2006b). Voimakasta eriytymistä ei vielä ole tapahtunut. Taloudellinen aktiivisuus joko edelleen vaatii fyysistä liikkumista tai vaurastuminen lisää liikkumista – todennäköisesti kyse on molemmista.

Merkittävä osaselittäjä henkilöautoliikenteen kasvulle on autoistuminen. Kolmen vuosikymmenen aikana EU 15 -alueen autokanta on kasvanut 185 prosenttia. Suomen autokannan kasvu on 1990-luvun alun lamavuosia lukuun ottamatta seurannut eurooppalaista kasvua. (Eurostat 2006b.)

Tieliikenneonnettomuuksissa kuolleiden määrä on vähentynyt vuosien 1992–2002 välisenä aikana sekä EU 15 -alueella että Suomessa eri turvallisuutta parantavista toimenpiteistä johtuen lähes 30 prosenttia. (Eurostat 2006a). Vuonna 2005 Euroopan unionin alueella kuoli tieliikenteessä noin 41 600 henkeä ja Suomessa noin 400 henkeä (Comission of the European Communities 2006). Tämä on edelleen liikaa. Vaikka kehityksen suunta on ollut Suomessa myönteinen, kehitys ei ole vastannut tavoiteltua tasoa. Suomen liikenneturvallisuuden nollavision tavoitteena on luoda tieympäristö, jossa kenenkään ei tarvitse kuolla.

Liikenteen kasvun liikenneturvallisuusseurausten tarkastelu valtakunnan tai kaupunkiseudun tasolla ei ole yksinkertaista. Vaikutukset riippuvat siitä, missä liikenne kasvaa. Muun muassa tietyyppi, tien leveys, tievariasituksen määrä, nopeusrajoitusluokka ja jopa vuorokaudenaika vaikuttavat onnettomuusriskiin. Lisäksi kuva on erilainen tarkasteltaessa henkilövahinko-onnettomuuksia ja kuo-

lemaan johtaneita onnettomuuksia. Liikenneympäristön ominaisuuksien lisäksi lopputulemaan vaikuttavat mm. ajoneuvokanta, yhteiskunnalliset tekijät ja yksilölliset tekijät.

Vaikka tässä raportissa käsitellään liikenteen kasvun liikenneturvallisuusvaikutuksia lähinnä Oulun seudun esimerkin kautta, on syytä tiedostaa, että liikenteen kasvu ja sen aiheuttamat kielteiset vaikutukset, kuten liikennekuolemat ovat valtakunnallinen, eurooppalainen ja yleismaailmallinen ongelma. Sekä liikenteen kasvuun että sen liikenneturvallisuusvaikutuksiin voidaan vaikuttaa sekä EU:n, valtakunnallisen että paikallisen tason toimenpiteillä.

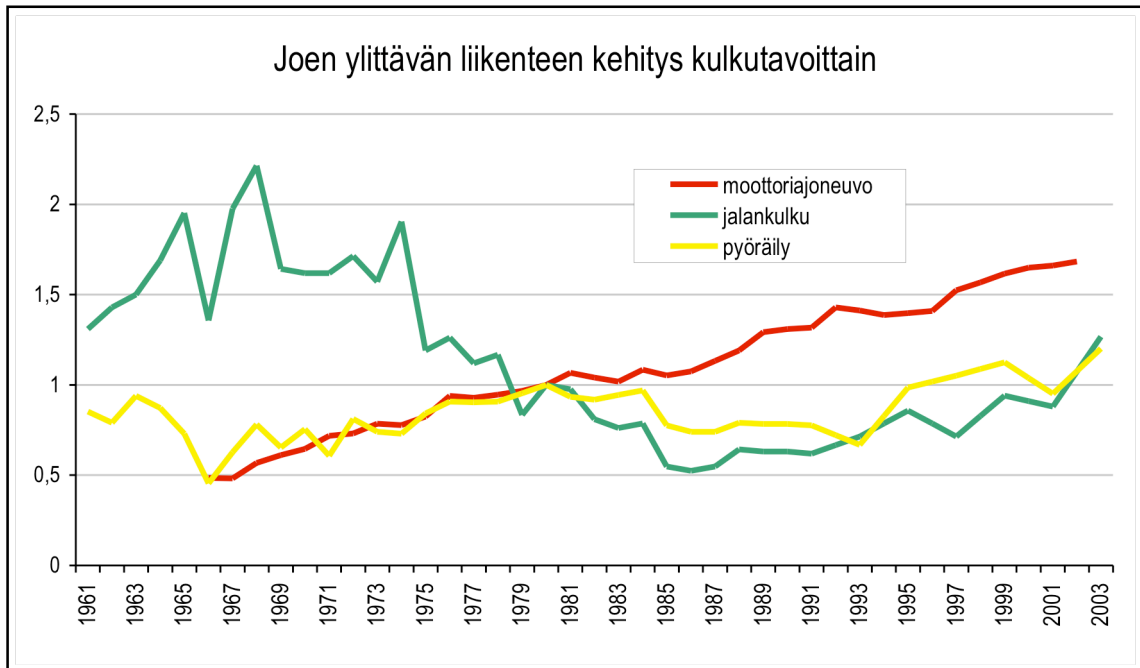
Tässä työssä keskitytään lähinnä todentamaan yhdyskuntarakenteen muutoksen vaikutuksia liikenteen kasvuun ja sitä kautta liikenneturvallisuuteen. Maankäyttö ja kaavoitus vaikuttavat merkittävästi liikkumistarpeeseen, käytettäviin kulkutapoihin ja siihen, minkä tyyppisillä teille ja kaduilla suoritteiden kasvu kohdistuu. Maankäyttöratkaisut vaikuttavat osaltaan siihen, voidaanko tulevaisuudessa tarjota nollavision mukainen liikkumisympäristö, jossa kenenkään ei tarvitse kuolla.

1.2 Oulun seutu tapauskohteena

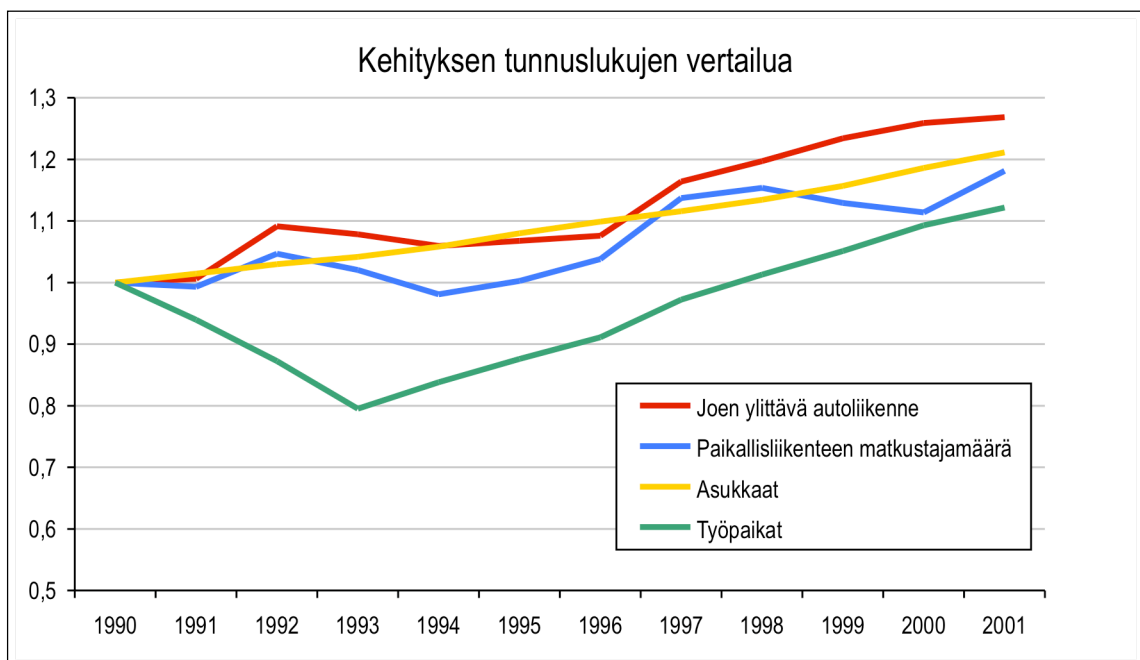
Tässä tutkimuksessa Oulun seudulla tarkoitetaan Oulun kaupunkia ja sen yhdeksää naapurikuntaa, jotka ovat Hailuoto, Haukipudas, Kiiminki, Kempele, Liminka, Lumijoki, Muhos, Oulunsalo ja Tyrnävä. Oulun seutu kuuluu sisäasianministeriön aluekeskusohjelmaan ja sillä on oma seutuhallintonsa.

Oulun seutu sopii tarkastelukohteeksi monista eri syistä. Seutu on edelläkävijä Suomessa muun muassa liikennejärjestelmäsuunnitteluprosessin (LJS) ja seudullisen yhteistyön kehittäjänä. Seudun liikennejärjestelmäsuunnitelma on laadittu ensimmäisen kerran 1980-luvun lopulla alkaneessa, laajat liikennetutkimukset sisältäneessä prosessissa. Aluksi maankäytön ja liikenteen vuorovaikutus oli yksisuuntaista, eli liikenne suunniteltiin maankäytön perusteella. Vuosituhannen taitteessa liikennejärjestelmäsuunnitelma päivitettiin kuntien yhteisen yleiskaavan kanssa aidon vuorovaikutteisesti. Liikennejärjestelmäsuunnittelun avulla testattiin yleiskaavan rakennemallivaihtoehtojen vaikutuksia, ja tulosten perusteella kehitettiin rakennemalleja liikenteen näkökulmasta.

Oulun seudulla on ollut jo pitkään käytössä liikennemallijärjestelmä, jota pidetään aktiivisesti käyttökunnossa. Malleja hyödynnetään lähes poikkeuksetta kaikissa seudun liikennejärjestelmää ja maankäyttöä koskevissa hankkeissa. Mallien ylläpidosta vastaa kaupungin ja tiepiirin muodostama yhteinen seurantaryhmä, joka kokoontuu useita kertoja vuodessa.



Kuva 1. Oulujoen ylittävän liikenteen kehitys kulkutavoittain. Indeksi vuosi 1980. (Oulun kaupungin jatkuvat liikennelaskennat)



Kuva 2. Oulun seudun kehityksen tunnuslukuja. Indeksi vuosi 1990. (Oulun kaupungin jatkuvat liikennelaskennat, Koskilinjat Oy ja Tilastokeskuksen www-palvelu)

Oulun kaupungin alueelta on olemassa liikenteen seurantatietoa 1960-luvulta lähtien; esimerkiksi joen ylittävää liikennettä on tilastoitu kulkutavoittain (kuva 1). Ajoneuvoliikenteen kattava automaattinen laskentajärjestelmä on ollut käytössä 70-luvulta lähtien

ja kevyttä liikennettä on laskettu systemaattisesti enintään kahden vuoden välein. Autoliikenteen kasvu on ollut Oulujoen ylittävässä poikkileikkauksessa tarkastelujaksolla hyvin suoraviivaista. Kevyen liikenteen määrä on kääntynyt nousuun 90-luvun taitteessa.

Oulun seutu on asukasmäärältään Suomen nopeimmin kasvavia seutuja. Vuonna 2002 seudun kuntien yhteisen yleiskaava-alueen asukasmäärä oli 196 000, minkä ennustetaan kasvavan noin 50 000 asukkaalla vuoteen 2020 mennessä (Oulun seudun liikenne 2020). Runsas kasvu antaa myös runsaasti vaikutusmahdollisuuksia: esimerkiksi mainitun kasvun ja sen rinnalla tarvittavan työpaikkalisäyksen sijoittamiseen on useita vaihtoehtoja, joiden tuottamat liikennetarpeet poikkeaa merkittävästi toisistaan.

Kuvassa 2 on esitetty seudun asukas- ja työpaikkakehitys vuodesta 1990 lähtien. Rinnalle on otettu Oulujoen ylittävä auto- ja joukkoliikenteen määrä. Asukasmäärän kasvu on ollut suoraviivaista; vastaavasti työpaikkamäärä on 1990-luvun alkupuoliskon laman jälkeen kasvanut voimakkaasti. Autoliikenteen kasvu asukasmäärää nopeammin indikoi autoistumiskehityksen jatkumisesta. Myös joukkoliikenteen matkustajamäärät ovat hieman nousseet; kasvu on kuitenkin ollut pienempää kuin autoliikenteessä.

2 Tutkimusmenetelmät ja -tavoitteet

2.1 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksessa tarkasteltiin kaupunkiseutujen liikenteen kasvun ongelmakenttää käyttäen Oulun seutua esimerkkinä. Tutkimusmenetelmänä käytettiin lähinnä yhdyskuntarakenteen muutosta koskevien tulevaisuuskuvioiden laatimista, joiden liikenteelliset vaikutukset arvioitiin käyttäen liikenne-ennustemallijärjestelmää. Tulevaisuuskuvioiden etsimistä, mutta mahdollisia liikenteen kasvun vaihtoehtoja. Liikenneonnettomuuskehitys perustuu nykyisiin onnettomuuslukuihin ja asiantuntija-arvioon.

Tulevaisuustarkastelun pohjaksi analysoitiin liikennemäärän, liikenteen nopeuden ja henkilövahinko-onnettomuuksien välisiä suhteita Oulun seudulla sekä suoritteiden nopeusjakautumia. Osa nykytila-analyyseistä oli henkilövahinko-onnettomuuksien ja kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien sijoittaminen liikenteen tuntivaihtelukäyrään. Liikenne- ja onnettomuusmäärien ajallisesta tuntivaihtelusta kaupunkiseuduilla on vain vähän tutkimustietoa.

Lähtökohtia varmistavan kirjallisuuskatsauksen tavoitteena oli löytää tietoa liikennemäärien vaihtelun ja liikenneturvallisuuden suhteesta. Liikennemäärän vaikutus onnettomuusriskiin on paljolti riippuvainen tilannetekijöistä ja (tie)ympäristöstä, sekä siitä tarkastellaanko henkilövahinko-onnettomuusriskiä vai kuolemanriskiä. Luvussa 3 esitellään näkökulmia ongelmakenttään. Liikenteen kasvun ja liikenneturvallisuuden suhdetta, sekä liikenteen hillinnän mahdollisuuksia, on laajemmin tutkittu Lintu-ohjelman tutkimuksessa Liikenteen kasvun hillintä ja liikenneturvallisuus (Niittymäki et al. 2005).

Nyt käsillä oleva tutkimus on esitutkimusluonteinen, ja tavoitteena oli alustaviin tuloksiin perustuen esittää jatkotutkimusehdotuksia. Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa lisätietoa liikenteen kasvun syy-seuraus-suhteista ja niiden liikenneturvallisuusvaikutuksista. Tämän vuoksi tulokset konkretisoitiin arvioiksi siitä, miten liikenne voi toimia erilaisissa kasvun tapauksissa.

Tulokset on ryhmitelty neljään kokonaisuuteen. Raportin kolmannessa luvussa on tarkasteltu liikennemäärän ja liikenneonnettomuuksien suhdetta kansainvälisten ja suomalaisten tutkimustulosten näkökulmasta. Neljännessä luvussa kuvataan liikennettä ja liikenneturvallisuutta Oulun seudulla. Viides luku sisältää tulevaisuustyöskentelyn, jonka kohdealueena on Oulun seutu. Viimeinen luku on omistettu päätelmille ja jatkotutkimusehdotuksille.

2.2 Tulevaisuuskuvat ja skenaariot

Skenaarioperusteisen tulevaisuustyöskentelyn avulla pyritään pääsemään passiivisesta ja reaktiivisesta tulevaisuuteen suhtautumisesta preaktiiviseen ja proaktiiviseen suhtautumiseen. **Passiivisessa** suhtautumisessa tulevia tapahtumia ei ennakoita. **Reaktiivisessa** suhtautumisessa ongelmat ratkotaan niiden jo synnyttyä. **Preaktiivisessa** suhtautumisessa otetaan huomioon erilaiset tulevaisuuden mahdollisuudet, ennakoitaan niitä ja varaudutaan niihin. **Proaktiivisessa** lähestymistavassa toimitaan aktiivisesti ja yritetään vaikuttaa tulevaisuuden muotoutumiseen. (Heinonen 2001). Taus-talla on näkemys, että tulevaisuus tehdään, eikä sen vain anneta ta-phtua.

Yhdyskuntarakenteen ja liikenneinfrastruktuurin hitaat muutok-set määrittävät pitkälti rajat ihmisen toiminnalle yhteiskunnassa. Liikenne mahdollistaa modernin elämäntavan, mutta aiheuttaa merkittävästi haittoja, kuten päästöjä melua, tärinää ja turvatto-muutta. Tämän vuoksi liikenteen kasvun ongelmakenttää tulee tar-kastella ja liikennejärjestelmää suunnitella proaktiivisesti.

Skenaariossa tulevaisuuden tilanteen kuvaus yhdistetään ku-vaukseen siitä, miten siihen on perustilanteesta päädytty (Godet 1987). Yksittäisen tulevaisuudenkuvan sijaan kyseessä onkin ajalli-esti peräkkäisten tulevaisuudenkuvien sarja, eli tulevaisuuden tilan ja sinne johtavan kehityspolun kuvaus. Skenaarioita laadittaessa tulisikin pohtia niitä tapahtumia ja ajavia voimia, joiden seuraukse-na tulevaisuustilaan joudutaan tai päästään, sekä toimijoita, jotka kehitykseen voivat vaikuttaa.

Tärkeintä on ymmärtää, että skenaariot eivät ole ennusteita, vaan keskenään erilaisia kuvauksia tulevaisuudesta ja niihin johta-vista poluista. Skenaarioiden hyvyyttä ei siten mitata niiden ennus-tustarkkuudella, vaan sillä, onnistuvatko ne olemaan tämän hetken päätöksenteon apuvälineitä. Skenaariot eivät yleensä ole työn tulos, vaan apuväline tuloksen saavuttamiseksi, olipa päämääränä strate-gia, toimintalinjaus tai laajennettu ymmärrys tulevaisuudesta.

Tässä tutkimuksessa käytettiin tulevaisuuskuvien laatimiseen nk. backcasting-menetelmää, jossa siirrytään suoraan tulevaisuuden tavoitevuoteen ja kuvataan tilanne. Tämän jälkeen rakennetaan polku tulevaisuuskuvasta nykyhetkeen. Jos tulevaisuuskuvaan joh-tavaa polkua lähdetään rakentamaan nykyhetkestä tulevaisuuteen, puhutaan nk. forecasting-menetelmästä. Tutkimuksessa keskityttiin kuvaamaan neljää erilaista tulevaisuuskuvaa, mutta niihin johtavia tarkkoja polkuja ei muodostettu. Tarkkaan ottaen onkin väärin pu-hua skenaarioista, vaikka useissa tämäntyypisissä prosesseissa nimitystä on käytetty.

Tulevaisuuskuvien laatimiseen käytettiin niin kutsuttua skenaarionalikenttää menetelmän havainnollisuuden vuoksi. Menetelmä pakottaa valitsemaan tärkeimmäksi katsotut muutostekijät tai muutosta ajavat voimat. Tutkimuksessa yhdyskuntarakenteen muutoksesta lähtevät muutostekijät pyrittiin valitsemaan siten, että tulevaisuuskuvat edustavat hyvin erilaisia, jopa äärimmäisiä liikenteen kasvun vaihtoehtoja.

Skenaariomenetelmän käytön onnistumisen edellytys on skenaarioiden laatiminen päätöksentekoon liittyviä tärkeitä peruskysymyksiä koskevaksi. Tämän vuoksi tutkimuksessa analysoitiin noin neljäkymmentä tulevaisuuden liikenteeseen ja väestörakenteeseen liittyvää muuttujaa ennen tulevaisuuskuvien laatimisen aloittamista. Muuttujien analysoimisessa tarkasteltiin seuraavia asioita:

- mahdollisuudet vaikuttaa muutostekijään yhteiskunnan ohjauksella, mutta erityisesti liikenne- ja maakäyttöpoliitikalla
- muuttujan ominaisuus asteikolla: pysyvä – ennakoitavasti muuttuva – yllättävästi muuttuva
- muutoksen vaikuttavuus (auto)liikenteen kasvuun
- kiinnostavuus Oulun seudun kehityksen kannalta

Tulevaisuuskuvien rakentamisessa keskityttiin erityisesti tekijöihin, jotka vaikuttavat autoliikenteen kasvuun merkittävästi pitkällä tai keskipitkällä aikavälillä (10–25 vuotta), ja jotka ovat Oulun seudun kannalta kiinnostavia, ja joihin on mahdollista yhteiskunnan ohjauksella ainakin jollakin tasolla vaikuttaa. Kiinnostusta herättivät pääasiassa muuttajat, joissa oli enemmän ennakoitavia elementtejä kuin yllättävästi muuttuvia.

2.3 Oulun seudun liikennemallijärjestelmä

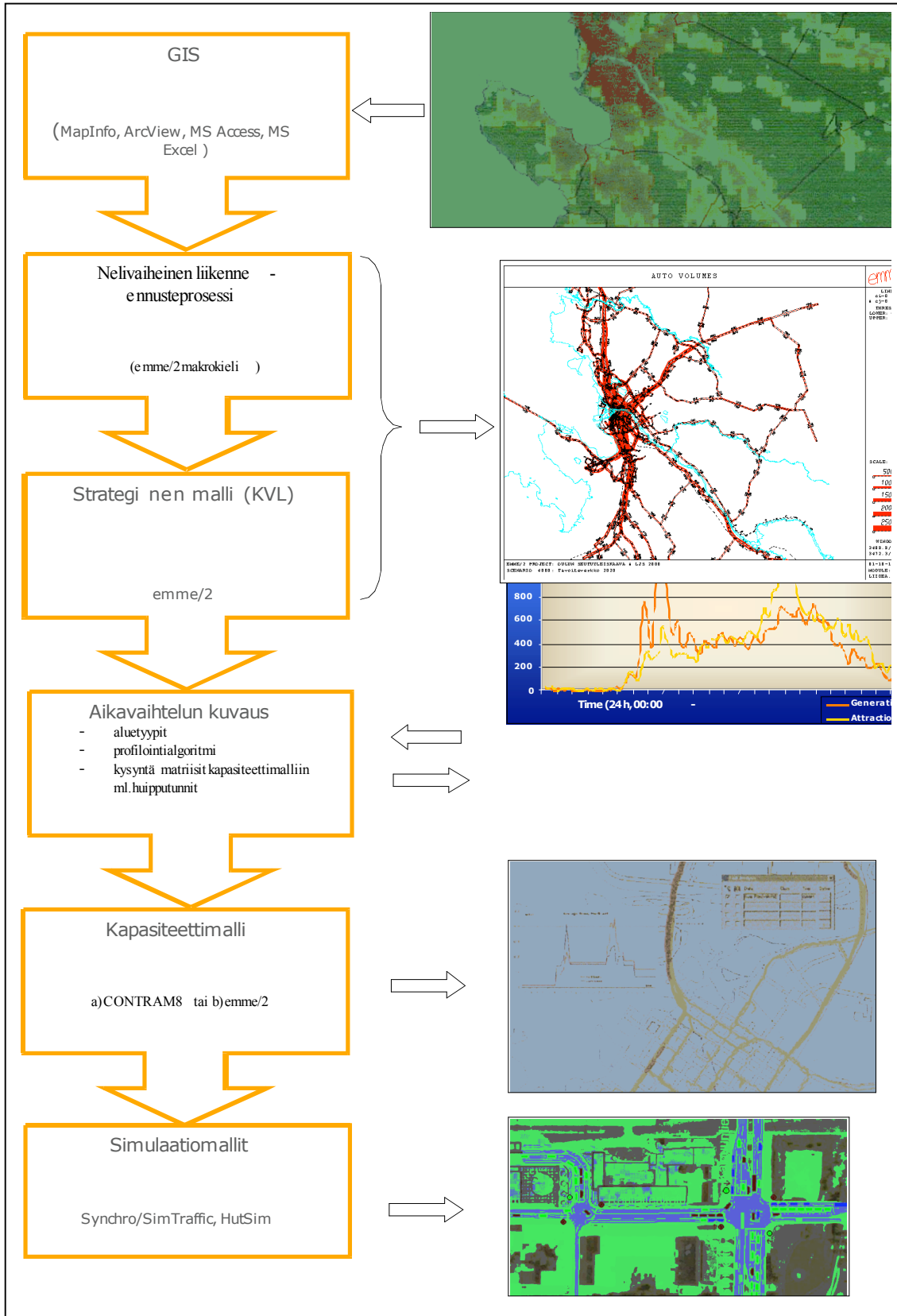
Oulun seudun liikennemallit on alun perin laadittu 1980-luvun lopulla suuren liikennetutkimuksen dataan nojautuen. Datan vanhentuessa ja liikennekäyttäytymisen muuttuessa mallit ovat uudistuneet. Niiden tietopohjaksi ovat muotoutuneet eri organisaatioiden jatkuvasti ylläpitämät tietoaaineistot¹. Tilastojen tietopohjaa täydennetään seudulta mitatulla liikennemäärätiedolla. Taustatiedoksi Oulun seudulla on myös rakenteilla paikalliseen dataan perustuva matkatuotoskäsikirja, jota täydennetään vuosittain Oulun seudun ammattikorkeakoulun opintoihin liittyvällä liikennetutkimuksella ja

¹ Rakennus- ja huoneistorekisteri, työpaikkatilastot, pendelöintitilasto, tierekisteri ja digiroad-aineisto.

opinnäytetöillä. Vaikka lähes reaaliaikaista taustatietoa on runsaasti tarjolla, uhkaa mallijärjestelmää ajantasaisen käyttäytymistiedon puute. Tätä puutetta voidaan jossakin määrin paikata valtakunnallisesta henkilöliikennetutkimuksesta (HLT) saatavalla aineistolla.

Paikkatietojärjestelmien avulla hallittava data luetaan keskimääräistä vuorokausiliikennettä kuvaavan strategisen mallin lähtötiedoksi. Strateginen malli sisältää matkaryhmittäiset matriisit ja ottaa jossakin määrin kantaa myös kulkutapojen väliseen työnjakoon. Mallin osa-alueiden tyyppitykseen ja erityyppisten alueiden aiheuttaman liikenteen vaihteluun perustuen vuorokausiliikenteen matriisit pilkotaan haluttuihin lyhyempiin aikajaksoihin. Näin saatavat osamatriisit eivät enää sisällä tietoa matkaryhmistä; lisäksi ne käsittävät vain autoliikenteen kysynnän.

Lyhyempien aikajaksojen liikennettä voidaan tarkoituksellisesti ja tarkkuustavoitteista riippuen analysoida joko linkkien ominaisuuksia korostavalla emme/2-ohjelmalla tai liittymien tarkan kuvauksen sisältävällä Contram-ohjelmalla. Edelleen, koska osamatriisien kautta esimerkiksi huipputuntien liikennettä voidaan tarkastella lyhyissa, pienimmillään 15 minuutin jaksoissa, saadaan liikennevirtatietoa lähtötiedoksi mallijärjestelmän tarkimpaan analyysityökaluun, simulointimalliin.



Kuva 3. Oulun seudun liikennemallijärjestelmä.

3 Liikenne ja onnettomuudet

3.1 Liikenneonnettomuuksien ja liikennevirran ominaisuuksien suhteita käsittelevä tutkimus

3.1.1 Taustaa

Pääasiallinen syy liikenneinfrastruktuuriin ja liikenteen hallintaan investoimiseen ovat parannukset liikennevirran ominaisuuksissa. Yksittäisellä väylällä sujuvampi liikennevirta eli ruuhkattomuus lyhentää matka-aikoja ja vähentää päästöjä, polttoaineen kulutusta ja kuljettajan kokemaa stressiä. Perusoletuksena on lisäksi se, että sujuva liikennevirta parantaa liikenneturvallisuutta. (Golob & Recker 2004). Liikennejärjestelmän näkökulmasta vaikutukset eivät ole näin yksiselitteisiä.

Liikenneturvallisuuden paranemista käytetään Golobin et al. (2004b) mukaan erityisesti telematiikkainvestointien perusteluna. Ongelma on, että tapaa, jolla sujuvampi liikennevirta parantaa turvallisuutta, ei tunneta riittävästi. Ylipäättänsä liikennevirran eri ominaisuuksien ja liikenneonnettomuuksien välinen suhde on vielä osittain epäselvä (mm. Golob & Recker 2004, Lord et al. 2005). Lisäksi liikennevirran ominaisuuksien suhde liikenneonnettomuuksien vakavuuteen on osittain epäselvä. Esimerkiksi liikennemäärä, liikennevirran nopeuden ja tietyypin on todettu vaikuttavan eri tavoin henkilövahinko-onnettomuuksien ja kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien riskiin.

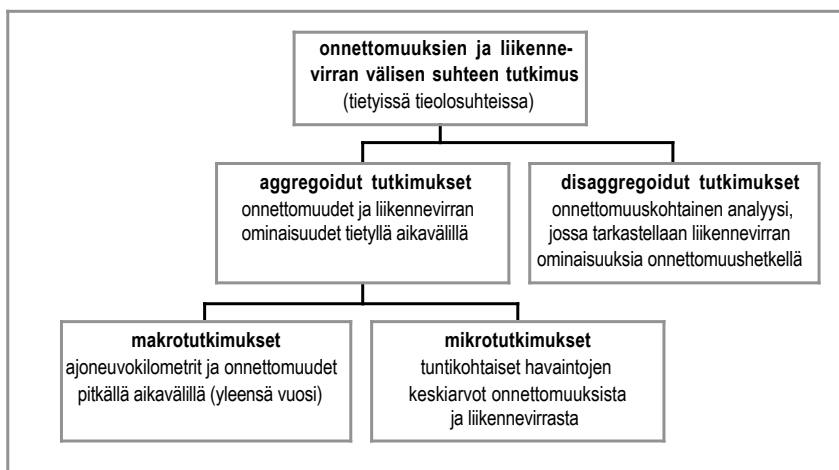
Onnettomuuksien ja liikennevirran ominaisuuksien välistä tutkimusta on tehty aktiivisesti viime vuosina. Lähinnä kiinnostuksen kohteena on ollut kaikkien onnettomuuksien – mukaan lukien pelkkien omaisuusvahinkoihin johtaneet onnettomuudet – suhde liikennemäärään. Vähemmän tutkimusta on suunnattu liikennevirran ominaisuuksien, kuten nopeusjakauman, kuormitusasteen (liikennemäärä jaettuna teoreettisella tien kapasiteetilla) tai palvelutason ja onnettomuuksien välisen suhteen tutkimiseen. Tutkimuksen määrä ei kerro tutkittavien teemojen tärkeydestä, vaan pikemminkin tutkimuksen tekemisen vaikeusasteesta ja saatavilla olevista aineistoista. Ongelmaksi on usein muodostunut tiedon aggregoiminen paikan mukaan, esimerkiksi tietyypeittäin, jolloin liikennevirran

ominaisuuksien vaikutukset turvallisuuteen sekoittuvat ja peittyvät. (Lord et al. 2005.)

Tyypillisin tapa järjestelmän turvallisuuden kuvaamiseen on muodostaa onnettomuuteen joutumisen todennäköisyys (riski) altistuksikköä kohden ja kertoa se altistuksen määrällä (esim. ajamisen määrä tai autojen määrä). Ongelmaksi muodostuu se, että altistuksen määrää joudutaan käyttämään jo riskin laskemisessa, jolloin altistuksen määrä ja riski eivät ole itsenäisiä lukuja. Qin et al. (2004) toteavat, että oikeaoppisen riskiluvun tulisi sisältää sekä kuljettajan ja auton että tien ja ympäristön ominaisuuksia. Mitä enemmän onnettomuusmääriä ennustavia malleja tuodaan makrotasolta mikrotasolle, sitä enemmän joudutaan ottamaan kantaa siihen, että alttius joutua erityyppisiin onnettomuuksiin on erilainen erilaisissa (liikenne)tilanteissa.

3.1.2 Tutkimuksellisia lähestymistapoja

Liikenneonnettomuuksien ja liikennevirran ominaisuuksien välinen tutkimus voidaan Golobin et al. (2004) mukaan jakaa aggregoituun ja disaggregoituun tutkimukseen. Disaggregoiduissa tutkimuksissa tarkastellaan yksittäistä onnettomuutta ja tutkitaan liikennevirran ominaisuuksia sen tapahtumahetkellä. Tutkimusasetelma on mahdollistunut jatkuvan liikenteen seurannan yleistyttyä. Yleensä disaggregoiduissa tutkimuksissa keskitytään lähinnä kuolemaan johtaneisiin onnettomuuksiin.



Kuva 4. Onnettomuuksien ja liikennevirran välisen suhteen tutkimus tietyissä tielosuhteissa. (Golob et al. 2004)

Aggregoiduissa tutkimuksissa vertaillaan tapahtuneita onnettomuuksia ja liikennevirran ominaisuuksia tietyn ajanjakson ja/tai

tieolojen sisältä muodostettuna keskiarvona. Tämä voidaan edelleen jakaa mikro- ja makrotutkimukseen. Makrotutkimuksessa tarkastelun aikajänne on pitkä, kuten vuosi. Mikrotutkimuksessa tarkastellaan lyhyttä ajanjaksoa, kuten tuntia. Liikennevirran, ajoneuvotiheyden ja liikenteen nopeuden suhdetta onnettomuuksiin on lähinnä tutkittu aggregoiduilla tutkimuksilla. Aggregoiduissa tutkimuksissa aina ongelmana on aggregoinnista aiheutuva virhe. Niiden tekijöiden valinnalla, joiden perusteella aggregointi tehdään (esim. alue, tietyyppi, ajanjakso), voidaan vaikuttaa paljon tulokseen. (Golob et al. 2004, Golob & Recker 2004.)

Liikennemäärän ja liikenneonnettomuuksien suhdetta on tarkastelu Martinin (2002) mukaan seuraavan tyyppisillä tutkimusasetelmilla:

- tutkimalla liikennemäärien ja onnettomuuksien suhdetta maantieteellisen alueen erityyppisillä teillä (tuntiliikenne tai vuoden keskivuorokausiliikenne)
- ennustamalla onnettomuusmääriä ja liikennettä käyttäen kuormitusastetta (liikennemäärä jaettuna teoreettisella tien kapasiteetilla) kuvaamaan infrastruktuuria ja sen käyttöä
- tuottamalla turvallisuusfunktioita, jonka avulla on ennustettu altistuksen muutosten vaikutuksia onnettomuusmääriin ja yritetty niputtaa yhteen eri tietyyppejä turvallisuusnäkökulmasta.

Tarkastelun kohteet ovat vaihdelleet. Useimmiten tutkimuskohteena ovat olleet kaikki onnettomuudet tai henkilövahinkoonnettomuudet. Esimerkiksi Martinin (2002) tarkastelutapa, jossa huomioidaan sekä henkilövahinkoon johtaneet että muut onnettomuudet, on mahdollistanut onnettomuuksien vakavuusasteen tarkastelun liikennemäärän muuttumisen mukaan. Kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien erikseen tarkastelua ei tätä tutkimusta varten läpikäydyissä artikkeleissa ilmennyt. Sen sijaan Suomessa tämä on ollut merkittävä lähestymistapa (Peltola ja Rajamäki 2004, 2005), ja tulokset antavat viitteitä kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien riskin varsin erilaisesta käyttäytymisestä verrattuna henkilövahinkoonnettomuusriskiin.

Seuraavissa kappaleissa esitettyjä tuloksia tarkasteltaessa on syytä huomata, että kansainväliset tulokset koskevat moottoritie- ja maantiesegmenttien perusteella tehtyjä analyyseja, ja yleensä vielä maaseutumaisessa ympäristössä olevia teitä. Suomalaiset tulokset ottavat huomioon Suomen yleisten teiden² ominaisuudet.

² Tässä tutkimuksessa käytetään vielä käsitettä yleinen tie, vaikka vuoden 2006 alusta voimaantulleessa maantielaissa yleiset tiet ovat muuttuneet nimitykseltään maanteiksi. Yleisen tien käsite vastaa rajaukseltaan maantien käsitettä.

3.2 Tutkimustuloksia

3.2.1 Tietyyppi, onnettomuusriski ja onnettomuustyypit

Onnettomuus- ja kuolemanriski eroavat eri tietyypeillä ja erilaisissa liikenneolosuhteissa. Lisäksi eri onnettomuustyypien riski on erilainen. Peltola ja Rajamäki (2004) ovat vuosien 1997–2001 onnettomuusaineistoja käyttäen tutkineet sekä henkilövahinko-onnettomuuden että kuoleman riskiä Suomen yleisillä teillä. Tutkimusaineistona olivat poliisin raportoimat onnettomuudet. Kyseessä on kuvan 4 jaottelua käyttäen nk. aggregoitu makrotutkimus.

Taulukko 1. Keskimääräinen vuosisuorite, henkilövahinko-onnettomuusriski ja kuolemanriski yleisillä teillä vuosina 1997–2001. (Peltola ja Rajamäki 2004.)

Tietyyppi	suorite (milj. ajoneuvokm/v)	heva-riski (heva-onn./100 milj. ajoneuvokm)	kuoleman-riski (kuolleet/100 milj. ajoneuvokm)
moottoritie	3415	4,4	0,32
muu 2-ajoratainen	1391	10,5	0,33
moottoriliikennetie	532	5,7	1,43
päätie, taajamamerkki ¹⁾	304	20,0	0,59
päätie, tilastotaajama ²⁾	2767	12,0	1,21
päätie, asutustihentymä ³⁾	777	10,7	1,65
päätie, haja-asutus ⁴⁾	8312	8,5	1,22
muu kp, taajamamerkki ⁵⁾	1602	21,2	0,89
muu kp, tilastotaajama	2145	14,6	1,05
muu kp, asutustihentymä	576	14,7	0,97
muu kp, haja-asutus	4998	11,8	1,10
soratie	1013	12,6	0,61

- 1) taajamat ovat sellaisia tienkohtia, joille on asetettu taajama-liikennemerkki
- 2) tilastotaajamassa asuu vähintään 200 asukasta enintään 200 metrin keskinäisin etäisyyksin olevissa taloissa
- 3) tiestä mitattuna 400 metrin säteisen ympyrän sisällä asukastiheys vähintään 60 asukasta/km²
- 4) kaikki ne alueet, jotka eivät kuulu taajamamerkki- tai tilastotaajamaan tai asutustihentymään kuuluvat haja-asutukseen.
- 5) muu kp = muu kestopäällystetty tie kuin päätie (valta- tai kantatie)

Seuraavassa keskitytään tarkastelemaan yleisten teiden onnettomuusriskejä. On kuitenkin syytä muistaa, että hieman yli puolet henkilövahinko-onnettomuuksista ja neljäsosa liikennekuolemista tapahtuu katuverkolla tai yksityisteillä. Henkilövahinko-onnettomuusriski on ajettua kilometriä kohden katuverkolla ja yksityisteillä yleisen tien vastaavaa suurempi, mutta kuolemanriski pienempi. Liikenneturvallisuuskehitys on yleisillä teillä ollut huonompi kuin kaduilla ja yksityisteillä. (Peltola ja Rajamäki 2004.)

Yleisten teiden henkilövahinko-onnettomuusriski on suurin taa-jamateilla ja pienin moottoriteilla. Kuolemanriski puolestaan on suurin moottoriliikenneteillä ja pääteiden asutustihentymissä (Peltola ja Rajamäki 2004). Taulukossa 1 on esitetty erityyppisillä yleisillä teillä ajettu suorite, kuolemanriskit ja henkilövahinko-onnettomuuksien riskit.

Yleisten teiden yleisin henkilövahinko-onnettomuuksien luokka on yksittäisonnettomuudet, joita on noin kolmannes kaikista onnettomuuksista. Liikennekuolemia tarkasteltaessa yleisin (34 % onnettomuuksista) onnettomuusluokka on kohtaamisonnettomuudet. (Peltola ja Rajamäki 2004.)

Tyypilliset onnettomuusluokat vaihtelevat eri tietyypeillä ja lisäksi sen perusteella tarkastellaanko henkilövahinko-onnettomuuksien vai kuoleman riskiä. Taulukkoon 2 on koottu henkilövahinko-onnettomuusriski onnettomuusluokittain keskimäärin yleisillä teillä sekä erikseen moottoriteilla, muilla 2-ajorataisilla teillä, moottoriliikenneteillä ja pääteillä tienvarsiasutuksen mukaan jaoteltuna. Taulukossa on korostettu harmaalla tietyypeittäin kaksi tai kolme suurinta riskilukua. (Peltola ja Rajamäki 2004.)

Yksittäisonnettomuudet näyttävät olevan taajamien pääteitä lukuunottamatta tyypillisiä kaikille tarkastelluille tietyypeille. Kohtaamisonnettomuuden riski on suurin moottoriliikenneteillä ja taa-jamamerkin ulkopuolisilla pääteillä. Kevyen liikenteen onnettomuusriski on suurin taajamamerkin alueella, jossa todennäköisesti on myös eniten kevyttä liikennettä. (Peltola ja Rajamäki 2004.)

Taulukko 2. Henkilövahinko-onnettomuusriski (heva-onn./100 milj. ajoneuvokm) onnettomuusluokittain keskimäärin ja eräiden yleisten teiden tietyypeillä vuosina 1997–2001. (Peltola ja Rajamäki 2004.)

Tietyyppi	yksittäis	kääntymis	ohitus	risteämis	kohtaamis	peräänajo	mopedi	polkupyörä	jalankulku	eläin	muu
kaikki yleiset tiet	3,5	0,9	0,3	1,2	1,1	0,7	0,4	0,8	0,6	0,8	0,3
moottoritie	2,1	0,1	0,4	0,0	0,1	0,8	0,0	0,0	0,1	0,4	0,3
muu 2-ajoratainen	1,9	0,9	0,8	2,1	0,1	3,2	0,1	0,6	0,3	0,1	0,4
moottoriliikennetie	1,9	0,1	0,5	0,2	1,5	0,4	0,0	0,1	0,2	0,5	0,4
päätie, taajamamerkki	1,9	1,8	0,0	5,4	0,7	1,1	1,6	3,6	3,3	0,1	0,5
päätie, tilastotaajama	2,5	2,0	0,3	2,8	1,2	0,8	0,5	0,8	0,6	0,4	0,2
päätie, asutustihentymä	2,8	1,4	0,4	1,7	1,4	0,7	0,3	0,6	0,6	0,7	0,3
päätie, haja-asutus	2,7	0,7	0,4	0,6	1,3	0,5	0,1	0,3	0,2	1,4	0,3

Onnettomuusluokkien riskien suhde toisiinsa muuttuu, kun tarkasteluun otetaan kuoleman riski henkilövahinko-onnettomuusriskin sijaan (taulukko 3). Erityisesti kevyen liikenteen onnettomuuksien ja kohtaamisonnettomuuksien riskien merkitys kasvaa. (Peltola ja Rajamäki 2004.)

Taulukko 3. Kuolemanriski (kuolleet/100 milj. ajoneuvokm) onnettomuusluokittain keskimäärin ja eräiden yleisten teiden tietyypeillä vuosina 1997–2001. (Peltola ja Rajamäki 2004.)

Tietyyppi	yksittäis	kääntymis	ohitus	risteämis	kohtaamis	peräänajo	mopedi	polkupyörä	jalankulku	eläin	muu
kaikki yleiset tiet	0,20	0,03	0,04	0,08	0,33	0,02	0,03	0,09	0,10	0,03	0,04
moottoritie	0,17	0,00	0,03	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,06	0,01	0,01
muu 2-ajoratainen	0,06	0,04	0,01	0,09	0,01	0,01	0,00	0,01	0,06	0,01	0,01
moottoriliikennetie	0,23	0,00	0,23	0,00	0,71	0,00	0,00	0,00	0,19	0,04	0,04
päätie, taajamamerkki	0,07	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,13	0,26	0,00	0,00
päätie, tilastotaajama	0,10	0,06	0,05	0,22	0,40	0,02	0,05	0,13	0,15	0,01	0,01
päätie, asutustihentymä	0,18	0,15	0,05	0,23	0,70	0,00	0,00	0,13	0,13	0,03	0,05
päätie, haja-asutus	0,15	0,03	0,08	0,07	0,60	0,02	0,01	0,08	0,07	0,07	0,03

Moottoriteillä merkittävin onnettomuustyyppi sekä henkilövahingon että kuoleman riskillä mitattuna on yksittäisonnettomuus. Haja-asutusalueella sijaitsevilla pääteillä yksittäis-, kohtaamis- ja eläinonnettomuuksien henkilövahinko-onnettomuusriskit ovat onnettomuustyyppittaisista riskeistä suurimpia. Erityisesti kohtaamis-onnettomuudet ovat kohtalokkaita kuoleman riskin ollessa selvästi muita onnettomuustyyppijä suurempi. Pääteiden taajamamerkki-alueella suurimmat heva-riskit ovat risteämis- ja kevyen liikenteen onnettomuusluokissa. Kuolemanriskiä tarkasteltaessa korostuvat erityisesti jalankulkuonnettomuudet. (Peltola ja Rajamäki 2004.)

Onnettomuuksien vakavuus on suurin moottoriliikenneteillä (25 kuollutta /100 heva-onn.) ja pääteiden haja-asutusalueella, asutustiheydessä ja tilastotaajamassa (10–15 kuollutta/heva-onn.). (Peltola ja Rajamäki 2004.)

Peltola, Rajamäki ja Malmivuo (2004) ovat tutkineet yleisten teiden tieryhmien välisiä riskieroja talvikuukausien (lokamarraskuu) ja kesäkuukausien (huhti–syyskuu) välillä. Johtopäätöksenä oli, että millään tietyypillä onnettomuudet eivät näyttäisi painottuvan erityisen voimakkaasti talvikauteen.

Peltola ja Rajamäki (2004) korostavat, että onnettomuusriskejä tarkasteltaessa on syytä muistaa onnettomuustiheyden (onnettomuudet suhteessa tiepituuteen) syntyvän onnettomuusriskin ja liikennemäärän tulosta. Vaikka onnettomuusriski esimerkiksi moottoriteillä on pieni, johtavat suuret liikennemäärät suureen onnettomuustiheyteen. Henkilövahinkojen tiheys on suurin muilla kaksiajorataisilla teillä, moottoriteillä ja pääteillä taajamamerkin alueella. Kuolemien tiheys on suurin moottoriliikenneteillä, moottoriteillä ja muilla kaksiajorataisilla teillä, jos liikennemääräluokitusta ei huomioida. Jos liikennemääräluokitus huomioidaan, vilkasliikenteiset 2-ajokaistaiset päätiet kuuluvat mukaan ryhmään. (Peltola ja Rajamäki 2004.)

3.2.2 Liikennemäärä, onnettomuuksien määrä ja onnettomuusriski

Kansainväliset, lähinnä moottori- ja maantiesegmenttejä tarkastelevat aggregoidut tutkimukset osoittavat, että liikennemäärän ja onnettomuusmäärän (kaikki onnettomuudet tai henkilövahinkoon johtaneet onnettomuudet/vuosi) välillä on epälineaarinen suhde (mm. Qin et al. 2002, Lord et al. 2005, Golob et al. 2004). Yleensä oletetaan, että onnettomuuksien määrä kasvaa hidastuvalla nopeudella liikennemäärän kasvaessa, eli kaavassa $Y = \alpha F^{\beta}$ eksponentti saa

arvon, joka on alle 1. Kaavassa $Y =$ onnettomuuksia vuodessa ja $F =$ liikennevirta/-määrä. (Lord et al. 2005.)

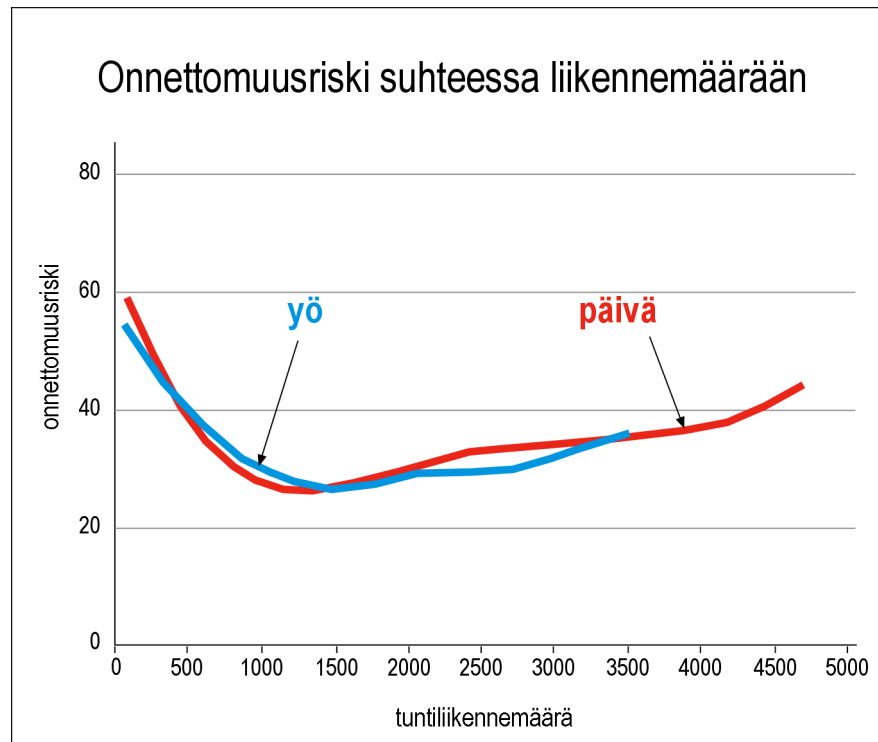
Edellä mainittu tarkoittaa käytännössä sitä, että ajoneuvoa kohden tapahtuu vähemmän onnettomuuksia, kun liikennemäärä kasvaa. Ajoneuvoihin suhteutettu onnettomuusriski toisin sanoen vähenee, kun liikennemäärä kasvaa. Lord et al. (2005) todisti kaikkien onnettomuuksien kokonaismäärän kasvavan hidastuvalla nopeudella sekä maaseutumaisilla että kaupunkimaisilla tieosuuksilla suhteessa liikennemäärän kasvuun.

Qin et al. (2004) totesivat myös, ettei vuorokauden kokonais-onnettomuusmäärän ja liikennemäärän suhde ole lineaarinen eikä riski vakio. Yhdysvaltalaisia maantietiesegmenttejä käsittelevässä tutkimuksessa ainoa onnettomuustyyppi, jossa suhde oli lineaarinen, olivat kahden tai useamman ajoneuvon väliset kohtaamisonnettomuudet. Muut tutkimuksessa käytetyt onnettomuustyyppit olivat yksittäisonnettomuudet, kahden tai useamman ajoneuvon saman suunnan onnettomuudet ja kahden tai useamman ajoneuvon risteävät onnettomuudet. (Qin et al. 2002). Suomen yleisten teiden aineistoista vastaavaa tulosta ei ole todennettu.

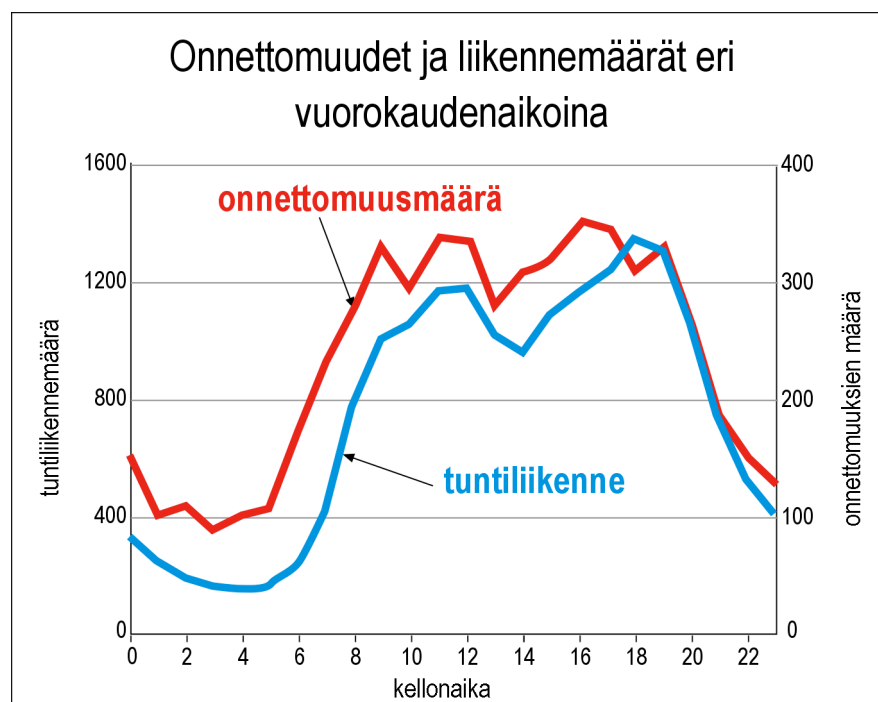
Onnettomuusriski on käsitteenä ongelmallinen, sillä sitä on käytetty eri tutkimuksissa hieman eri tavoin. Onnettomuusriskin yleisin määritelmä on onnettomuuksia/vuosi/ 10^8 ajoneuvokm (Lord et al. 2005), jota myös tässä raportissa on käytetty.

Peltola ja Rajamäki (2005) tutkivat keskimääräisen vuorokausiliikennemäärän (KVL) suhdetta henkilövahinko-onnettomuuden ja kuoleman riskiin suomalaisilla teillä yhtäältä asutuksen kohdilla ja toisaalta maaseudulla. Tutkimuskohteena olivat yleisten teiden liittymien väliset tiejaksot, joilla oli tiekohtainen nopeusrajoitus. Tarkastelusta rajattiin pois yhdystiet, yleisten teiden liittymiä sisältäneet homogeeniset tiejaksot sekä valaistut jaksot ja tiet, joilla kevyt liikenne oli eroteltu. Tutkimustulokset vastasivat kansainvälisiä tuloksia. Henkilövahinko-onnettomuuden riski (heva-onn./ 100 milj. ajoneuvokm) väheni sekä asutuksen ympäröimillä että maaseudun teillä keskivuorokausiliikennemäärän kasvaessa. Riskit ovat kautta linjan hieman suurempia asutuksen ympäröimillä teillä kuin maaseututeilla. (Peltola ja Rajamäki 2005.)

Kuolemanriskin osalta tulokset olivat täysin käänteisiä. Liikennemäärän kasvessa kuolemanriski kasvaa sekä asutuksen ympäröimillä että maaseutumaisilla teillä. Kuoleman riskit ovat hieman suurempia asutuksen ympäröimillä teillä kuin maaseututeilla, mutta ero on pieni KVL:n ollessa suuri, eli yli 6000 ajoneuvoa. (Peltola ja Rajamäki 2005.)



Kuva 5. Onnettomuusriski (kaikki onnettomuudet/ 10^8 ajoneuvo-km) ja liikennemäärä öisin ja päivisin ranskalaisilla moottoritieseegmenteillä. (Martin 2002)



Kuva 6. Onnettomuuksien määrä ja liikennemäärä vuorokaudenajan mukaan esitettynä ranskalaisilla moottoritieseegmenteillä vuosina 1997 ja 1998. (Martin 2002)

Onnettomuusriskin ja tuntiliikennemäärän välille on todennettu U-kirjaimen muotoinen suhde liikennevirran soluessa vapaissa olosuhteissa (Lord et al. 2005, Martin 2002, Ceder & Livneh 1982, jota referoinut Golob et al. 2004). Kuvassa 5 on esitetty tuntiliikennemäärän ja onnettomuusriskin välinen suhde ranskalaisilla moottoritiesegeinteillä (Martin 2002). Suhteessa ei näytä olevan eroja yön ja päivän välillä, kun tarkastelu tehdään tuntitasolla. Viikonloppuisin onnettomuusriski on korkeampi tuntiliikenteen ollessa alle 1000 ajoneuvoa ja viikolla suurilla (yli 2500 ajon.) tuntiliikennemäärillä. Onnettomuusriskin on todettu olevan korkeampi ruuhkaantuneissa kuin vapaissa olosuhteissa (Golob et al. 2004).

Tarkasteltaessa onnettomuusmäärien (kaikki onnettomuudet/vuosi) tuntivaihtelua suhteessa vuosittaiseen tuntiliikennemäärään, löydetään voimakas korrelaatio. Kuvassa 6 on esitetty tuntiliikennemäärä ja vuosittainen onnettomuusmäärä valituilla 2000 kilometrin tiesegmenteillä Ranskan taajamien ulkopuolella sijaitsevilla moottoriteillä vuosina 1997 ja 1998. Kuvasta voi päätellä, että liikenteen määrä selittää voimakkaasti onnettomuuksien kokonaismäärää. (Martin 2002)

3.2.3 Liikennemäärä ja muut liikennevirran ominaisuudet, onnettomuustyyppien riski ja vakavuus

Qin et al. (2005) tarkasteli onnettomuusriskin (kaikki onnettomuudet) ja vuorokauden liikennemäärän välistä suhdetta onnettomuustyyppittäin yhdysvaltaisilla moottoritiesegeinteillä saaden seuraavia tuloksia:

- ajoneuvolle yksittäisonnettomuuksien määrä suhteessa liikennesuoritteeseen (riski) on suurin pienillä liikennemäärillä ja se vähenee liikennemäärien kasvaessa.
- ajoneuvolle usean ajoneuvon saman suunnan onnettomuuksien määrä suhteessa suoritteeseen (riski) on pienin alhaisilla liikennemäärillä ja se kasvaa liikennemäärien kasvaessa.
- usean ajoneuvon kohtaamisonnettomuuksien riski kasvaa lähes lineaarisesti liikennemäärän kasvaessa.

Peltolan ja Rajamäen (2005) yleisten teiden liittymien välisiä osuuksia koskevassa tutkimuksessa esille tuli seuraavat tulokset:

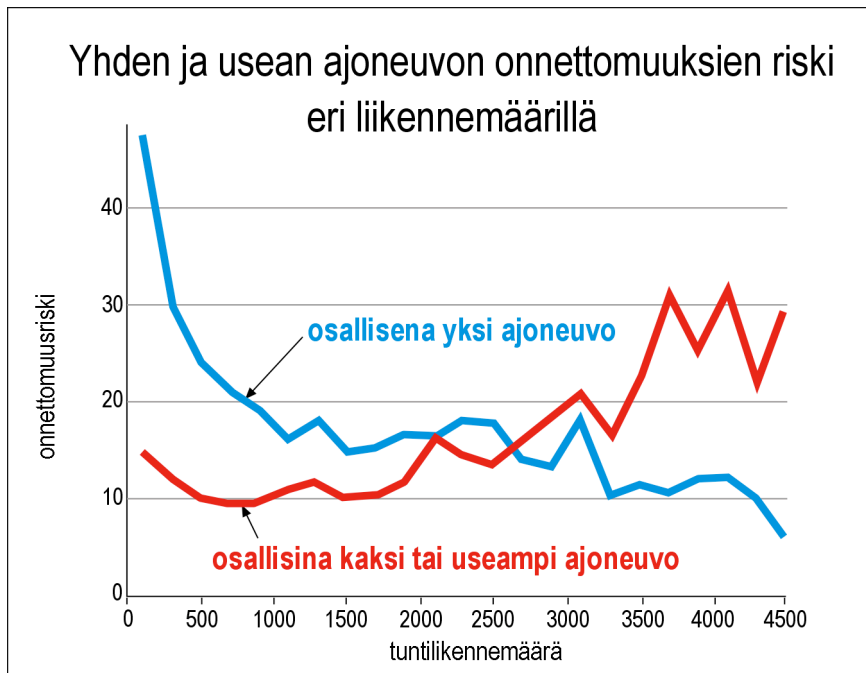
- yksittäisonnettomuuden heva-riski on suurin pienillä liikennemäärillä ja se vähenee liikennemäärien kasvaessa sekä maaseudun että asutuksen ympäröimillä teillä.

- Ohitus- ja kohtaamisonnettomuuksien heva-riski on pienin pienillä liikennemäärillä ja kasvaa liikennemäärien kasvaessa sekä maaseudun että asutuksen ympäröimillä teillä.
- Kääntymis-, risteämis- ja peräänajo-onnettomuuksien ja kevyen liikenteen onnettomuuksien heva-riskin muutossuunta ei liikennemäärien muuttuessa ole selkeä ja yhtenäinen maaseudulla eikä asutuksen ympäröimillä teillä.

Martin (2002) teki samantyyppisiä havaintoja tutkiessaan onnettomuusriskiä ja tuntiliikennemääriä. Pienillä liikennemäärillä suurin osa onnettomuuksista on yksittäisonnettomuuksia. Ranskan moottoriteitä koskevassa aineistossa liikennemäärän kasvaessa yli 2000–3000 ajoneuvon/tunti, kaksi tai useampia ajoneuvoja käsittävien onnettomuuksien määrä ja onnettomuusriski kasvaa yksittäisonnettomuuksia suuremmaksi. U:n muotoinen käyrä, joka kuvaa onnettomuusriskiä tuntiliikennemäärän funktiona (kuva 7) muodostuu kahden tekijän kombinaatiosta: yksittäisonnettomuusriski vähenee loiventuen tuntiliikennemäärän kasvaessa, ja kahden tai useamman ajoneuvon onnettomuusriski puolestaan kasvaa tuntiliikennemäärän kasvaessa (Martin 2002). Suurin kokonaisonnettomuusriski ei toteudu huippuliikennemäärän tilanteessa, vaan ennen kuin ajoneuvotiheys on saavuttanut kapasiteetin puolesta optimaalisen tilanteen (Garber & Subramanyan 2001, referoinut Golob et al. 2004).

Martinin (2002) moottoritiesegmenttejä koskevassa tutkimuksessa tarkasteltiin myös onnettomuuden vakavuutta mittarilla henkilövahinko-onnettomuus vai ei. Tuloksena oli, että kaistojen määrä ei vaikuttanut onnettomuuksien vakavuuteen, mutta yöllä tapahtuneet onnettomuudet olivat 1,17 kertaa vakavampia kuin päivällä tapahtuneet, ja hiljaisen liikenteen (alle 400 ajon/h) aikana tapahtuneet 1,14 kertaa vakavampia kuin keskimääräisessä liikenteessä tapahtuneet onnettomuudet. (Martin 2002.)

Yhden auton onnettomuuksista noin kymmenesosa johti ranskalaisilla moottoritiesegmenteillä henkilövahinkoon kaikissa tuntiliikenneluokissa. Usean auton onnettomuuksien kohdalla tilanne oli toinen. Kahden auton ja kolmen tai useamman auton onnettomuuksista vähäisen liikenteen aikana suurempi osa johti henkilövahinkoon kuin vilkkaamman liikenteen ajetuista onnettomuuksista. Todennäköisesti vähäisen liikenteen aikana tapahtuneissa onnettomuuksissa ajonopeudet ovat olleet suurempia. (Martin 2002.)



Kuva 7. Yksittäis- ja usean auton onnettomuuksien onnettomuusriski (kaikki onnettomuudet/ 10^8 ajoneuvokm) tuntiliikenteen funktiona ranskalaisilla moottoritie-segmenteillä. (Martin 2002)

Martin (2002) päätteli, että:

- Onnettomuusmäärä suhteessa liikennesuoritteeseen (riski) on suurin sekä peltikolareissa että heva-onnettomuuksissa vähäisillä tuntiliikennemäärillä ja pienin 1000–1500 ajoneuvoa/h liikennemäärillä.
- Vähäisen liikenteen vallitessa onnettomuuksien määrä on suurempi 3-kaistaisella kuin 2-kaistaisella moottoritieellä ja viikonloppuisin.
- Onnettomuuksien vakavuusaste (henkilövahinko-onnettomuuksien osuus) on suurempi vähäisten liikennemäärien vallitessa (alle 400 ajon/h) ja kun onnettomuuteen osallistuu useampia ajoneuvoja.

Suomen yleisillä teillä kohtaamisonnettomuuksia tapahtuu yksittäisonnettomuuksia vähemmän, mutta ne ovat useammin kohtalokkaita kuin yksittäisonnettomuudet. Kaikkien yleisten teiden kohtaamisonnettomuuksien vakavuus on 30 kuollutta/100 henkilövahinko-onnettomuutta, kun yksittäisonnettomuuden vakavuus on 6 kuollutta/100 heva-onnettomuutta. (Peltola ja Rajamäki 2004.)

Peltolan ja Rajamäen (2005) yleisten teiden liittymien välisiä osuuksia koskevassa tutkimuksessa riski sekä loukkaantua että kuolla yksittäisonnettomuudessa maaseutumaisilla teillä on suurin

pienillä liikennemäärillä ja pienin suurilla liikennemäärillä. Asutuksen ympäröimillä teillä yksittäisonnettomuudessa kuolemisen riski näyttää olevan pienin KVL:n ollessa keski-suuri 3000–6000 ajoneuvoa/vrk, mutta heva-onnettomuuden riski on suurin pienillä liikennemäärillä ja pienenee liikennemäärien kasvaessa. Sekä henkilövahinko-onnettomuuden että kuoleman riski ohitus- ja kohtausonnettomuudessa kasvaa liikennemäärien kasvaessa sekä asutuksen ympäröimillä että maaseutumaisilla teillä. (Peltola ja Rajamäki 2005.)

Liikenteen vaihtelua voidaan kuvata ja tarkastella vaihtelun vaikutuksia onnettomuusriskiin monilla tavoin. Tarkasteluja on tehty ainakin kuormitusastetta (liikennemäärän ja tien teoreettisen kapasiteetin suhde), liikennetiheyttä ja palvelutasoluokkia käyttäen.

Kuormitusasteen (liikennemäärä jaettuna tien teoreettisella kapasiteetilla) ja onnettomuusriskin (kaikki onnettomuudet) välisen suhteen on todennettu olevan maaseutumaisia maantie- ja moottoritiesegettejä tutkittaessa U-kirjaimen muotoinen. Myös laskeva onnettomuusriski kuormitusasteen funktiona on todennettu eräissä tutkimuksissa. Palvelutasoluokkien (A–F) kohdalla on todettu sekä onnettomuuksien määrän että onnettomuusriskin kasvavan, kun palvelutasoluokka heikkenee. (Lord et al. 2005). Jos tarkastelussa olisi kuolemanriski, olisivat tulokset todennäköisesti toisenlaisia.

Yleisesti voidaan sanoa, että kuormitusasteen ja liikennetiheyden (ajoneuvoja/km) kasvaessa yksittäisonnettomuuden riski vähenee, mutta usean ajoneuvon onnettomuuden riski kasvaa. Liikennetiheyden ja kuormitusasteen kasvu johtaa siihen, että onnettomuudet jäävät seurauksiltaan lievemmiksi (ts. suhteessa vähemmän henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia). (Lord et al. 2005.)

Lord et al. (2005) esittää johtopäätöksenä, että yksittäis- ja monen ajoneuvon onnettomuudet tulisi mallintaa erillisesti. Lisäksi Lord et al. (2005) esittää, että onnettomuusriskiä ei saisi tarkastella vain liikennemäärien perusteella, vaan myös muut liikennevirran ominaisuudet, kuten kuormitusaste ja liikennetiheys ovat oleellisia.

Tarkasteluilla, joissa onnettomuusmääriä suhteutetaan liikennemääriin ja -suoritteisiin, on omat käyttöalueensa, esimerkiksi erilaisten tietyyppien turvallisuusominaisuuksien vertailut. Kansanterveyden kannalta liikenteen henkilövahingot ja kuolemat tulisi suhteuttaa väkilukuun. Tällöin mielenkiinnon kohteeksi nousee pikemminkin, kuinka liikennekuolemien ja vakavien vammautumisten kokonaismäärän käy, kun liikenne kasvaa.

3.2.4 Tien ominaisuudet, ajonopeus, onnettomuusriski ja onnettomuustyyppit

Peltola ja Rajamäki (2005) tutkivat muun muassa tienvarsiasutuksen, nopeusrajoitusten, päällystelevyyden, mäkisyyden, kaarteisuuden, liittymien määrän ja näkemien vaikutusta kuoleman riskeihin Suomen yleisillä teillä. Tutkimuksen laatijat toivat esille tekijöiden voimakkaan korrelaation, joka vaikeuttaa tulosten tulkin-taa. Monet tarkasteluista on jouduttu tekemään tekijä kerrallaan. (Peltola ja Rajamäki 2005.)

Tutkimuksen tuloksista voidaan kuolemanriskien osalta lyhyesti vetää yhteen seuraavia johtopäätöksiä (Peltola ja Rajamäki 2005):

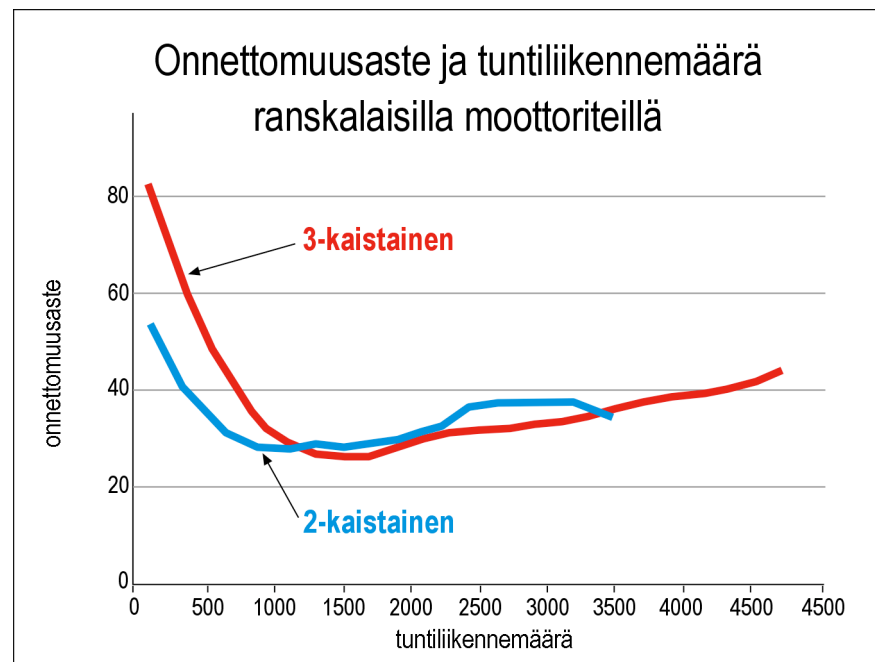
- Mäkisyys ja kaarteisuus yksittäisinä tekijöinä eivät näytä olevan yhteydessä suuriin kuolemanriskeihin.
- Hyvät näkemät näyttävät olevan yhteydessä alhaisempiin kuolemanriskeihin maaseudulla, mutta asutuksen kohdalla yhteys näyttäisi olevan päinvastainen.
- Liittymien merkitys on suurin asutuksen läheisyydessä. Kuoleman riskiä lisää sivutien suuri osuus liittymän liikenteestä ja X-liittymät.
- Kuolemanriski näyttää kasvavan liikennemäärän kasvaessa. Suurimmat kuoleman riskit tulevat nykytilassa olosuhteista: suuri KVL, harvahko asutus ja 100 km/h nopeusrajoitus tai pienehkö KVL, tiheä tienvarsiasutus ja 80 km/h nopeusrajoitus.

Abdel-Atyn ja Radwan (2000) tutkimuksessa selvisi, että suuri liikennemäärä, ylinopeudet, kapea kaistan leveys, suuri kaistojen määrä, tien sijainti kaupunkialueella ja muutamat muut tien ominaisuudet kasvattavat onnettomuuteen joutumisen todennäköisyyttä yleisesti. Liikennemäärä osoittautui tekijöistä merkittävimmäksi. Myös naisten ja miesten välillä on eroja. Miehillä on enemmän taipumusta joutua onnettomuuteen ajaessaan ylinopeutta, ja naisilla puolestaan useakaistaisilla teillä, kapeilla kaistoilla sekä liikennemäärien ollessa suuria. Iäkkäiden onnettomuuteen joutumista selittivät suuret liikennemäärät, nuorten taas ylinopeus ja teiden mutkaisuus.

Abdel-Aty ja Radwan (2000) referoivat Milton ja Mannering (1996) tutkimusta, jonka mukaan kaistojen määrä ennustaa merkittävästi onnettomuustiheyttä. Kaistojen määrän lisääntyminen kasvattaa onnettomuustiheyttä. Tien mutkaisuuden kasvun on todettu lisäävän onnettomuusriskiä. Tutkimuskohteena olivat yhdysvalta-

laiset maaseutumaiset maantiet. Tutkimuksissa ei otettu kantaa kaistojen määrän ja kuolemanriskin väliseen yhteyteen.

Kuvassa 8 on esitetty tiesegmenttien perusteella määritetty onnettomuusriski (kaikki onnettomuudet/ 10^8 ajoneuvo-km) ja tuntiliikennemäärä ranskalaisilla moottoriteillä, joilla on kaksi ja kolme kaistaa/ ajosuunta. Kuvasta huomataan, että suhde ei ole lineaarinen. Pienillä liikennemäärillä onnettomuusriski on korkeampi 3-kaistaisilla kuin 2-kaistaisilla teillä. Onnettomuusriskissä on nähtävissä saturaation tyyppinen ilmiö, kun tuntiliikennemäärä ylittää 3000 ajoneuvoa/h. Jos tarkastellaan vain peltikolareita, käyrien muoto on muuten sama, mutta muodot jyrkemmät. Päivä- ja yöliikenteessä eroja ei käytännössä ole, jos liikennemäärä on alle 3400 ajoneuvoa/h. Tätä suurempia yöliikennemääriä ei pystytä tarkastelemaan luotettavasti, koska havaintoja ei ole riittävästi. Tosin kaksi- ja kolmikaistaisten tiesegmenttien aineistoissa on eroja. Kolmikaistaisessa moottoritieaineistossa on keskimääräistä suurempi liikennemäärä ja enemmän raskasta liikennettä. (Martin 2002)



Kuva 8. Onnettomuusriski (kaikki, myös ei henkilövahinkoon johtaneet onnettomuudet/ 10^8 *ajoneuvo-km) ja tuntiliikennemäärä ranskalaisilla maaseutumaisilla moottoritiesegmenteillä. (Martin 2002).

Yhdysvalloissa on tehty ensimmäisiä yrityksiä laatia reaaliaikainen onnettomuusriskitason monitorointityökalu. Työkalu käyttäisi suomalaisia LAM-pisteitä vastaavien tiehen asennettujen silmukoiden liikennetietoa, jonka perusteella ennustettaisiin onnettomuusriskitaso. Tätä varten tutkimusryhmä laati kahdeksan kuvausta liikennevirran tilasta, jotka vaihtelivat eri sää- ja valaistusolosuhteis-

sa. Erityyppisten onnettomuuksien riskiä tarkasteltiin eri olosuhteissa. Onnettomuusriski oli suurempi ruuhkatilanteissa kuin jonoutuvan liikenteen tai vapaan liikenteen tilanteessa. Tutkimusasetelmassa onnettomuudet on jaettu henkilövahinko-onnettomuuksiin ja niihin, jotka eivät johda henkilövahinkoihin. Kuolemanriskiä ei tarkasteltu erikseen. (Golob et al. 2004, Golob & Recker 2004). Suomalaisten tulosten mukaan henkilövahingon ja kuoleman riski vaihtelevat esimerkiksi liikennemäärän mukaan hyvin eri tavoin.

Ajonopeus vaikuttaa liikenneturvallisuuteen kahdella tavalla, sekä riskiin joutua onnettomuuteen että sen vakavuuteen. Onnettomuuden sattua sen seuraukset ovat melko suorassa suhteessa törmäyksessä vapautuvan liike-energian määrään. Onnettomuuteen osallisten ihmisten loukkaantumiseen vaikuttavat toki useat asiat. Nopeuden ja onnettomuusriskin suhde sen sijaan on monimutkainen. (Aarts & van Schagen 2006.)

Ajonopeuden ja onnettomuusriskin välistä suhdetta voidaan tutkia tarkastelemalla yksittäisten ajoneuvon nopeutta tai tieosuuden keskinopeuksia. Onnettomuusriski tietyllä tiellä kasvaa sekä yksittäisen ajoneuvon että keskimääräisen nopeuden lisääntyessä. Molemmilla tavoilla tarkasteltuna onnettomuusriskin kasvu (kaikki onnettomuudet) on hitainta korkealuokkaisilla teillä. Ongelma siis korostuu taajamateillä ja pienillä teillä. (Aarts & van Schagen 2006.)

Yksittäisiä ajoneuvoja tutkittaessa on havaittu, että nopeasti liikkuvilla ajoneuvoilla on suurempi riski joutua onnettomuuteen kuin keskimääräistä nopeutta ajavilla. Aikaisempien tutkimusten mukaan myös ajaminen huomattavasti keskimääräistä hitaammin lisää riskiä joutua onnettomuuteen, mutta uusimmissa tutkimuksissa, joissa tutkimusasetelmat ovat kehittyneet, tätä yhteyttä ei enää ole löydetty. (Aarts & van Schagen 2006.)

Tiejaksojen tasolla tarkasteltuna onnettomuusriskin ja keskinopeuden suhteesta löytyy nyrkkisääntö: prosentin kasvu nopeudessa lisää onnettomuusriskiä kolme prosenttia. Suhteen on todettu toimivan parhaiten 90–120 km/h nopeuksissa. Nopeuden vaikutus kuolemanriskiin on vielä voimakkaampi. Kyseessä on luonnollisesti vain nyrkkisääntö, sillä oikeasti suhde riippuu myös tien ja liikenteen ominaisuuksista. Keskinopeuden lisäksi esimerkiksi nopeuden hajonnalla on vaikutusta onnettomuuksien sattumiseen. (Aarts & van Schagen 2006, Golob et al. 2004.)

4 Oulun seudun liikenne ja onnettomuudet

Tässä luvussa kuvataan Oulun seudun liikennettä, seudulla tapahtuneita liikenneonnettomuuksia ja etsitään erityisesti näiden välisiä riippuvuussuhteita. Oulun tiepiiristä on saatu käyttöön onnettomuusrekisteri, joka kattaa yleisten teiden liikenneonnettomuudet vuodesta 1990 vuoteen 2004. Koska yhdenmukainen onnettomuustieto on saatu vain yleisistä teistä, on myös liikenteen kehitystä kuvattu yleisten teiden kautta. Kaikki luvussa 4 esitetyt luvut koskevat arkipäiviä, eli viikonpäiviä maanantaista perjantaihin ja yleisiä teitä. Luvussa 5 esitetyissä tulevaisuuskuvien liikennetarkasteluissa on mukana myös katuverkko.

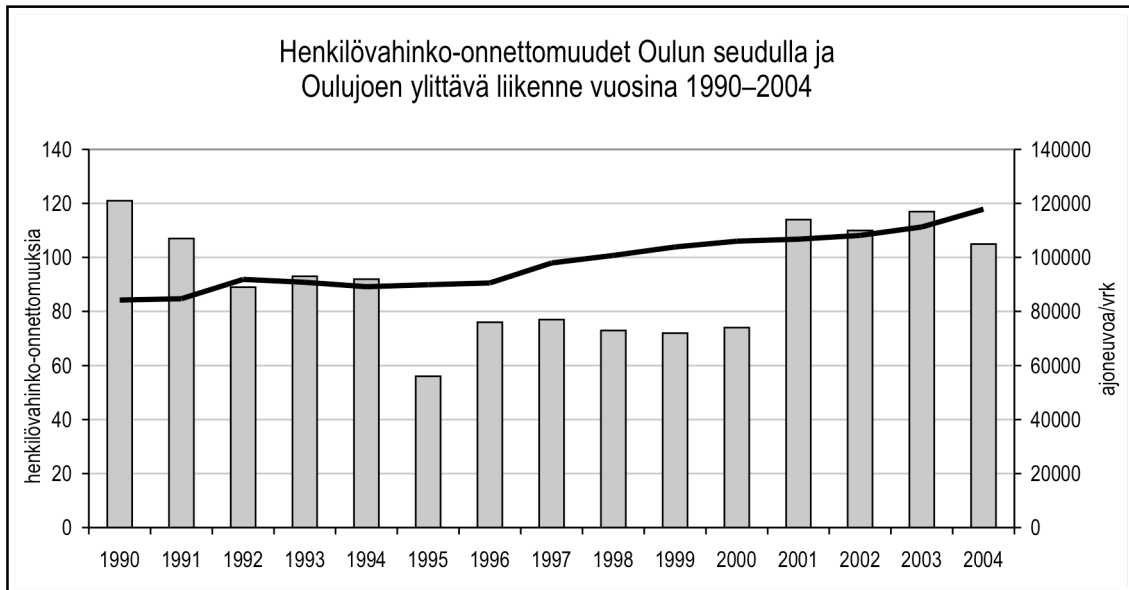
4.1 Liikenteen kehitys ja onnettomuushistoria

Kuvassa 9 on esitetty Oulun seudun yleisten teiden onnettomuuskehitys (heva-onnettomuudet) vuodesta 1990 peilaten sitä vastaavan ajanjakson liikennemäärien kehitykseen. Onnettomuusmäärän liikennemäärästä selvästi poikkeava vaihtelu osoittaa, että tilastoinnissa on jakson aikana tapahtunut muutoksia. Näin ollen vuotuisten onnettomuusmäärien ja liikenteen kasvun yhteyttä ei voida aineiston perusteella luotettavasti tarkastella.

Onnettomuuskehitys vuoteen 2000 noudattaa valtakunnallista trendiä, jossa onnettomuusmäärä on saatu vähenemään liikenteen kasvusta huolimatta. Selvästi poikkeava vuosi tässä jaksossa on 1995.

Ajanjaksolla on tapahtunut tilastoinnin muutoksia, joka tekee tarkastelun ongelmalliseksi. Vuonna 1985 poliisin onnettomuuksien ilmoituslomakkeisto uusittiin ja vuoden 1995 alusta lähtien poliisin tietoon tulleet onnettomuudet on toimitettu sähköisesti Tiehallinnolle. Vuonna 2001 otettiin käyttöön poliisilta tulleiden onnettomuustietojen korjaaminen ja täydentäminen. Myös määritelmässä on tapahtunut pieniä muutoksia 2000-luvulla.

Vaikka yhtenä tavoitteena oli löytää liikenteen ja onnettomuustietojen riippuvuustekijöitä toteutumatiетоjen perusteella, onnettomuushistoriajaksoa vastaavia liikennemallijärjestelmän kuvauksia ei lähdetty tässä yhteydessä tekemään, koska tilastoinnin muutokset ei mahdollista varmojen johtopäätösten tekemistä.



Kuva 9. Onnettomuusrekisterin heva-onnettomuuksien määrä Oulun seudun yleisillä teillä ja Oulujoen ylittävä liikenne Oulun kaupungin laskentapisteissä vuosina 1990–2004. Onnettomuuksien tilastoinnissa on tapahtunut ajanjaksolla muutoksia.

4.2 Liikenteen ja onnettomuuksien tuntivaihtelu yleisillä teillä

Edellä kuvattua aikasarjaa 1990–2004 ei voitu tutkia absoluuttisten onnettomuusmäärien kautta. Sen sijaan päädyttiin tutkimaan liikenteen ja onnettomuuksien vaihtelun suhdetta vuorokauden sisällä tunneittain.

Liikenteen tuntivaihtelua tutkittiin seudun LAM-pisteiden havaintojen perusteella. Liikenteen tuntivaihtelukäyrän muoto on säilynyt lähes identtisenä koko tarkastelujakson ajan. Kuvissa 10 ja 11 on esitetty keskimääräisen arkivuorokauden liikennemäärän tuntivaihtelu, joka on määritetty neljän LAM-pisteen keskiarvona. LAM-pisteet sijaitsevat valtatiellä 4 Oulujoen sillalla ja Kempeleen keskustan kohdalla, valtatiellä 22 Maikkulassa (Oulu) sekä valtatiellä 20 Ruskossa (Oulu). Oulun seudun yleisten teiden liikenneonnettomuuksien tapahtumahetki saatiin onnettomuusrekisteristä tunnin tarkkuudella.

Kuvissa 10 ja 11 on esitetty liikennemäärän ja onnettomuuksien tuntivaihtelu. Pylväät ja käyrä on skaalattu siten, että kunkin tunnin kohdalta on luettavissa tuntia vastaava suureen suhteellinen osuus. Kun onnettomuuspylväs ylittää liikennemääräkäyrän, on onnettomuusriski liikennemäärään suhteutettuna suuri. Tätä esiintyy erityisesti aamuyön tunteina, johon vaikuttanevat muun muassa pimeys ja kuljettajien väsymys. Iltapäivällä esiintyy myös jakso (12–14), jossa riskitaso näyttää olevan keskimääräistä korkeampi, vaikka

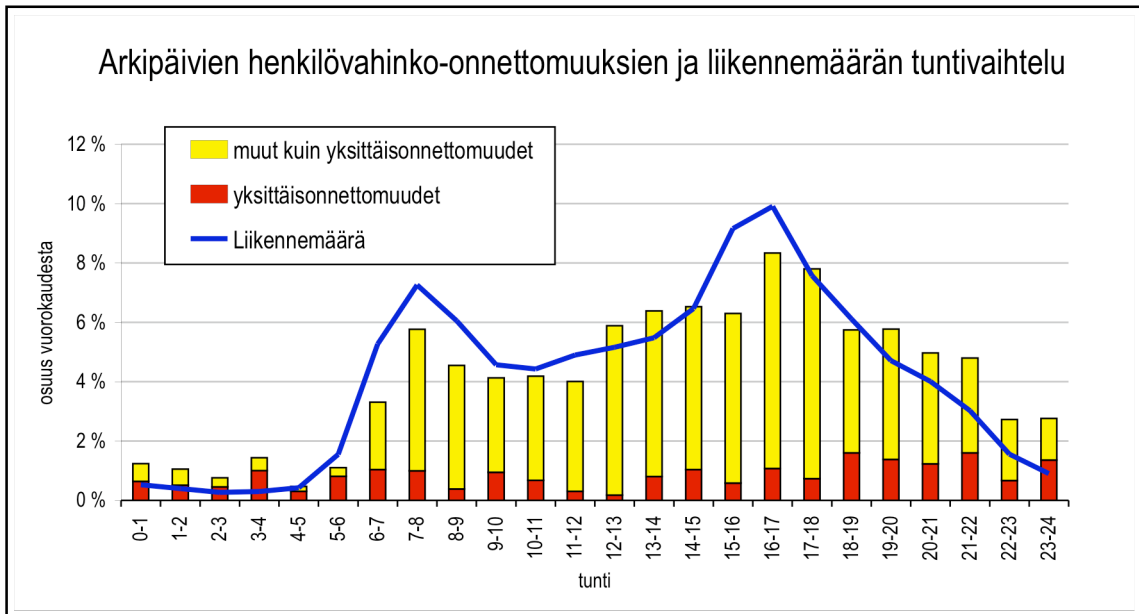
tällöin olosuhteiden pitäisi olla hyvät. Ilmiöön voi vaikuttaa esimerkiksi lounaan jälkeinen vireystason lasku. Illalla klo 19 jälkeen riskitaso nousee jälleen ja pysyy korkealla lähes aamuun saakka. Varsinaiset liikenteen ruuhka-ajat sen sijaan näyttävät selvimmin alempaa riskitasoa. Liikennemäärän ja onnettomuuksien tuntivaihtelukäyrien eroihin voisi olla ainakin seuraavia syitä:

- eri tunteina liikenteessä ovat erilaiset väestöryhmät, jotka eroavat taidoiltaan ja motivaatioiltaan,
- ruuhka-aikoina, erityisesti aamuruuhkassa, liikenteessä olevat ryhmät on taidoiltaan homogeenisempia kuin muina aikoina liikenteessä olevat ryhmät,
- eri vuorokauden aikoina olosuhteet ovat erilaiset ja
- kuljettajien vireystila vaihtelee eri vuorokauden aikoina.

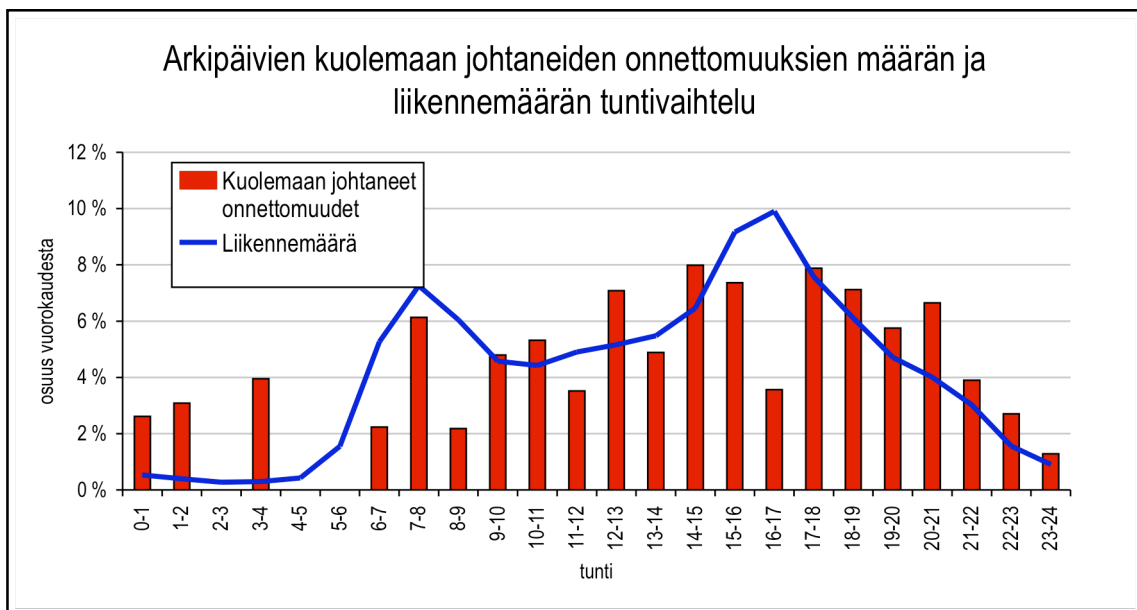
Edellä mainittujen lisäksi alkoholin vaikutuksen alaisena ajaminen vaikuttaa onnettomuusriskiin. Oulun seudun arkipäivien henkilövahinko-onnettomuuksista lähes seitsemässä prosentissa (69 kpl) kuljettaja oli alkoholin vaikutuksen alaisena. Arkipäivinä klo 22–04 välisenä aikana tapahtuneista henkilövahinko-onnettomuuksista lähes joka neljännessä kuljettaja oli alkoholin vaikutuksen alaisena. Päivällä klo 6–17 alkoholitapausten osuus oli 2–5 prosenttia. Oulun seudulla kuolemaan johtaneista onnettomuuksista alkoholitapauksia oli neljä. Nämä kaikki tapahtuivat klo 18–24 välisenä aikana.

Kuvassa 10 on erotettu yksittäisonnettomuudet pylvään alaosaan. Niiden vaihtelu eri tunteina on melko pientä. Hiljaisena aikana yksittäisonnettomuuksien osuus on luonnollisesti suuri kaikista onnettomuuksista, ja siten myös suhteellinen onnettomuusriski.

Verrattaessa kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien tuntijakaumaa liikennemäärän tuntijakaumaan nähdään vastaava perustrendi kuin kaikkien heva-onnettomuuksien kohdalla. Aamuyön tunteina onnettomuusriski korostuu edelleen; vastaavasti liikenteen huipputuntien aikana liikennekuolemien riski näyttäisi olevan pienimmillään. Kuvien perusteella voi tehdä alustavan tulkinnan, että liikenteen ruuhkautuminen ei korota liikennesuoritteeseen suhteutetun vakavan liikenneonnettomuuden riskiä. Voidaankin sitä vastoin tulkita jopa, että ruuhka-aikojen kapasiteettia lisäävät ja liikennettä nopeuttavat investoinnit voisivat heikentää liikenneturvallisuutta, kun mittarina ovat liikennekuolemat. Tällöin tarjotaan suurimmalle osalle liikennesuoritetta sujuvat, jopa vapaat olosuhteet, joka mahdollistaa nopeustason nousun, jos nopeuden kasvuun ei muilla toimenpiteillä puututa. Nopeuden kasvu edelleen lisää liikennekuolemia ja onnettomuuksien vakavuutta. Suomen liikenneturvallisuuden pitkän aikavälin tavoitteet on lähinnä sidottu liikennekuolemien määrän vähentämiseen.

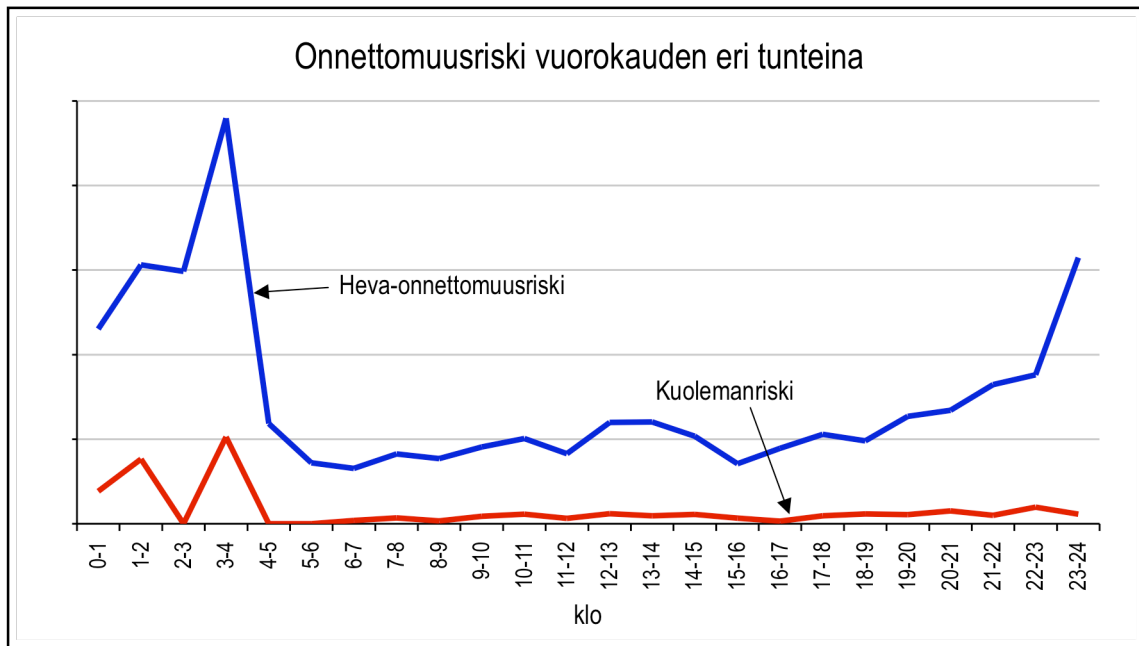


Kuva 10. Oulun seudun yleisten teiden onnettomuudet vuosina 1990–2004 (havaintoja 1023 kpl/15 v) tapahtumatunneittain ja LAM-pisteiden tuntivaihtelu.

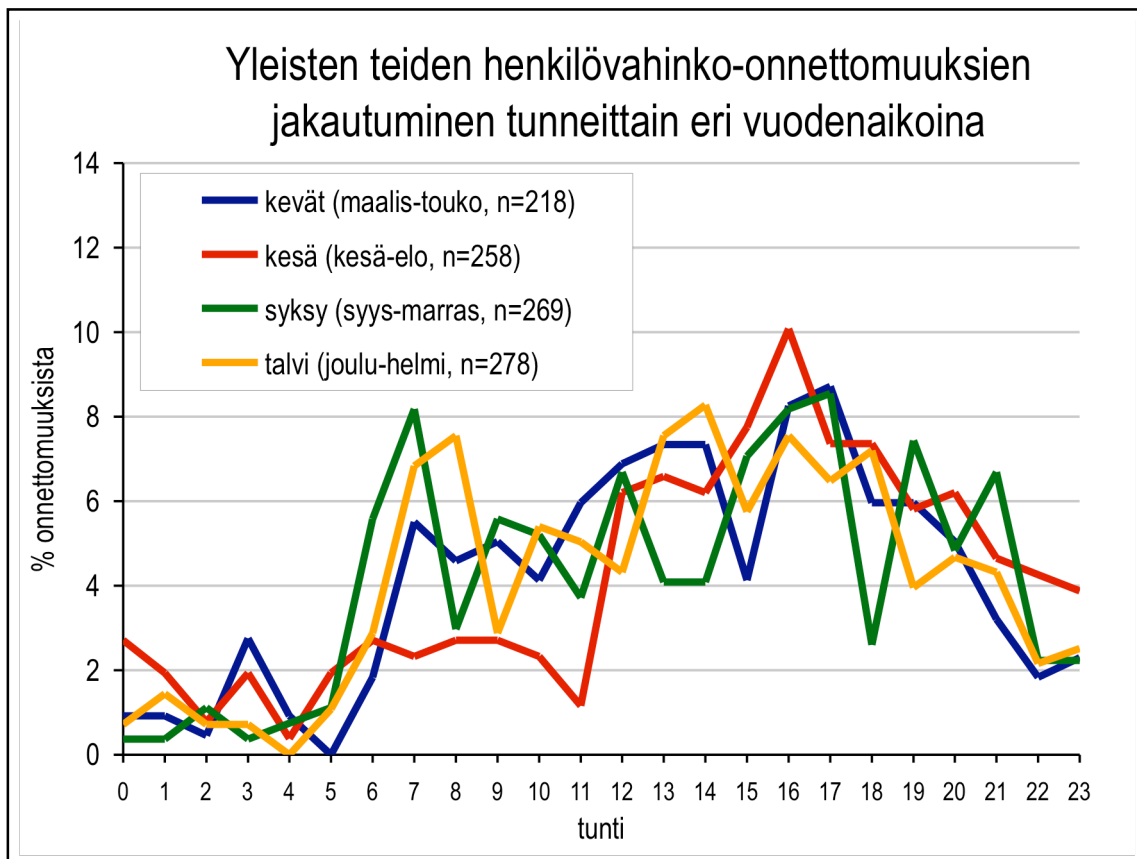


Kuva 11. Oulun seudun yleisten teiden kuolemaan johtaneet liikenneonnettomuudet vuosina 1990–2004 (havaintoja 88 kpl/15 v) tapahtumatunneittain ja LAM-pisteiden tuntivaihtelu.

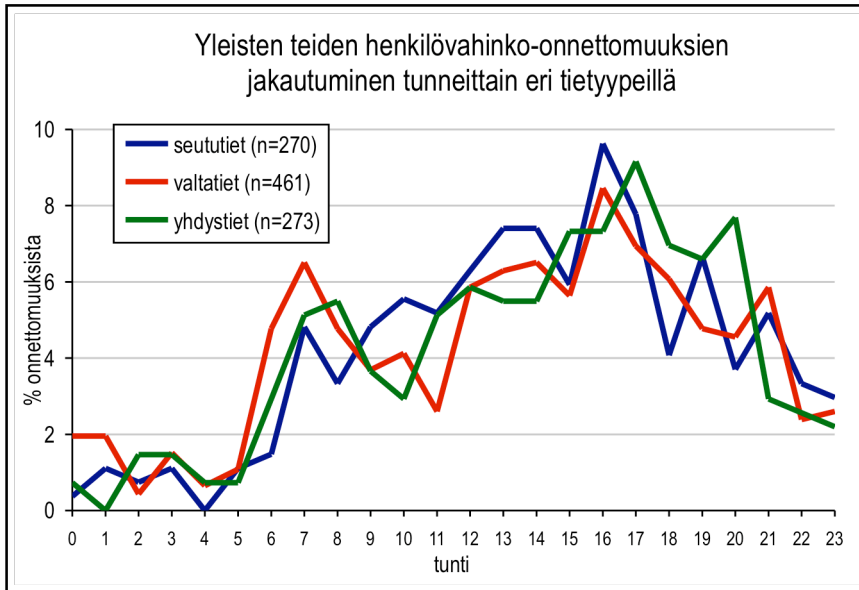
Kuva 12 havainnollistaa edelleen liikennemääriin suhteutettua onnettomuusriskiä eri vuorokaudenaikoina. Riski yön tunteina on merkittävästi suurempi kuin päivällä, jolloin taas riskitaso on lähes vakio. Asia kannattanee jatkossa selvittää tarkemmin.



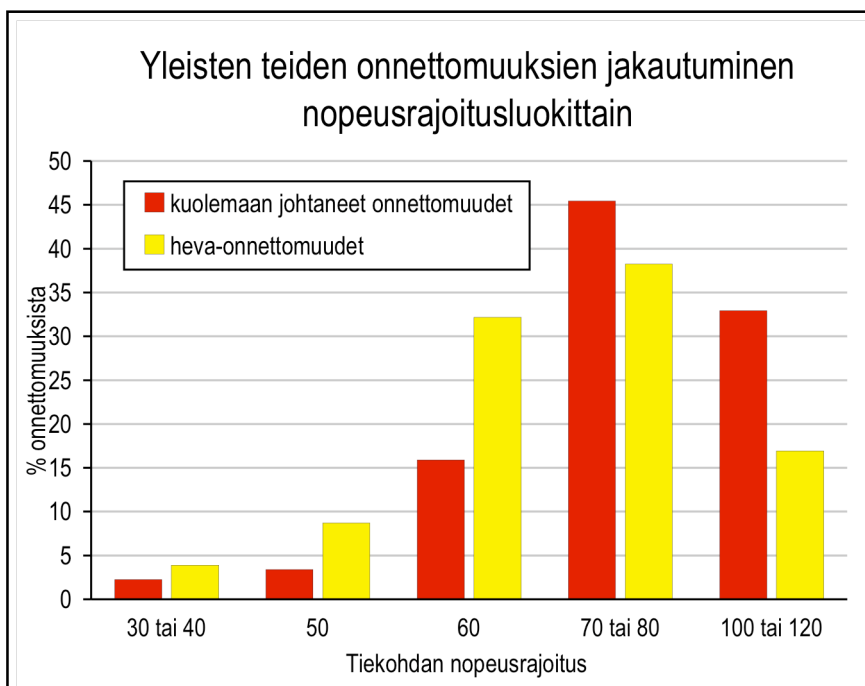
Kuva 12. Oulun seudun yleisten teiden tuntiliikennemäärään suhteutettu onnettomuusriski arkivuorokauden eri tunteina (1023 heva-onnettomuutta, joista 88 kuolemaan johtaneita)



Kuva 13. Oulun seudun yleisten teiden henkilövahinko-onnettomuudet tapahtumatunneittain eri vuodenaikoina vuosina 1990–2004 (havaintoja 1023 kpl/15 v.).



Kuva 14. Oulun seudun yleisten teiden heva-onnettomuudet tapahtumatunneittain seutu-, valta- ja yhdysteillä vuosina 1990–2004 (havaintoja 1004 kpl/15 v.).



Kuva 15. Oulun seudun yleisten teiden onnettomuudet nopeusrajoitusluokan mukaan vuosina 1990–2004 (havaintoja heva-onnettomuudet 1022 kpl/15 v ja kuolemaan johtaneet onnettomuudet 88 kpl/15 v.)

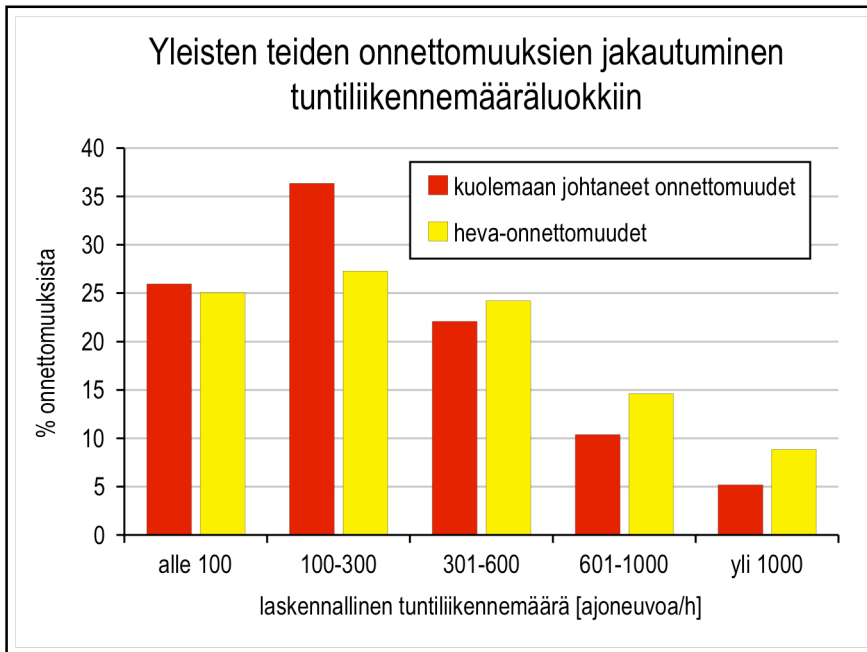
Kuvassa 13 on tarkasteltu henkilövahinko-onnettomuuksia tapahtumatunneittain arkipäivinä eri vuodenaikoina. Pistemäiset havainnot on havainnollisuuden vuoksi esitetty käyrinä. Kesä näyttää eroavan muista vuodenaajoista siten, että henkilövahinko-onnettomuuksista sattuu suurempi osa yöaikana ja aamun ruuhkatunnin aikainen piikki onnettomuuksissa puuttuu. Aineiston melko pienen koon vuoksi käyrien satunnaisvaihtelu on suurta.

Kuvassa 14 on tarkasteltu henkilövahinko-onnettomuuksien tuntivaihtelua seutu-, valta- ja yhdysteillä Oulun seudulla. Onnettomuuksien tapahtumatuntien tuntivaihtelukäyrien muoto eri tietyypeillä on sama. Pienet eroavaisuudet selittynevät satunnaisvaihtelulla. Kantateillä sattuneet 11 heva-onnettomuutta ja kahdeksan onnettomuutta, joiden sijainnista puuttui tieto, on jätetty tarkastelun ulkopuolelle. Kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien aineisto ei riittänyt kooltaan vastaavan tarkastelun tekemiseen.

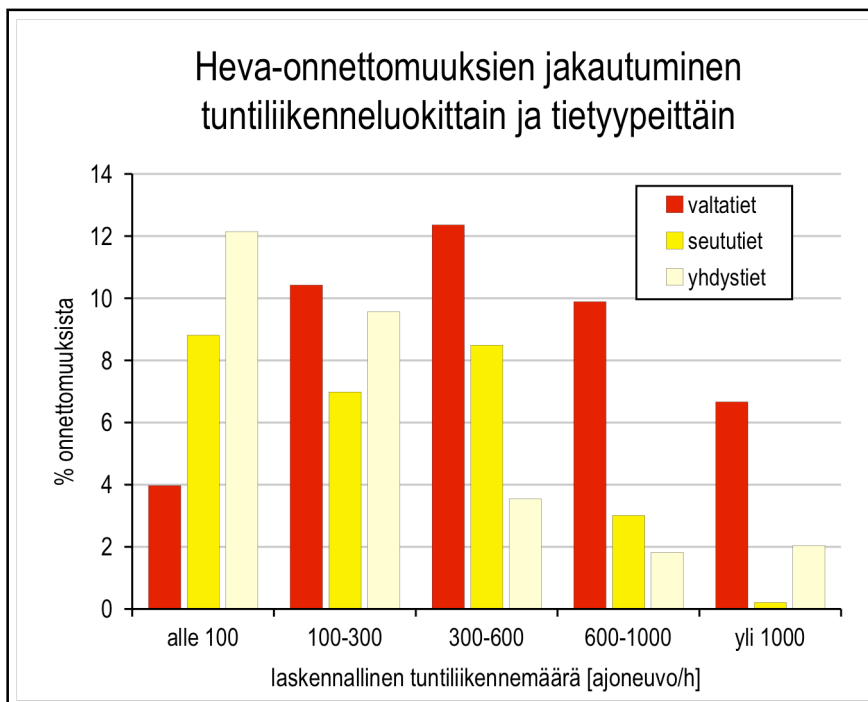
Vuosina 1990–2004 Oulun seudulla valta-, seutu- ja yhdysteillä tapahtuneista kuolemaan johtaneista onnettomuuksista noin kaksi kolmasosaa (55 kpl) tapahtui valtateillä ja loput (26 kpl) puoliksi seutu- ja kantateillä. Henkilövahinko-onnettomuuksista valtateillä tapahtui pienempi osuus kuin kuolemaan johtaneista onnettomuuksista, eli noin 46 prosenttia. Sekä seutu- että yhdysteiden osuus heva-onnettomuuksista oli noin 27 prosenttia. Kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien suurempaa osuutta valtateillä selittävät nopeus ja liikennemäärät.

Kuvalla 15 on havainnollistettu nopeuden merkitystä onnettomuuden vakavuuden selittäjänä. Kuolemaan johtaneista onnettomuuksista huomattavasti suurempi osuus tapahtuu 100 tai 120 km/h nopeusrajoitusluokissa kuin henkilövahinkoon johtaneista onnettomuuksista. Vastaavasti heva-onnettomuudet ovat kuolemaan johtaneita onnettomuuksia yleisempiä 60 km/h ja sitä alemmillä nopeusrajoituksilla.

Tiehallinnon onnettomuusrekisterissä on esitetty onnettomuusvuorokauden keskivuorokausiliikenne (KVL) onnettomuuden tapahtumavuodelta. Vuorokausiliikenne on tätä tutkimusta varten laskennallisesti jaettu tuntiliikenteeksi käyttäen keskimääräisen vuorokauden liikennemäärän tuntiosuuksia. LAM-pisteiden avulla määritetty vuorokauden liikennemäärän tuntivaihtelukäyrä on esitetty kuvassa 10. Liikenteen tuntivaihtelukäyrän muodon on näin oletettu olevan vakio erilaisilla tietyypeillä ja eri arkipäivinä, vaikkakin se yksinkertaistaa todellista tilannetta. Seuraavissa tarkasteleissa onnettomuuksien tapahtumista on verrattu tähän laskennalliseen tuntiliikenteeseen.



Kuva 16. Kuolemaan johtaneet ja henkilövahinko-onnettomuudet Oulun seudun yleisillä teillä arkipäivinä laskennallisten tuntiliikennemääräluokkien mukaan esitettynä. (938 heva-onn., joista 77 kuolemaan johtaneita).



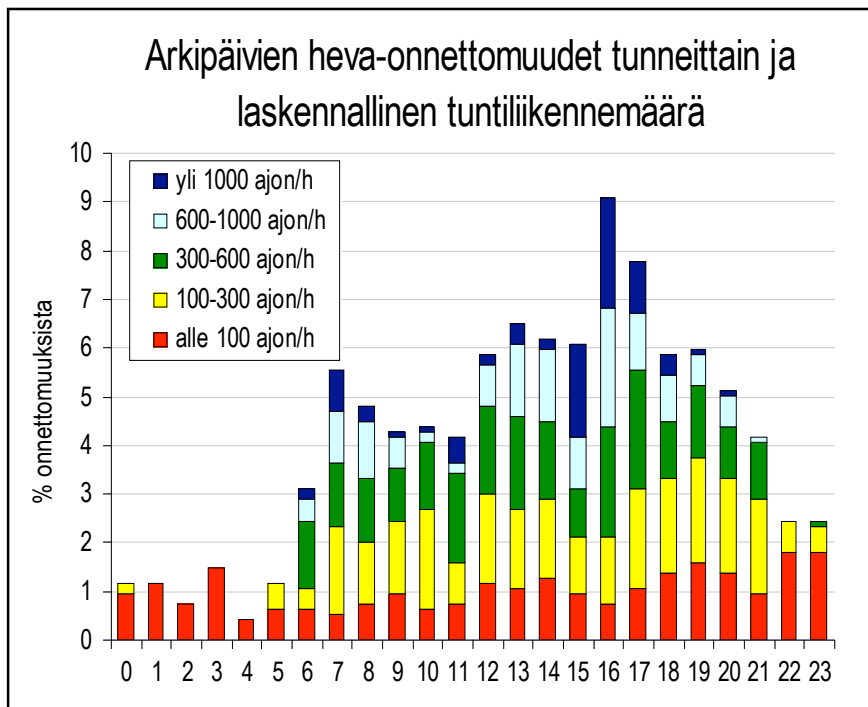
Kuva 17. Oulun seudun yleisten teiden arkipäivien heva-onnettomuudet laskennallisten tuntiliikennemääräluokkien mukaan esitettynä eri tietyypeillä. (938 heva-onn.)

Kuvassa 16 on esitetty Oulun seudun yleisten teiden kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien ja henkilövahinko-onnettomuuksien jakautuminen luokkiin arkena laskennallisen tuntiliikennemäärän perustella. Kuolemaan johtaneet onnettomuudet näyttävät tapahtuneen keskimäärin pienemmällä tuntiliikennemäärällä kuin henkilövahinko-onnettomuudet. Kuolemaan johtaneista onnettomuuksista yli 35 % on tapahtunut tuntiliikennemääräluokassa 100–300 ajoneuvoa/tunti. Osasta rekisterin havaintoja keskivuorokausiliikennemäärä puuttui, joten niitä ei voitu ottaa tarkasteluun mukaan.

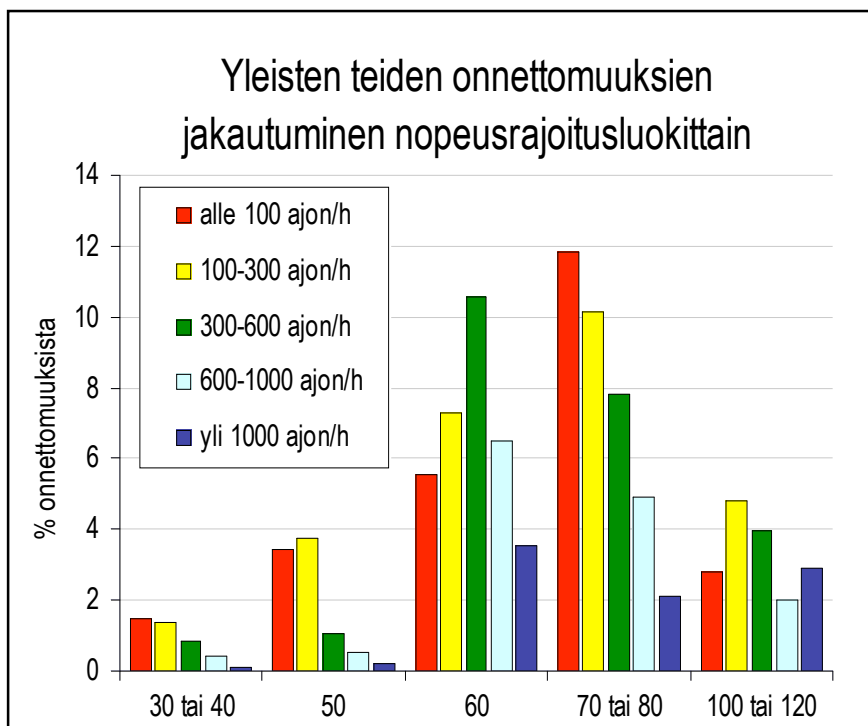
Kuvassa 17 on tarkasteltu Oulun seudun yleisten teiden arkipäivien heva-onnettomuuksia laskennallisten tuntiliikennemääräluokkien avulla eri tietyypeillä. Tässä tietyyppillä tarkoitetaan tien toiminnallista luokkaa. Yhdysteillä tapahtuneista onnettomuuksista suurin osa asettuu alle 300 ajon./h tuntiliikenneluokkiin ja seuteilla alle 600 ajon./h tuntiliikenneluokkiin. Valtateilla eniten onnettomuuksista on tapahtunut 300–600 ajon./h tuntiliikenneluokassa. Jos käytettävissä olisi ollut liikennesuoritteiden jakautuminen eri tuntiliikenneluokkiin eri tietyypeillä, olisi ollut mahdollista laskea heva-onnettomuusriski eri tuntiliikenneluokissa tietyypeittäin.

Käytössä oleva tutkimusaineisto ei anna mahdollisuutta ottaa kantaa myöskään siihen, missä määrin liikennekuolemien voimakkaampi painottuminen pienimpiin tuntiliikennemääräluokkiin johtuu esimerkiksi onnettomuusriskiltään erityyppisten teiden liikennesuoritteiden erilaisesta jakautumisesta tuntiliikenneluokkiin.

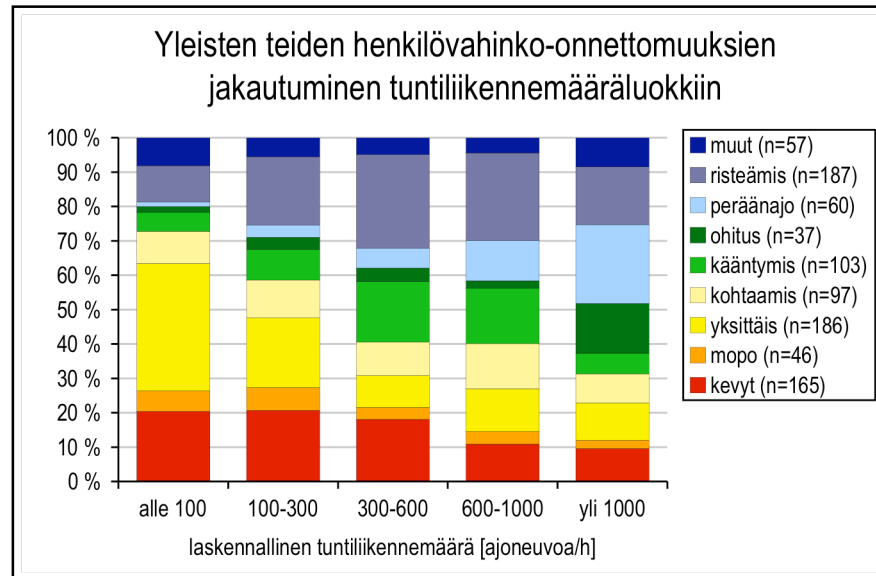
Kuvassa 18 on esitetty Oulun seudun yleisten teiden vuosien 1990–2004 arkipäivien henkilövahinko-onnettomuuksien jakautuminen eri tunneille ja laskennallisiin tuntiliikennemääräluokkiin. Kuten loogista on, pienten liikennemäärien onnettomuudet painottuvat yöaikaan ja suurten liikennemäärien tilanteissa tapahtuneet onnettomuudet ruuhkatunteihin, joista erityisesti iltaruuhkaan. Tulosten perusteella näyttää siltä, että alle 300 ajoneuvoa/tunti liikennemäärällä tapahtuneita onnettomuuksia on melko tasaisesti koko päivän ajan (klo 7–21), eli seudun yleisiltä teiltä löytyy vähäliikenteisiä osuuksia myös ruuhka-aikoina. Tosin tuloksia tarkasteltaessa on syytä muistaa tuntiliikennemäärän perustuvan laskennalliseen arvioon, joka on tuotettu KVL:n perusteella.



Kuva 18. Oulun seudun yleisten teiden heva-onnettomuudet laskennallisten arkipäivä tuntiliikennemääräluokkien ja tapahtumatunnin mukaan. (937 heva-onnettomuutta).



Kuva 19. Oulun seudun yleisten teiden heva-onnettomuudet laskennallisten arkipäivän tuntiliikennemääräluokkien ja tapahtumatien nopeusrajoituksen mukaan. (936 heva-onnettomuutta).



Kuva 20. Oulun seudun yleisillä teillä arkipäivänä tapahtuneet heva-onnettomuudet onnettomuustyypeittäin laskennallisten tuntiliikennemääräluokkien mukaan. (938 heva-onnettomuutta).

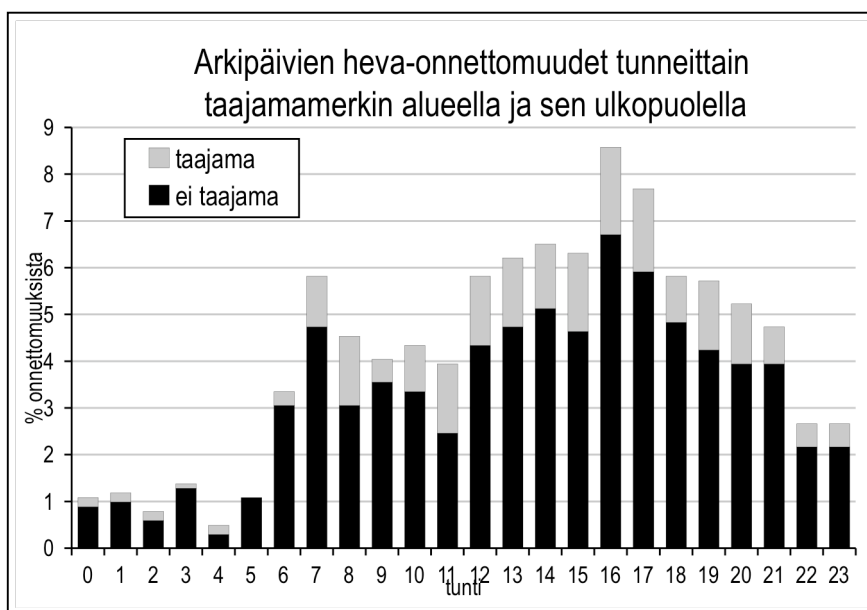
Kuvassa 19 on tarkasteltu arkipäivänä tapahtuneiden yleisten teiden onnettomuuksia tapahtumakohdan nopeusrajoituksen ja laskennallisen tuntiliikennemäärän perusteella. Alle 50 km/h nopeusrajoituksilla ja 80 km/h nopeusrajoituksilla tapahtuneista onnettomuuksista suurin osa on sattunut alle 300 ajon./h tuntiliikennemäärien vallitessa. 60 km/h nopeusrajoitusalueella eniten heva-onnettomuuksia on tapahtunut 300–600 ajon./h tuntiliikennemäärillä. 100 km/h ja 120 km/h nopeusrajoituksilla tapahtuneista onnettomuuksista eniten on tapahtunut 100-600 ajon./h tuntiliikennemäärillä.

Onnettomuustyyppien esiintymisen yleisyys vaihtelee eri liikennetilanteiden mukaan. Kuvassa 20 on esitetty Oulun seudun yleisten teiden arkipäivien henkilövahinko-onnettomuudet onnettomuuden tapahtumisajankohdan laskennallisessa tuntiliikennemääräluokassa. Tätä tarkastelua tulisi tehdä tietyypeittäin, mutta aineiston koko ei antanut siihen mahdollisuutta. Suurilla, yli 1000 ajon/h tuntiliikennemäärillä on tapahtunut eniten peräänajo-onnettomuuksia; myös ohitusonnettomuuksien osuus on suuri verrattuna muihin tuntiliikenneluokkiin. Yksittäisonnettomuudet ovat suurin onnettomuusluokka alle 100 ajon/h liikennemäärillä. Risteämis- ja kääntymisonnettomuudet näyttävät liittyvän erityisesti 300–1000 ajon/h tuntiliikenneluokkiin.

Luvussa 3 esitetyt tutkimustulokset antavat viitteitä siitä, että tienvariasetus vaikuttaa tien onnettomuusriskiin. Tätä asiaa ei kuitenkaan voitu Oulun seudun aineistolla tutkia, koska tutkimusaineisto antoi mahdollisuuden käsitellä asiaa vain taajamamerkin

olemassa olon kautta. Oulun seudun yleisten teiden henkilövahinko-onnettomuuksista noin joka viides, mutta kuolemaan johtaneista onnettomuuksista vain noin joka kymmenes tapahtui taajamamerkin alueella. Kuvassa 21 on esitetty henkilövahinko-onnettomuuksien tuntivaihtelu sen perusteella, tapahtuiko onnettomuus taajamassa vai taajaman ulkopuolella. Eniten taajamassa on tapahtunut heva-onnettomuuksia iltaruuhkan aikaan. Oulun seudun yleisten teiden taajama-alueella tapahtuneet onnettomuudet ovat näyttäneet pääosin tapahtuneen klo 7–20 välisenä aikana.

Kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien vuorokausivaihtelusta taajamassa ja taajaman ulkopuolella on mahdotonta vetää johtopäätöksiä aineiston perusteella, koska taajamamerkin alueella tapahtu-



neita kuolemaan johtaneita onnettomuuksia on vain kahdeksan.

Kuva 21. Oulun seudun yleisillä teillä arkipäivänä tapahtuneet heva-onnettomuudet taajamassa ja taajaman ulkopuolella tapahtumatunnin mukaan. (1014 heva-onnettomuutta).

5 Tulevaisuuskuvat ja liikenteen kasvu

5.1 Perusoletukset

Tutkimuksessa keskityttiin arvioimaan yhdyskuntarakenteen haantumisen sekä toimintojen keskittymisen ja erikoistumisen vaikutuksia liikenteen kasvuun ja edelleen liikenneturvallisuuteen. Kaikkien tulevaisuuskuvien yhteisenä perusoletuksena on infrastruktuurin hidas muutosnopeus. Yhteiskunnan päätösten nähtiin antavat reunaehdot markkinaohjautuvalle kehitykselle.

Neljä erilaista tulevaisuuskuvaa rakennettiin edustamaan mahdollisia, mutta äärimmäisiä tulevaisuuden tiloja näiden muutostekijöiden suhteen. Monen, sinänsä oleellisen, muutostekijän kehitys ennustettiin ja oletettiin samaksi jokaisessa tulevaisuuskuvassa. Tällä tavalla toimittiin, jotta esille saatiin yhdyskuntarakenteen muutosten vaikutukset, vaikka toimintatapa tiedostettiin todellista kehitystä yksinkertaistavaksi.

Kaikille tulevaisuuskuville yhteiset perusoletukset ovat:

- Tarkasteluvuosi: 2020
- Väestömäärä Oulun seudulla: 246 000 (nyt 197 000)
- Työpaikkoja Oulun seudulla: 119 000 (nyt 70 000)
- Sama väestörakenne ja talouskasvun odote

5.2 Tulevaisuuskuvat

5.2.1 Tulevaisuuskuvat nelikentässä

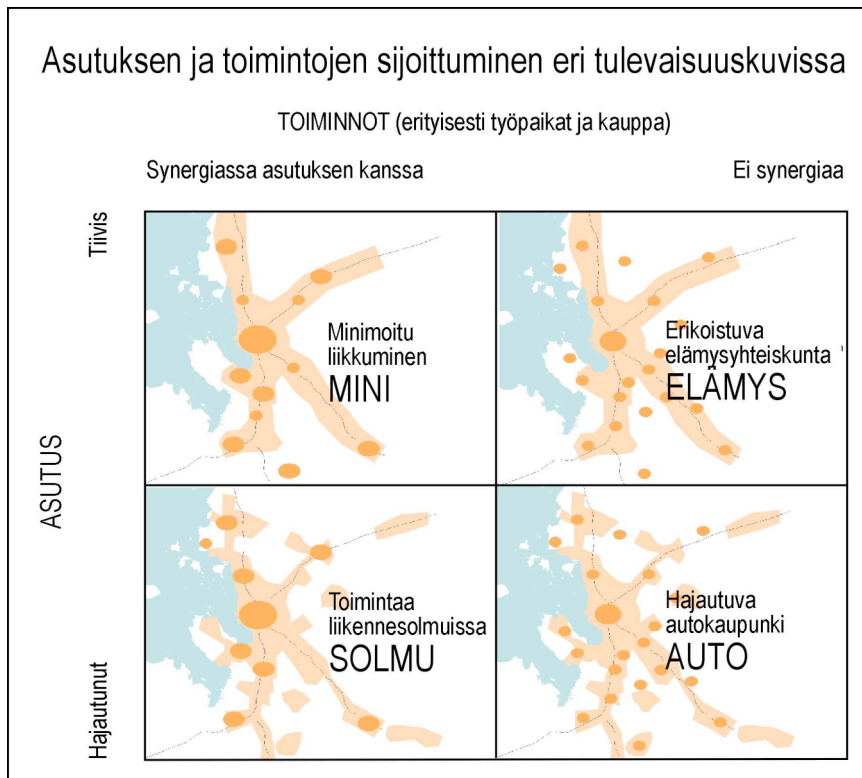
Neljä tulevaisuuskuvaa laadittiin käyttäen skenaarionelikenttää. Kentän akseleiksi valittiin:

- asutuksen eheys (tiiviyys)
- toimintojen keskittyminen, erikoistuminen ja sijoittuminen suhteessa asutuksen

Toiminnoilla tarkoitetaan tässä yhteydessä pääasiassa työpaikkoja ja kauppaa, mutta myös harrastuspaikkoja, kouluja ja päiväkoteja.

Tulevaisuuskuvien sijoittuminen nelikenttään on esitetty kuvassa 22. Kuvat nimettiin seuraavasti:

- Tulevaisuuskuva 1: Minimoitu liikkuminen (MINI)
- Tulevaisuuskuva 2: Erikoistuva elämysyhteiskunta (ELÄMYS)
- Tulevaisuuskuva 3: Toimintaa liikennesolmuissa (SOLMU)
- Tulevaisuuskuva 4: Hajautuva autokaupunki (AUTO)



Kuva 22. Tulevaisuuskuvioiden sijoittuminen nelikenttään.

Tulevaisuuskuvioiden 1 (MINI) ja 2 (ELÄMYS) malleissa asutus on tiivis ja mallien kesken yhtäläisesti sijoittunut. Sen sijaan kahdessa hajautuneemman asutuksen mallissa on haettu keskinäistä eroa siten, että tulevaisuuskuvioiden 4 (AUTO) hajautuvassa autokaupungissa on osan väestönkasvusta oletettu siirtyvän seudun ulkopuolelle hyvien väylien ja halpojen tonttien houkuttelemisena. Tästä on konkreettisenä esimerkkinä Oulusta noin 60 km etelään sijaitseva Rantsila, jossa yhdellä eurolla myytävien tonttien kysyntä on ollut vilkasta.

Liikennemallitarkastelun yksinkertaistamiseksi kaikissa tulevaisuuskuviissa käytettiin samaa osa-aluejakoa ja liikenneverkkoa. Asukasmuutokset syötettiin mallin osa-aluejaoille muodostamatta uusia alueita. Tämä yksinkertaistus näyttää haja-asutusvaihtoehtojen liikkumistarpeen hieman todellista pienempänä, eli pienentää mallien välisiä eroja. Mikäli osa-aluejakoa olisi kehitetty vastaamaan paremmin haja-alueiden maankäyttöä, olisi myös liikenneverkkoa jouduttu lisäämään uutta maankäyttöä tukevaksi. Jatkossa, mikäli hajautumisen kustannuksia halutaan tarkemmin tutkia, on syytä tarkentaa sekä osa-aluejakoa että liikenneverkon kuvausta tulevaisuuskuviokohtaisesti.

Liikennemallijärjestelmä ei sisällä varsinaista kulkutavan valintaa, koska sen perustana aiemmin ollut tieto on vanhentunut. Sen

sijaan kussakin tulevaisuuskuvassa on tehty 2000-luvun taitteen tilanteessa kehitetty kulkutapakorjaus, jossa osa-alueiden auto- ja joukkoliikennematka-aikojen suhteiden ja havaittujen joukkoliikenteen osuuksien perusteella määritetään korjaus autoliikenteen matkamatriisiin.

5.2.2 Tulevaisuuskuva 1: Minimoitu liikkuminen

Oulun seudun minimoidun liikkumisen tulevaisuuskuva on tiiviin asutuksen yhdyskunta, jossa toiminnot sijoittuvat synergiassa asutuksen kanssa. Asumisväljyyden kasvusta ja muuttoliikkeestä johtuvista ”uusista” asukkaista 38 000 asettuu asumaan Oulun kaupunkiin.

Liikennemallijärjestelmän osa-aluejako ja mallin osakomponentit soveltuvat hyvin MINIn kuvaukseen, koska asutuksen kasvu sijoittuu pääosin tukemaan nykyisiä osa-alueita ja liikenneverkkoa.

	Minimoitu liikkuminen (MINI)
Uudet työpaikat	Mahdollisimman lähelle uutta asutusta ja muutamiin liikenteellisiin solmukohtiin, joissa joukkoliikenneyhteydet ovat hyvät
Työpaikkaomavaraisuus	Työpaikkaomavaraisuus kunnissa kasvaa; edistetään työpaikan lähellä asumista.
Kauppapalvelut	Keskittyneesti muutamiin liikenteellisiin solmukohtiin. Täydennysrakentaminen mahdollistaa paikallispalvelujen säilymisen elinvoimaisena. Keskusta säilyy elinvoimaisena.
Koulut	Kouluverkko harvenee vain hieman, koulujen erikoistuminen etenee hitaasti.
Harrastukset	Keskittyneesti liikenteellisissä solmukohdissa ja keskustoissa. Paikallisharrastukset elpyvät/pysyvät. Saavutettavuus kevyellä ja joukkoliikenteellä hyvä.
Autoliikenne	Tiivistyvä rakenne suosii kevyttä ja joukkoliikennettä siinä määrin, että tarve toisen auton hankkimiseen perheissä minimoituu.
Joukkoliikenne, kevytliikenne	Liikenteellisten solmukohtien välillä voidaan hyödyntää joukkoliikenteen nopeita yhteyksiä; joukkoliikenne nopeutuu nykyisestä 20 prosenttia. Malli tuottaa eniten lyhyitä matkoja, josta suuri osa tehdään kävellen tai pyörällä.

5.2.3 Tulevaisuuskuva 2: Erikoistuva elämisyhteiskunta

Erikoistuvassa elämisyhteiskunnassa rakennustuotanto on pääasiassa täydennysrakentamista ja suurin osa asumisväljyyden kasvusta ja muuttoliikkeestä johtuvista ”uusista” asukkaista sijoittuu Ouluun (38 000 asukasta). Elämisyhteiskunta eroaa edellä esitetystä minimoidun liikkumisen tulevaisuuskuvausta toimintojen, erityisesti työpaikkojen sijainnin osalta.

	Erikoistuva elämisyhteiskunta (ELÄMYS)
Uudet työpaikat	Hajautuneesti useisiin keskittyimiin. Joukkoliikenneyhteydet eivät kilpailukykyisiä.
Työpaikka-omavaraisuus	Säilyy nykyisellä tasolla.
Kauppapalvelut	Useita kaupallisia keskittyimiä keskustojen ulkopuolelle, jotka autolla saavutettavia. Keskustasta muodostuu erikoiskauppa- ja elämyskeskus. Paikallispalvelut vähenevät.
Koulut	Koulujen voimakas erikoistuminen ja vanhempien halu valita lapsen koulu johtaa kouluverkon voimakkaaseen harvenemiseen ja pitkiin koulumatkoihin.
Harrastukset	Harrastuksiin panostetaan ja niitä vaihdetaan usein. Etäisyys ei ole oleellinen kriteeri harrastuspaikan valinnassa. Keskustassa säilyvät erityisesti kulttuuriharrastukset.
Autoliikenne	Hajautuva rakenne lisää yksityisautoilua; perheisiin tarvitaan pääsääntöisesti kaksi autoa. Elämyksiä haetaan kaukaa. Työ- ja asuinpaikan etäisyyden merkitystä lievennetään.
Joukkoliikenne, kevytliikenne	Joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen toimintaedellytykset heikkenevät nykyisestä palvelujen ja työpaikkojen hajautuessa.

Malli kuvaa hyvin työmatka- ja asiointiliikenteen, mutta huonommin vapaa-ajan aktiviteetteihin liittyviä matkoja. Oletettavasti malli hieman vähättelee vapaa-ajan matkojen suoritteita. Kuitenkin tässä tulevaisuuskuvaussa oletetaan suurimpien muutosten tapahtuvan vapaa-ajan matkoissa. Esimerkiksi harrastustoimintaan liittyvät matkat ja kuljetukset ovat lisääntyneet voimakkaasti edellisen laajan liikennetutkimuksen jälkeen. Vapaa-ajan matkojen tarkempi mallintaminen edellyttää siten laajaa liikennetutkimusta. Vapaa-ajan matkojen kuvaamiseen soveltuisi paremmin aktiviteettipohjainen ajattelu ja mallinnus.

5.2.4 Tulevaisuuskuva 3: Toimintaa liikennesolmuissa

Uudet asukkaat sijoittuvat hajautuneesti Oulun seudulle. Uusista asukkaista noin 18 000 sijoittuu Oulun kaupunkiin ja loput ympäryskuntiin. Lisäksi nykyisten asuinalueiden asumisväljyys kasvaa, minkä johdosta niiden asukasmäärät pienenevät viitisen prosenttia.

	Toimintaa liikennesolmuissa (SOLMU)
Uudet työpaikat	Muutamiin liikenteellisiin solmukohtiin, jotka autolla hyvin saavutettavissa.
Työpaikka-omavaraisuus	Heikkenee nykyisestä.
Kauppapalvelut	Vain muutamia suuria kauppakeskittymiä, jotka liikenteellisissä solmukohdissa. Paikallispalvelut paikallisiin liikenteen solmukohtiin. "Lähipalvelut" eivät lähellä kotia, vaan jotain muuta toimintaa. Keskustan merkitys heikkenee.
Koulut	Kouluverkko harvenee ja yksiköt keskittyvät liikenteellisiin solmukohtiin.
Harrastukset	Keskittyneissä liikenteellisissä solmukohdissa. Paikallisharrastuksia asuntojen lähellä vain vähän.
Autoliikenne	Hajautuva asutus lisää yksityisautoilun käyttöä; perheisiin tarvitaan usein kaksi autoa. Solmuihin keskittyvät toiminnot ja mahdollisuudet matkojen yhdistelyyn ja ketjuttamiseen parantavat kuitenkin autottomien mahdollisuuksia verrattuna ELÄMYS-malliin.
Joukkoliikenne, kevytliikenne	Joukkoliikenneyhteydet säilyvät kohtalaisina tiiviiltä asuinalueilta, erityisesti liikennesolmujen ja keskustan välillä, syntyy edellytyksiä park&ride-järjestelmälle keskustahakuisen liikenteen osalta.

Mallijärjestelmään ei sisälly komponenttia, jolla matkojen ja kulkutapojen yhdistelyä voitaisiin kuvata realistisesti. Näin ollen SOLMU kuvautuu epäedullisesti suhteessa malliin AUTO. Mallin kehittäminen tältä osin edellyttää laajaa liikennetutkimusta. Harvaan asuttujen osa-alueiden mallinnus on karkeahko ja vähättelee jonkin verran syntyviä liikennesuoritteita.

5.2.5 Tulevaisuuskuva 4: Hajautuva autokaupunki

Asutus hajautuu Oulun seudulla kuten tulevaisuuskuvasssa SOLMU, mutta lisäksi 10 000 asukasta sijoittuu Oulun seudun ulkopuolelle hyödyntäen nopeita liikenneväyliä ja ”euron tontteja”.

	Hajautuva autokaupunki (AUTO)
Uudet työpaikat	Useisiin autolla saavutettaviin paikkoihin, ei yksittäisiä voimakkaita keskittymiä. Joukkoliikenteen saavutettavuus heikko. Erityisesti pitkät työmatkat lisääntyvät selvästi.
Työpaikka-omavaraisuus	Heikkenee nykyisestä selvästi.
Kauppapalvelut	Useisiin autolla saavutettaviin paikkoihin. Keskusta näivetty, paikallispalvelut muuttuvat kioskityyppiseksi, jotka usein sijaitsevat huoltoasemilla.
Koulut	Kouluverkko harvenee vain hieman. Koulujen erikoistuminen etenee jonkin verran. Koulut valitaan läheltä aikuisten työpaikkaa tai kotia.
Harrastukset	Hajautuneesti ympäri seutua. Harrastematkoilla suuri autoriippuvuus.
Autoliikenne	Rakenne hajautuu yksityisautoiluun perustuen. Harrastematkoilla suuri autoriippuvuus. Toisen auton tarve perheissä korostuu.
Joukkoliikenne, kevytliikenne	Itsekannattava joukkoliikenne vähenee selvästi. Lähinnä vain Oulun keskustan ja kuntakeskusten välisillä matkoilla joukkoliikenteen tarjonta on tyydyttävää. Pitkät, kevyelle liikenteelle sopimattomat matkat lisääntyvät.

Liikennemalli kuvaa AUTO:n vaikutukset pääosin realistisesti. Varsinaisen Oulun seudun ulkopuolelle sijoittuvien noin 10 000 asukkaan matkojen kuvaus on tehty yksinkertaisesti kuitenkin siten, että matkojen suoritteet kuvautuvat oikein. Harvaan asuttujen osaluokkien mallinnus on karkeahko ja vähättelee jonkin verran syntyviä liikennesuoritteita.

5.3 Liikennemäärät ja -onnettomuudet

5.3.1 Liikennemäärät

Tulevaisuuskuvioiden välisiä eroja on seuraavassa aluksi tarkasteltu vertaamalla liikenne-ennusteita keskenään. Vertailuun sisällytetty liikenneverkko on kuvattu lähemmin luvussa 5.3.3. Seuraavissa kuvissa ”hajautuvan autokaupungin” (AUTO) tulevaisuuskuva on verrattu ”minimoidun liikkumisen” (MINI) tulevaisuuskuvaan (kuva 23), koska asetelmassa liikennemäärien erot ovat suurimmat.

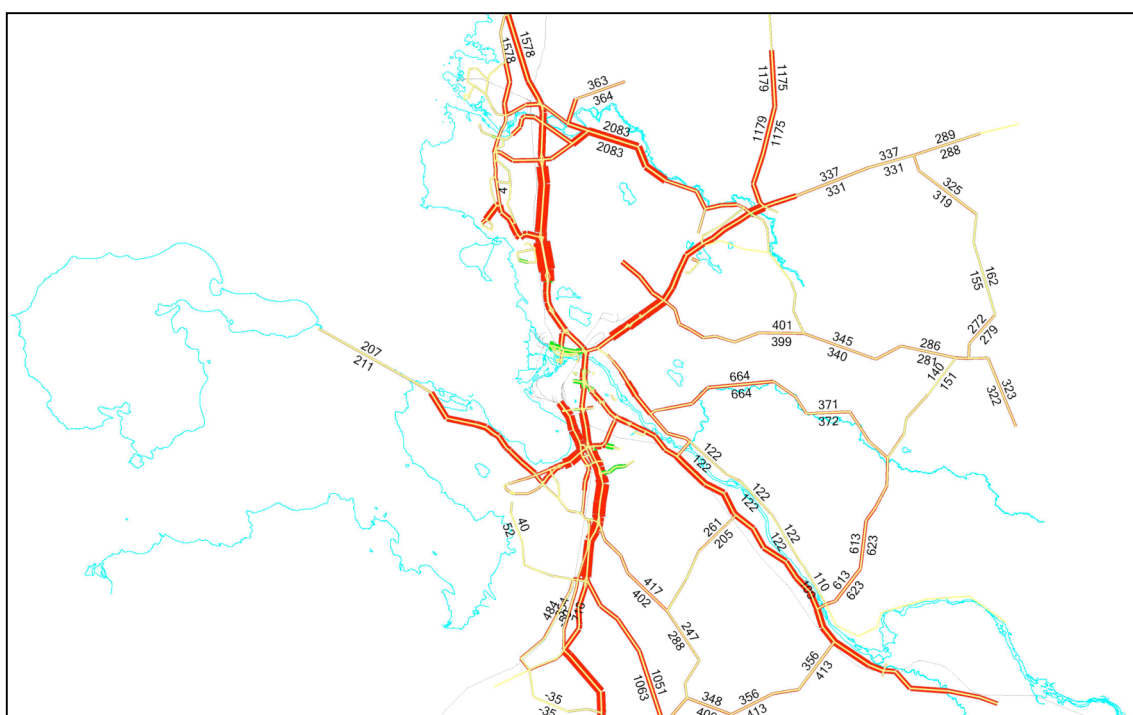
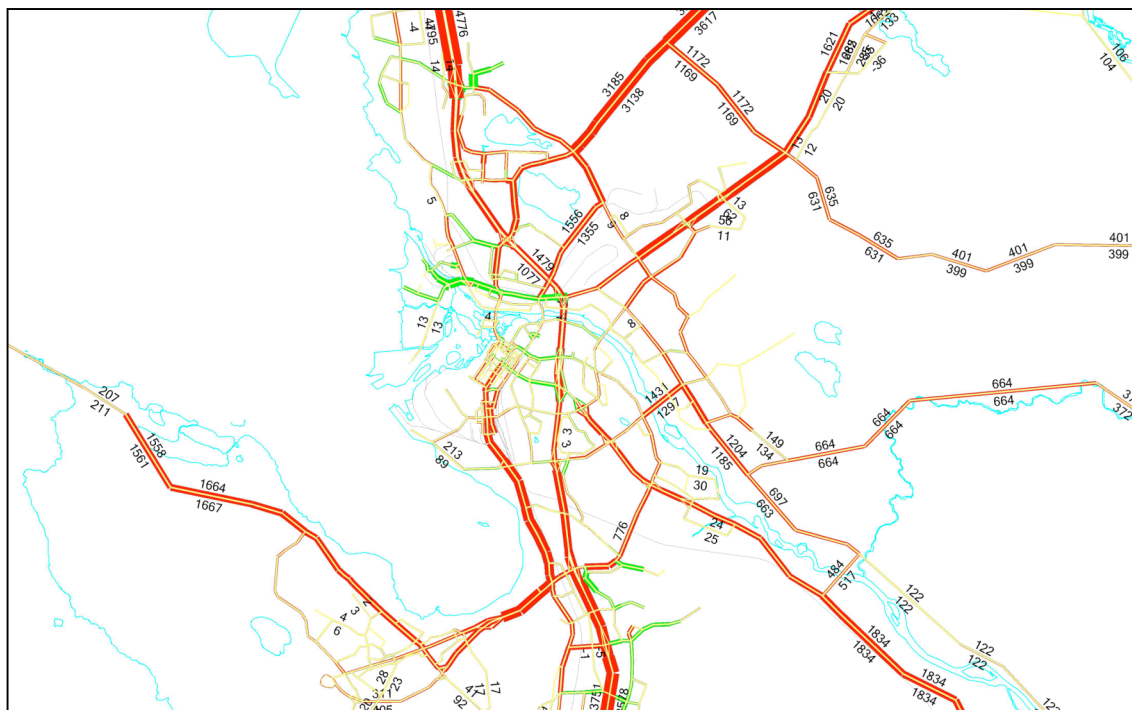
Liikennemääräerot ovat suuruusluokaltaan pääosin sellaisia, että niiden suoraa vaikutusta esimerkiksi liikenteen sujuvuutta parantavien investointien tarpeeseen on vaikea yksiselitteisesti todeta. On kuitenkin selvää, että investointikriteerien säilyessä nykyisen

kaltaisina erot johtavat erilaisiin pääväylien investointien toteuttamisaikatauluihin. Esimerkiksi valtatiellä 4 suurin poikkileikkausliikenteen ero on noin 10 000 ajoneuvoa vuorokaudessa. Vaikka tämä onkin moottoritiepoikkileikkauksessa merkittävä lisäys, ei se vielä aiheuta tien välityskyvyn ylittymistä. Kohdassa 5.3.4 on tarkasteltu liikennemäärien kasvun vaikutusta liikenteen nopeuteen erityisesti ruuhka-aikoina ja arvioitu sen mahdollisia liikenneturvallisuusvaikutuksia.

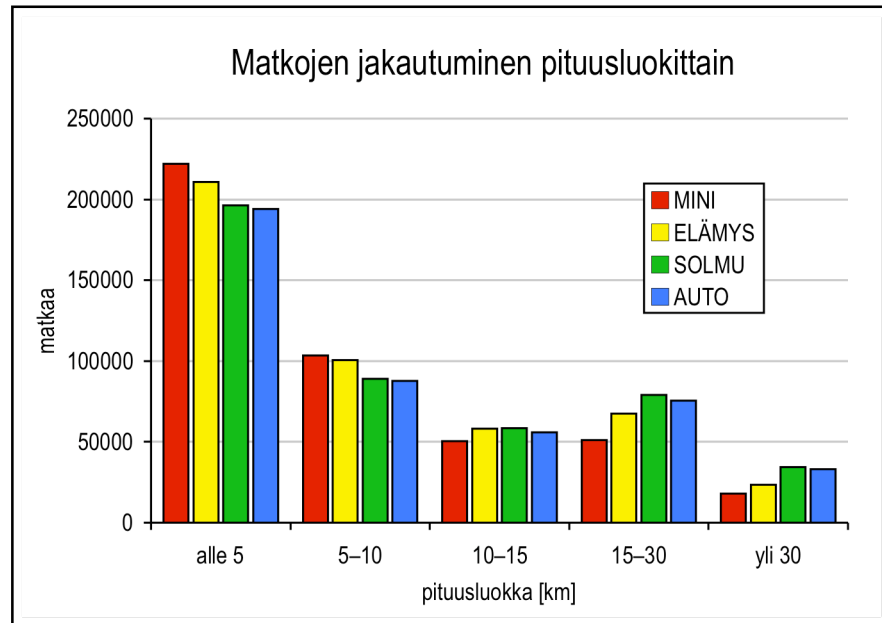
Uusia alemman tieverkon infra-investointeja tarvitaan hajautettuun asutukseen perustuvissa malleissa, kun asutusta viedään kokonaan uusille alueille. Esimerkiksi välittömästi Oulun keskustan pohjoispuolella sijaitsevalle alueelle sijoittuva asutus edellyttää runsaasti uutta väylästä. Uusien väylien käyttäjämäärät jäävät kuitenkin suhteellisen alhaiseksi. Kun liikennemäärä ei aiheuta rajoitusta nopeustasossa, johtanee tilanne ilman voimakasta panostusta liikenteen valvontaan nopeustasoon, joka lisää liikennekuolemia.

Tulevaisuuskuvien AUTO ja MINI erotus osoittaa, että hajautuva rakenne kuormittaa kaikkia valtakunnallisia pääväyliä selvästi tiivistä rakennetta enemmän. Tiivis rakenne johtaa taas etenkin Oulun keskustassa liikennemäärien kasvamiseen jonkin verran, johon liikennemalli reagoi sijoittamalla keskustojen lyhytmatkaista läpikulkuliikennettä pääväylille sekoittaen pitkä- ja lyhytmatkaista liikennettä keskenään. Liikennesuoritteiden ja -onnettomuuksien sijoittumista eri väylätyypeille on käsitelty lisää kohdassa 5.3.4

Kuvassa 24 esitetyistä tulevaisuuskuvien matkojen pituusjakauksista nähdään hyvin, miten tiiviin asutuksen mallit MINI ja ELÄMYS tuottavat enemmän lyhyitä matkoja, mutta vastaavasti selvästi vähemmän pitkiä matkoja kuin hajautuneemmat skenaariot. MINI poikkeaa muista kolmesta selvästi: MINIssä puolet kokonaisuuritteesta syntyy jo alle 15 kilometrin pituisilla matkoilla ja muissa vasta alle 20 kilometrin matkoilla. Tämä osoittaa hyvin MINIn kevytliikennemyönteisyyttä, jota ei kuitenkaan tehdyissä liikennemalliajoissa ole juurikaan voitu ottaa huomioon.



Kuva 23. Vuorokausiliikennemäärien erotus (AUTO–MINI) Oulun seudulla laajemmin ja Oulun keskustan tuntumassa (punainen: AUTO>MINI, vihreä MINI>AUTO)

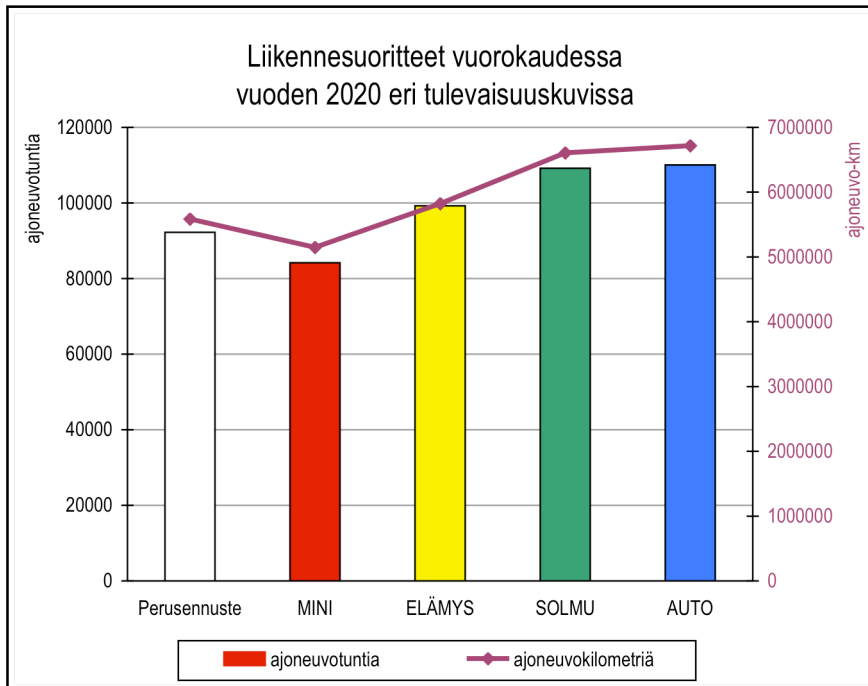


Kuva 24. Matkojen pituusjakaumat eri tulevaisuuskuvissa. Minimoidun liikkumisen tulevaisuuskuvassa lyhyitä matkoja tehdään eniten. Hajautuvan rakenteen tulevaisuuskuvissa pitkien matkojen määrät korostuvat.

Oulun seudun alueellista työpaikkaomavaraisuutta kartoittavan tutkimuksen mukaan lyhyiden työmatkojen osuutta voidaan lisätä luomalla asukkaille mahdollisuuksia työskennellä asuinalueensa lähistöllä. Alueellinen työpaikkaomavaraisuus muodostuu sitä suuremmaksi, mitä lähempänä ydinkeskustaa alue sijaitsee. Kehyskuntien keskuksilla ei havaittu olevan vastaavaa vaikutusta. (Törmänen ja Ristimäki 1999). Myös pientaloasukkaat käyttävät joukkoliikennepalveluita ja arvostavat mahdollisuutta kävellä ja pyöräillä työmatkojaan, mikäli matkan pituus tai puuttuvat palvelut eivät edellytä henkilöauton käyttöä. (Kunnas et al. 2006).

5.3.2 Liikennesuoritteet

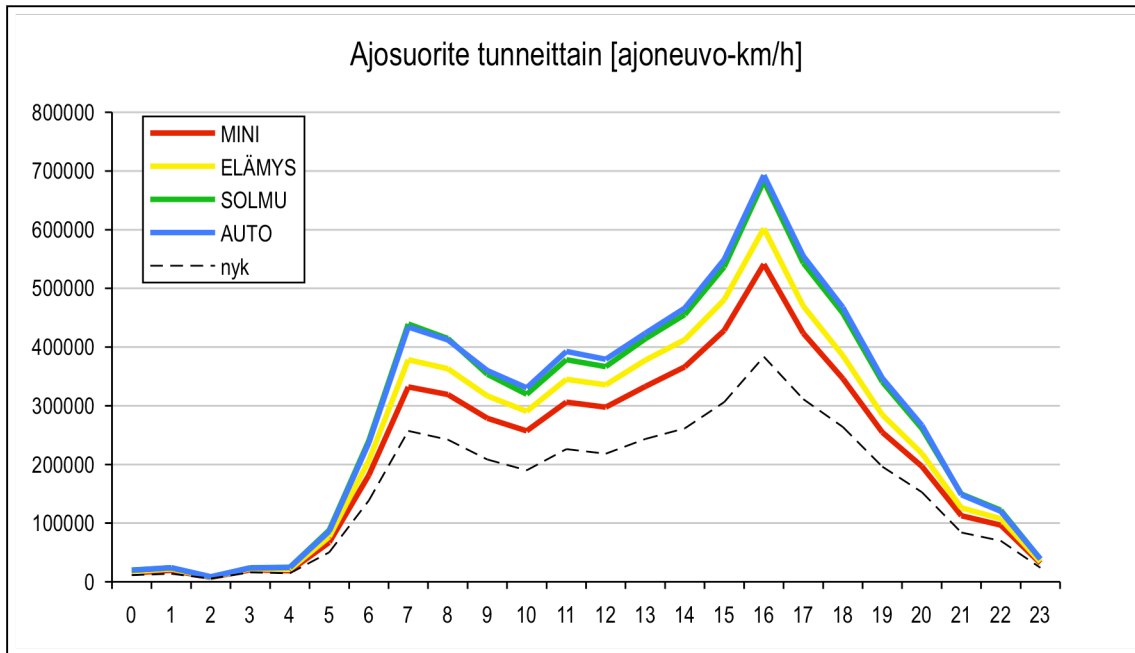
Tulevaisuuskuvien liikennesuoritteita on seuraavassa verrattu toisiinsa ja lisäksi mukana on vertailun vuoksi Oulun seudun kuntien yhteisen yleiskaavan mukaisen maankäyttömallin perusennuste. Perusennusteeseen verrattuna vain minimoidun liikkumisen tulevaisuuskuva MINI tuottaa vähemmän liikennettä. Tulevaisuuskuvissa SOLMU ja AUTO aikaa liikkumiseen kuluu merkittävästi enemmän kuin perusennusteessa tai MINI-vaihtoehdossa.



Kuva 25. Arkivuorokauden liikennesuoritteet (ajoneuvotuntia/vrk ja ajoneuvo-km/vrk) nykytilassa ja eri ennustetilanteissa

Erot vaihtoehtojen tuottamassa liikennesuoritteessa ovat erittäin suuret. AUTO tuottaa liikennesuoritetta noin kolmanneksen enemmän kuin MINI ja runsaat 20 prosenttia enemmän kuin seudun kuntien yhteisessä yleiskaavassa valittu rakennemalli (perusennuste). Vuorokauden kilometrisuoritteen ero (AUTO–MINI) on noin 1,5 miljoonaa kilometriä ja aikasuoritteen ero noin 25 000 tuntia vuorokaudessa. Keskimääräinen automatkan pituus on AUTOssa kolmen kilometriä pitempi kuin MINIssä; vastaava matka-aikaero on noin kolme minuuttia.

Sovellettaessa julkaisun ”Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot 2005” (Tiehallinto 2005) mukaisia ajokustannusten yksikköarvoja (kevyen ajoneuvon kilometrikustannus 5,81 snt/km) olisi Oulun seudulla asuvan keskimääräisesti liikkuvan henkilön vuotuisen ajoneuvokustannus AUTOssa noin 125 € suurempi kuin MINIssä. Ajoneuvokustannus sisältää tällöin vain ajosuoritteesta riippuvat kustannustekijät (polttoaine ja muut käyttökustannukset) eikä lainkaan esimerkiksi auton hankinnasta koituvia pääomakustannuksia. Mikäli tarve hankkia kakkosautoja huomioitaisiin, kustannusero kasvaisi tuntuvasti. Keskimääräisellä ajan arvolla (16,09 €/tunti) laskien pitempiin matkoihin käytetyn ajan arvo olisi puolestaan runsaat 500 € vuodessa henkilöä kohti.



Kuva 26. Nykytilan ja tulevaisuuskuvien ajosuoritteet (ajoneuvo-km) tunneittain vuonna 2020.

Ajoneuvokustannusero (AUTO–MINI) muutettuna 30 vuoden jaksolle viiden prosentin laskentakorolla on koko seudulla noin 500 miljoonaa euroa ja aikakustannusero jopa runsaat kaksi miljardia euroa. Muita merkittäviä vaikutuksia lisääntyvästä liikenteestä ovat päästöt ilmaan ja melu. Näille haittavaikutuksille ei kuitenkaan arvioitu yhteiskuntataloudellista kustannusta tässä yhteydessä.

Kuvassa 26 osoitetaan ajettujen kilometrien erot eri tulevaisuuskuvissa tunneittain. Ajosuorite kasvaa hajautuvan autokaupungin tulevaisuuskuva AUTOssa lähes kaksinkertaiseksi nykytilaan verrattuna, vaikka matkojen määrä kasvaa vain noin 40 prosenttia. Minimoidun liikkumisen tulevaisuuskuvaan MINI verrattuna hajautuvan autokaupungin mallin AUTO tuottamat autokilometrit ovat lähes kautta vuorokauden noin neljänneksen korkeammalla tasolla.

Tulevaisuuskuvien erot liikenteen ajoittumisessa vuorokauden eri tunneille eivät ole merkittäviä; mallinnustapa on tässä suhteessa kuitenkin hieman karkea. Aikasuoritteiden jakaumat ovat lähes identtisiä ajosuoritteisiin verrattuna.

Liikennemallissa käytetty tasapainosijoittelu pienentää mallien keskinäisiä eroja: väyläkohtainen liikenteen ylikysyntä siirtää liikennettä väylille, joilla kapasiteettia on jäljellä ja viivytykset siten pieniä. Tasapainosijoittelumenetelmä hyödyntää siten koko verkon kapasiteetin, mutta osin hallitsemattomasti. Tasapainosijoittelun rinnalla olisi hyvä käyttää myös paremmin liikenteen väyläkohtaisen kysynnän osoittavaa ”kaikki yhdelle” -sijoittelua, jolloin liikenne-

teen kysyntä kuvautuu väylähierarkian kannalta tarkoituksenmukaisemmin. Kaikki yhdelle, yleensä nopeimmalle, antaa siten realistisemman mitoitustilanteen pääväylien kehittämistarpeille ja tasapaino vastaavasti osoittaa liikenneverkon kokonaiskapasiteetin riittävyyden. Jatkotutkimuksissa on syytä testata myös erilaisten sijoittelumenetelmien vaikutuksia liikenteen väyläkohtaiseen kysyntään, liikenteen viivytyksiin ja nopeuden alenemisiin sekä näiden heijastuksia liikenneturvallisuuteen.

Liikennejärjestelmän kokonaistoimivuuden kannalta voidaan tulevaisuuskuville listata ainakin seuraavia eroja:

- tiivis rakenne pienentää liikenteen kasvua selvästi; matkat ovat keskimäärin lyhyempiä; kevyen ja joukkoliikenteen edellytykset ovat hyvät
- tiiviissä asutuksessa hyödynnetään pohjois-etelä -suuntaista pääosin moottoritiehen tukeutuvaa akselia, joka sietää lisäliikennettä paremmin kuin yksiajorataiset pääväylät sekä välityskyvyn että liikenneturvallisuuden kannalta
- hajautettu rakenne lisää liikenneverkon kuormitusta kauttaaltaan, mutta kasvu painottuu erityisesti valtakunnalliselle päätiieverkolle; päätieverkolla liikennetiheydet kasvavat ja nopeatasot lievästi alenevat
- hajautettu rakenne kuormittaa tiivistä selvästi enemmän yksiajorataisia valtakunnallisia pääväyliä, mikä kasvattaa erityisesti vakavien onnettomuuksien riskiä ja liikennekuolemien määrää
- tiiviissä rakenteessa liikenteen kasvu keskittyy Ouluun ja kuntakeskusten yhteyteen; syntyy selkeitä taajamien sisäisen liikennejärjestelmän ja katuverkon parantamistarpeita
- hajautetuissa malleissa uusia asuinalueita tukemaan tarvitaan runsaasti alempiasteista tie- ja katuverkkoa; samalla liikenteen häiriöpisteet, kuten liittymät ja niihin liittyvät pistemäiset nopeusrajoitukset, lisääntyvät; valtakunnallisten pääväylien investointitarpeen laukaisevia muutoksia on vaikea osoittaa, ilmeisesti kuitenkin nykyisiä kriteereitä käyttäen liikenneinvestointien tarve vähintäänkin aikaistuu
- kaikissa tulevaisuuskuvin liikkenteen hallinnan (esim. muuttuvat nopeusrajoitukset, reitin- ja pysäköinninohjaus) merkitys korostuu; MINIssä liikenteen hallinnan keinoja tarvitaan erityisesti Oulun keskustan tuntumassa. Muissa tulevaisuuskuvin liikenteen hallintaa tarvitaan laajemminkin koko seudun valtakunnallisella pääverkolla

5.3.3 Onnettomuudet

Heva-onnettomuuksien määrää tulevaisuudessa arvioitiin käyttämällä TARVA-ohjelmiston sisältämiä keskimääräisiä väylätyyppi-kohtaisia onnettomuusriskejä. Yksinkertaistavasti on taajamamerkin alueella olevien pääteiden onnettomuusriskit tuotu koskemaan myös taajamien pääkatuja, koska käytössä ei ollut luotettavampaa arviota riskistä. Onnettomuusriskit tietyypeittäin oletettiin tarkastelun aikajänteellä vakioksi. Tarkastelutavasta johtuen tulevaisuuskuvien onnettomuusmääriä tulee ennen kaikkea tarkastella suhteessa toisiinsa, ei niinkään nykyhetkeen. Taulukossa 4 on esitetty Oulun seudun liikennemallin linkkien väylätyypit ja niillä käytetyt riskiluvut. Katuverkosta laskennassa ovat mukana pääkadut. Alempi katuverkko (kokooja- ja liityntäkadut, liikennemallin syöttölinkit) on jätetty tarkastelun ulkopuolelle mallin kuvaustarkkuudesta johtuen. Näin ollen alemman verkon osalta onnettomuusarvot puuttuvat, mutta ne eivät toisaalta tuo erojakaan tulevaisuuskuvien välille.

Taulukko 4 TARVA-ohjelmiston väyläkohtaiset henkilövahinko-onnettomuusriskit ja kuolemanriskit, ja Oulun seudun liikennemallin väylätyypit, joilla niitä on käytetty.

Mallissa käytetty linkin kuvaus	TARVAN heva-onnettomuusluokka	heva-onn.riski (heva-onn./100 milj. ajon-km)	kuolemanriskit (kuolleet/100 milj. ajoneuvokm)
moottoritie*	moottoritie	4,4	0,32
valtatie	päätie, haja-asutus	8,5	1,22
maantie	muu kestopäällyste, haja-asutus	11,8	1,1
paikallistie taajaman ulkopuolella	soratie	12,6	0,61
2-ajoratainen (Kainuuntie)	muu 2-ajoratainen tie.	10,5	0,33
rampit (taajamassa ja taajaman ulkopuolella)	moottoriliikennetie	5,7	1,43
päätie taajamassa	päätie, taajamamerkki	20	0,59
pääkatu taajamassa	päätie, taajamamerkki	20	0,59
paikallistie taajamassa	muu kestopäällyste, taajamamerkki	21,2	0,89

* Moottoritiekseksi luokiteltiin myös 2+2 -kaistainen moottoritiestä jatkava osuus valtatie 4:llä.

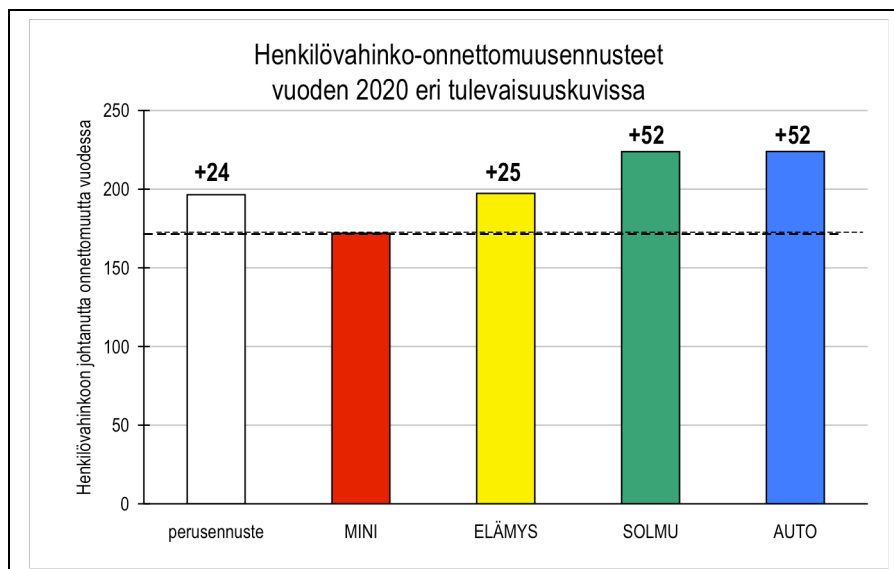
Heva-onnettomuusarviot tuotettiin laskemalla liikennemallilla vuorokauden liikennesuorite eri liikennemallin linkeillä ja jakamalla se tuntiliikenneluokkiin linkkikohtaisesti. Liikenteen sijoittelussa väylien kapasiteetti ja nopeus tulee huomioiduksi. Väyläkohtainen heva-onnettomuusriski kerrottiin väyläkohtaisella tuntisuoritteella ja tuntionnettomuusluvut laskettiin yhteen vuorokauden onnettomuusmääräksi. Kertomalla lukema 365 päivällä saatiin vuoden heva-onnettomuusluvut, jotka on esitetty kuvassa 18. Selvyyden vuoksi päädyttiin käyttämään vuotta heva-onnettomuuksien tarkasteluajanjaksona, vaikka liikennemallin tuottama vuorokauden lii-

kennesuorite ja heva-onnettomuusarvio koskeekin arkipäiviä. Tulevaisuuskuvienv tuottamia tuloksia onkin syytä tarkastella lähinnä suhteessa toisiinsa.

Laskentatapa ei ennusta onnettomuusriskin muuttumista liikenteen ruuhkautuessa, mutta huomioi väylätyyppikohtaiset erot. Liikennevirran nopeuden muutos tulee huomioiduksi liikenteen sijoittelussa, jolloin liikennettä voi siirtyä riskiluokaltaan erilaiselle väylälle. Liikennevirran nopeuden muutoksen vaikutus eri tietyyppien onnettomuusriskiin vaatisi lisätutkimusta ja näiden vaikutusten tunteminen olisi olennaista, jotta liikenteen ruuhkautumisen ja toisaalta kapasiteetin lisärakentamisen vaikutukset liikenneonnettomuuksiin ja erityisesti liikennekuolemiin voitaisiin selvittää.

Onnettomuusarviot vastaavat käsillä olevassa tarkastelussa pitkälti suoritetta. Hajautuvan autokaupungin malli AUTO tuottaisi vuotuisia heva-onnettomuuksia tarkastelussa mukana olleen liikenneverkon osalla noin kolmanneksen (noin 50 kpl) enemmän kuin minimoidun liikkumisen malli MINI. Käyttäen heva-onnettomuuden keskimääräisenä hintana 471 000 € saadaan onnettomuuskustannusten eroksi vuodessa runsaat 20 miljoonaa euroa ja 30 vuodessa noin 350 miljoonaa euroa (laskentakorko 5%).

Todennäköisesti hajautuva rakenne lisää myös kevyen liikenteen onnettomuuksia, koska nykyrahoituksen tasolla ei ole varaa rakentaa tarpeeksi kevyen liikenteen väyliä. Kevyen liikenteen onnettomuusriski voikin kasvaa autoliikenteen määrän kasvua nopeammin.



Kuva 27. Ennuste henkilövahinkoon johtavista onnettomuuksista seudun perusennusteessa ja tulevaisuuskuviissa sekä ero suhteessa MINI -vaihtoehtoon.

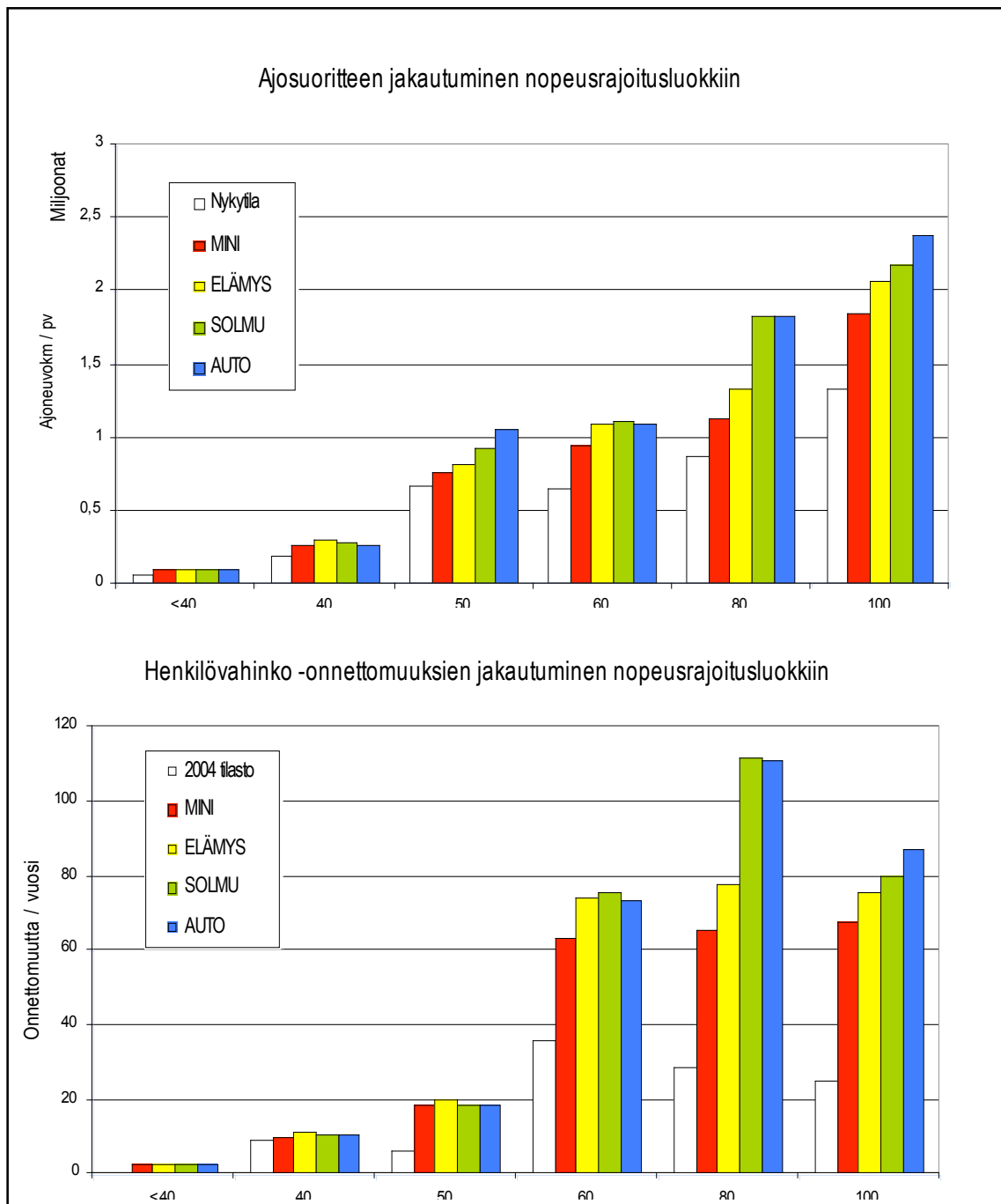
Kuvassa 28 on esitetty vastaavat onnettomuusarviot jaettuna nopeusluokkiin teiden nykyisten nopeusrajoituksen mukaan. Kuvassa on lisäksi esitetty tulevaisuuskuvien kilometrisuoritteet nopeusrajoitusluokittain.

Liikennesuorite kasvaa hajautuvissa skenaarioissa eniten nopeusrajoitusluokassa 80 km/h korkeariskisillä yksiajorataisilla teillä, mikä näkyy myös luokan suurena onnettomuusarviona. Luokassa 100 km/h suorite kasvaa eniten (23 %) moottoritieillä, jonka onnettomuusriski on selvästi pienempi kuin yksiajorataisen tien vastaava. Valtaosa onnettomuusarvioiden eroista syntyy nimenomaan nopeusrajoitusluokassa 80 km/h. Nopeusluokan 100 km/h ajosuorite on kauttaaltaan lähes kaksinkertainen verrattuna nopeusluokkaan 60 km/h. Kuitenkin onnettomuusestimaatit ovat lähes yhtä suuria.

Vastaavasti, kun ajosuoritetta ja henkilövahinko-onnettomuuksia tarkasteltiin nopeusrajoitusluokissa, niitä tarkasteltiin myös liikennemallin linkin kuormitetun nopeuden perusteella. Tarkastelu tehtiin keskimääräisen tuntinopeuden tasolla. Vaikka ero ajosuoritteessa 100 km/h nopeusrajoitusluokassa on tulevaisuuskuvien välillä huomattava, ei keskimääräisen ajonopeuden luokassa 90–100 km/h merkittävää eroa kuitenkaan ole. Tämä johtuu pitkälti siitä, että hajautetuissa malleissa nopeat pääväylät hidastuvat suuremman liikennemäärän vuoksi enemmän, jolloin onnettomuuksia ja suoritteita siirtyy alempaan nopeusluokkaan. 100 km/h nopeusrajoituksella linkkien keskinopeus yön hiljaisina tunteina on noin 95 km/h. Suoritetta tällaisissa liikennetilanteissa syntyy tulevaisuuskuvissa lähes yhtä paljon.

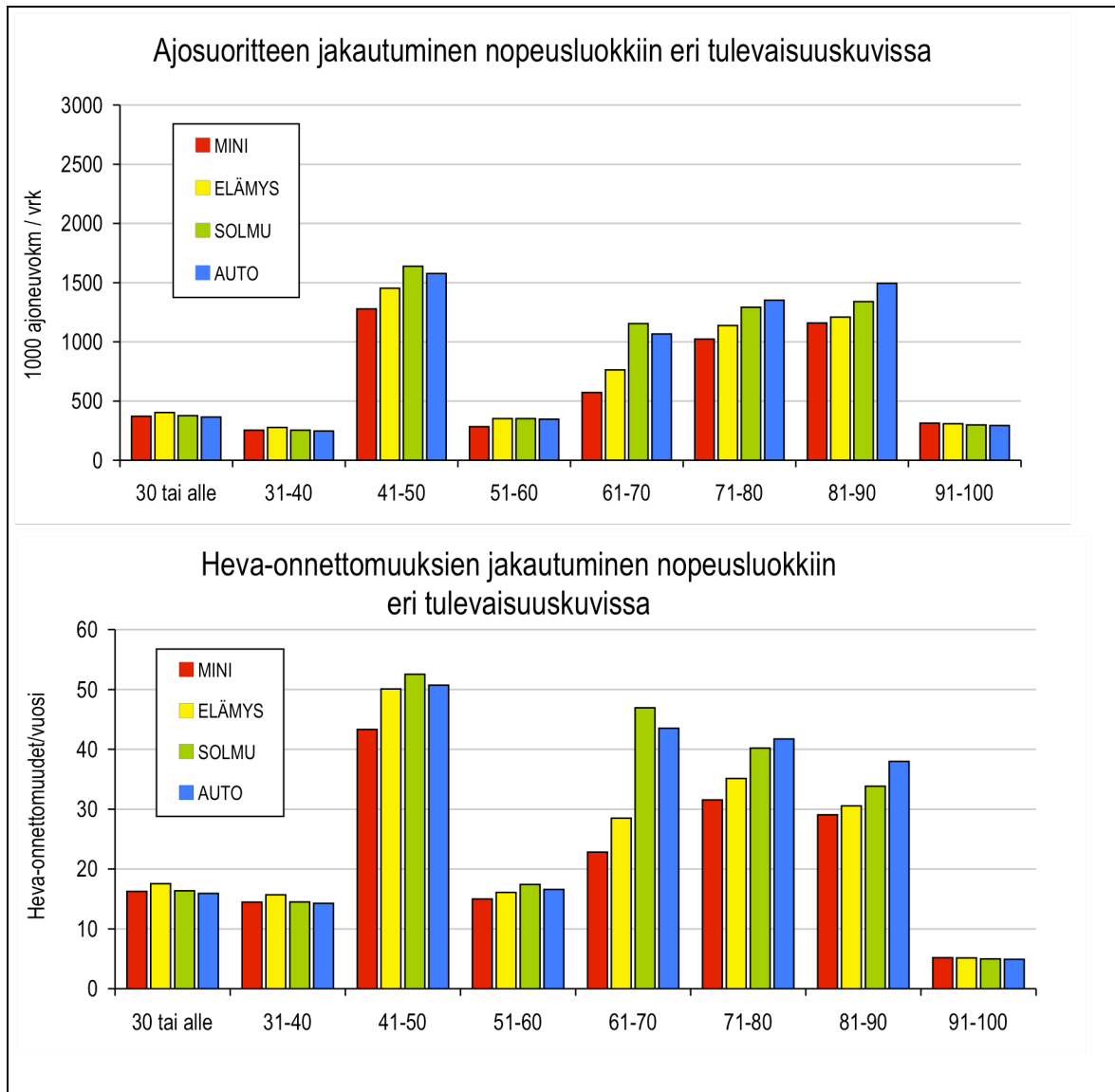
Suurin ero ajosuoritteessa MINI ja AUTO tulevaisuuskuvien välillä syntyy nopeusluokassa 61–70 km/h. Tarkasteltaessa suoritteen syntymistä keskinopeusluokittain asettuu ELÄMYS-vaihtoehto melko lähelle MINI-vaihtoehtoa ja SOLMU-vaihtoehto on eräiltä osin jopa äärimmäistä AUTO-vaihtoehtoa heikompi, sillä suoritetta syntyy enemmän korkean riskin teillä. Mainitut erot ovat kuitenkin mallinnuksen osittainen karkeus huomioon ottaen pieniä. Kohtalaisen varmana johtopäätöksenä voidaan esittää MINI-vaihtoehdon selkeä paremmuus muihin verrattuna; tämä korostuu edelleen, mikäli muiden vaihtoehtojen mallinnustarkkuutta parannetaan.

Heva-onnettomuudet seuraavat pitkälti suoritetta, tosin yli 90 km/h nopeuksilla henkilövahinko-onnettomuuksia syntyy suhteessa vähemmän kuin suoritetta. Pienillä nopeuksilla onnettomuuksia syntyy puolestaan suhteessa enemmän kuin suoritetta. Tästä ei kuitenkaan voi päätellä nopeusrajoitusten vaikutusta turvallisuuteen, vaan taustalla ovat erilaiset tie- ja liikenneolosuhteet (vrt. taulukko 4).

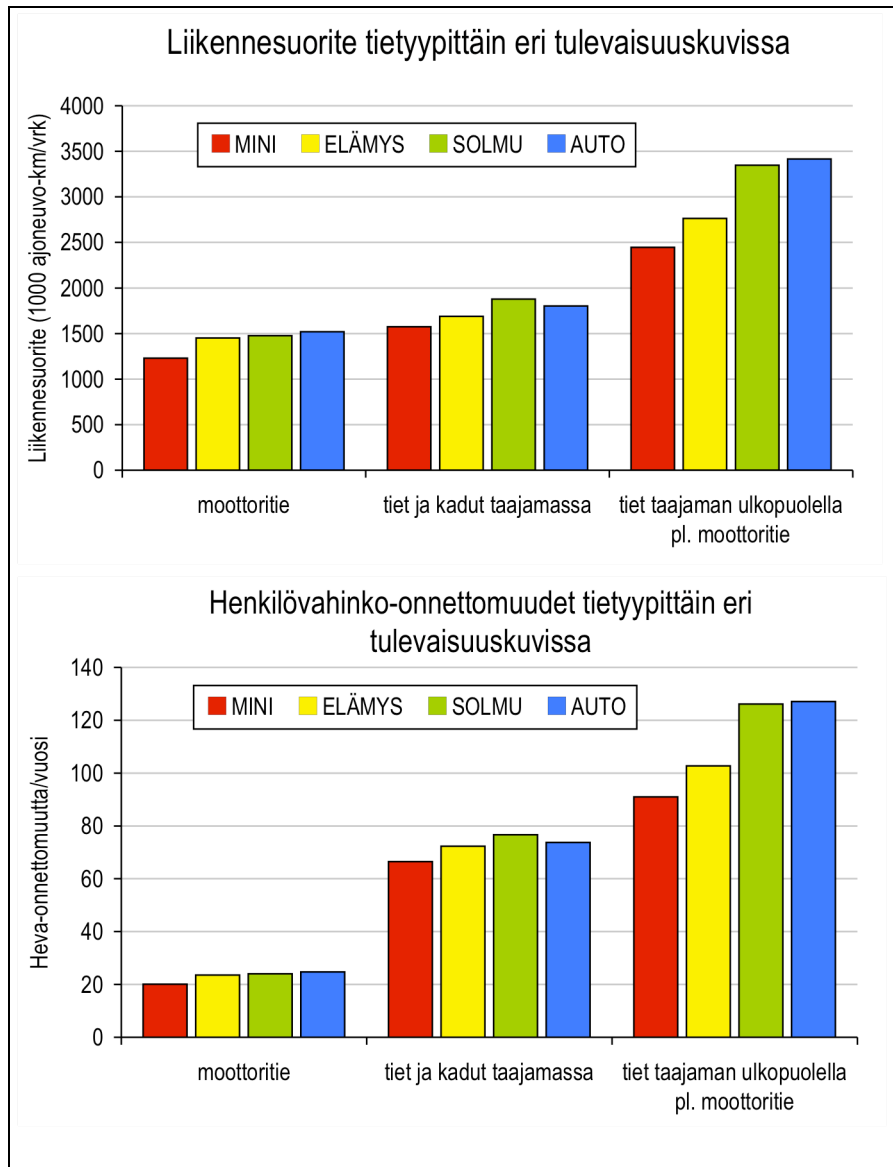


Kuva 28. Liikennesuoritteen ja henkilövahinkojen jakautuminen nopeusrajoitusluokkiin eri tulevaisuuskuissa.2020.

Kuvassa 30 on esitetty suoritteiden ja heva-onnettomuuksien jakautuminen tietyypeittäin eri tulevaisuuskuissa. Nämä kuvat todentavat jo aiemmin havaitun, eli erityisesti AUTO ja SOLMU lisäävät liikennesuoritetta taajaman ulkopuolisilla teillä Oulun seudulla. MINI-vaihtoehto tuottaa kaikilla tarkasteluilla tie- ja katutyypeillä vähiten suoritetta ja henkilövahinko-onnettomuuksia.

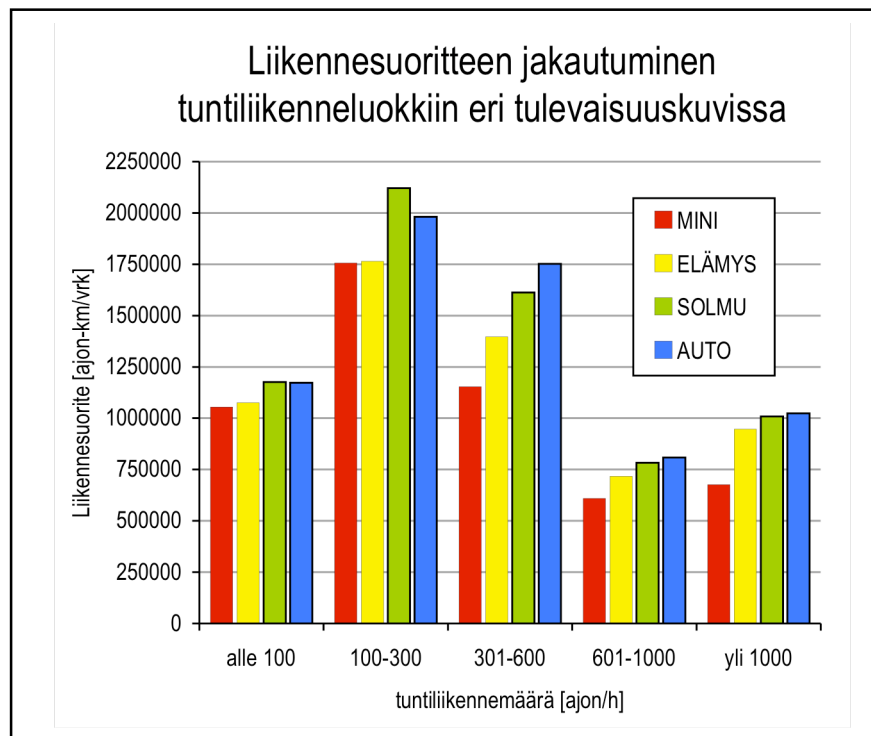


Kuva 29. Liikennesuoritteiden ja henkilövahinkojen jakautuminen ajonopeusluokkiin eri tulevaisuuskuvissa.

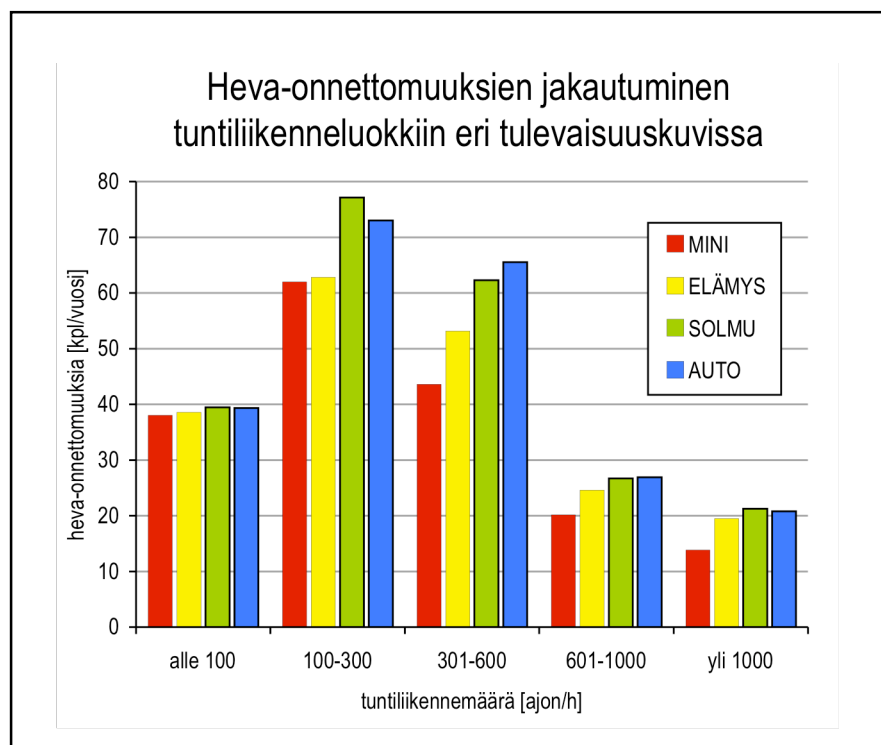


Kuva 30. Liikennesuorite ja henkilövahinko-onnettomuudet tietyypeittäin eri tulevaisuuskuivissa.

Kuivissa 31 ja 32 on esitetty liikennesuoritteiden ja henkilövahinko-onnettomuuksien jakautumista eri tuntiliikenneluokkiin. Heva-onnettomuuksien määrä seuraa pitkälti suoritteita. Poikkeuksena ovat yli 1000 ajoneuvon tuntiliikennemäärät, jossa heva-onnettomuuksia sattuu suhteessa vähemmän kuin suoritteita. Suuret tuntiliikennemäärät sijoittuvat lähinnä moottoritielle, jossa heva-onnettomuusriski on muita tietyyppejä alhaisempi.

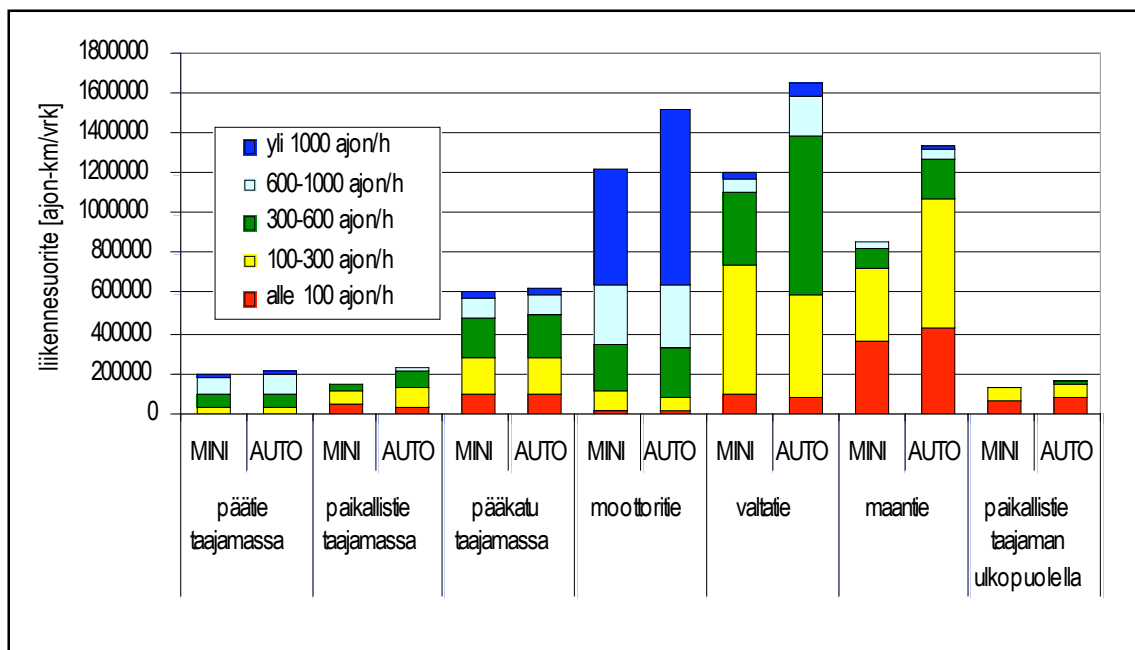


Kuva 31. Liikennesuoritteen jakautuminen tuntiliikenneluokkiin eri tulevaisuuskuivissa.



Kuva 32. Henkilövahinko-onnettomuuksien jakautuminen tuntiliikenneluokkiin eri tulevaisuuskuivissa.

Kuvassa 33 on tarkasteltu ääri vaihtoehtojen AUTO ja MINI suoritteita eräillä tietyypeillä tuntiliikennemääräluokittain. Kuvassa on käytetty vanhan tielain mukaista luokittelua, jonka maantiet ovat uudessa luokituksessa seutu- ja yhdysteitä. Merkittävimmät erot suoritteissa ovat moottoriteillä, valtateilla ja maanteilla. AUTO vaihtoehdossa moottoriteillä syntyy enemmän suoritteita lähinnä suurilla yli 1000 ajon/h tuntiliikennemäärillä kuin MINI:ssä. Valtateilla AUTOssa suoritteita syntyy enemmän 300-600 ajon/h tuntiliikennemäärillä ja maanteilla 100-300 ajon/h liikennemäärillä kuin MINI:ssä. Taajamien pääteillä ja -kaduilla ei suorite-eroa juuri ole. Taajamissa eroa syntyy lähinnä paikallisteillä eli nykyisillä yhdysteillä ajetussa suoritteessa.

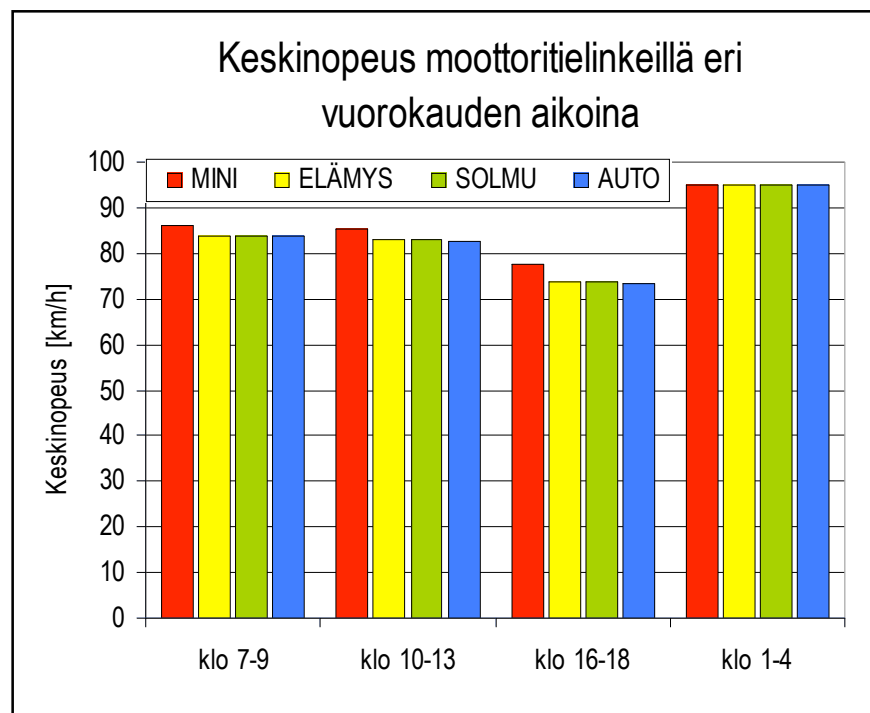


Kuva 33. Liikennesuoritteet tuntiliikennemääräluokittain eräillä tietyypeillä MINI- ja AUTO-tulevaisuuskuvissa. (HUOM! Kuvassa on käytetty vanhan tielain mukaista luokittelua)

Tietyypittaiset kuomanriskit ja eri tietyypeillä ajetut suoritteet huomioon ottaen saatiin kuolleiden määräksi vuodessa tarkastelun kohteena olleella tie- ja katuverkolla vuodessa MINI-vaihtoehdossa 13,4, ELÄMYS-vaihtoehdossa 15,1, SOLMU-vaihtoehdossa 17,7 ja AUTO-vaihtoehdossa 18,0 henkeä. Hajautuvan rakenteen voidaan arvioida tuottavan Oulun seudulla 4–5 autoliikennekuolemaa vuodessa enemmän kuin tiiviin yhdyskuntarakenteen. Koska katuverkon onnettomuusriskin laskentaan on käytetty tieverkon onnettomuuslukuja ja Tiehallinnon teilläkin on käytetty tietyyppien keskimääräisiä riskilukuja (katso taulukko 4), tuloksiin on suhtaudut-

tava suuntaa-antavasti. Vertailulukuna voidaan kuitenkin esittää, että koko Oulun läänin tavoitteena on maksimissaan 10 liikennekuolemaa vuonna 2025 (Oulun lääninhallitus 2005). Vuonna 2004 Oulun läänin yleisillä teillä kuoli Tiehallinnon onnettomuusrekisterin mukaan 31 henkilöä. Oulun seudulla (10 kuntaa) kuoli 1997-2002 välisenä aikana liikenteessä vuosittain noin 13 henkilöä (KULTI-työkalu).

Tutkimustuloksia tuntiliikennemäärän kasvun vaikutuksesta kuolemanriskiin kaupunkiseuduilla ei ollut käytettävissä tätä tutkimusta tehtäessä. Peltolan ja Rajamäen (2005) mukaan vuorokauden liikennemäärän (KVL) kasvu lisää kuolemanriskiä kaksikaistaisilla yleisillä teillä. AUTO vaihtoehto tuottaa liikennesuoritetta MINI vaihtoehtoa enemmän näille teille, joka lisää liikennekuolemien määrää. Myös suoritteen lisääntyminen suuremmissa liikennemääräluokissa lisää liikennekuolemia suoritteesta johtuvaa kasvua enemmän. Toisaalta, AUTO-vaihtoehdossa erityisesti iltaruuhkassa, jossa syntyy huomattava osa suoritteesta, liikenteen keskinopeus on MINI-vaihtoehdon keskinopeutta pienempi, joka puolestaan vähentää liikennekuoleman riskiä.



Kuva 34 Keskinopeus moottoritieillä eri vuorokauden aikoina eri tulevaisuuskuvissa.

5.3.4 Muutokset ajonopeuksissa

Eri tulevaisuuskuvien tielinkkien keskinopeuden muutokset ovat pieniä, kun tarkastellaan koko vuorokauden tuntinopeuksien keskiarvoa. Yleisenä johtopäätöksenä voidaan sanoa, että verkolla on keskimäärin niin paljon kapasiteettia jäljellä, että merkittäviin ongelmiin vuorokausiliikenteen tasolla ei jouduta. Ääri vaihtoehtojen AUTO ja MINI välinen keskinopeuden alenema on suurimmillaan moottoriteillä hieman alle 2 km/h. 0,2–0,4 km/h alenema löytyy lisäksi valtateiltä, maanteiltä ja taajamien paikallisteiltä. Kaupunkikeskustojen liikenteen nopeudet eivät näytä merkittävästi muuttuvan. Tähän vaikuttaa kuitenkin käytetty liikenteen sijoittelumenetelmä, jossa valittu reitti muuttuu dynaamisesti liikennemäärästä aiheutuvan viivytyksen mukaan. Tällöin esimerkiksi suuri liikennetiheys keskustassa johtaa läpiajoliikenteen hakeutumiseen keskustan ulkopuolelle.

Kun tarkastellaan aamu- ja iltaruuhkaa, tulevaisuuskuvien väliset erot kasvavat. Edelleen suurimmat erot löytyvät moottorietäsegmenteiltä. Kuvassa 34 on esitetty moottorietälinkkien keskinopeus aamu- ja iltaruuhkassa, keskipäivän rauhallisina tunteina ja aamuyön hiljaisina tunteina. Kaikissa tulevaisuuskuvissa iltaruuhkan keskinopeus on lähes 20 km/h ”vapaata” aamuyön nopeutta alhaisempi. Iltaruuhkan aikana moottorietälinkkien keskinopeus on AUTO-vaihtoehdossa yli 4 km/h alhaisempi kuin MINI-vaihtoehdossa. AUTO-vaihtoehto tuottaa keskimäärin moottorietäsegmentille ruuhka-aikana lähes 250 ajon/h liikennemäärälisäyksen verrattuna MINI-vaihtoehtoon.

Valtatietäsegmenttien keskinopeus on iltaruuhkassa MINI-vaihtoehdossa noin 2,4 km/h ja AUTO-vaihtoehdossa noin 3,2 km/h yön hiljaisia tunteja alhaisempi (taulukko 5). Iltaruuhkan ero päivän rauhallisiin tunteihin on vaihtoehdoissa hieman yli 1 km/h.

Iltaruuhkan aiheuttama nopeuden alenema verrattuna aamuyön tuntien hiljaisen liikenteen nopeuteen on lähes 5 km/h taajamissa sijaitsevilla päätielinkeillä. Eroa tulevaisuuskuvien välille ei muodostu. Vastaava tilanne on myös taajamien pääkaduilla.

Kun tarkastellaan keskinopeutta teiden nykyisten nopeusrajoitusten mukaan luokiteltuna klo 16–18 iltaruuhkan aikaan eri tulevaisuuskuvissa, havaitaan AUTO-vaihtoehdossa keskinopeuden olevan 50 km/h ja tätä alemmilla nopeusrajoitusluokassa hieman MINI-vaihtoehtoa suurempi. Sen sijaan AUTO-vaihtoehdossa keskinopeus nopeusrajoitusluokassa 60 km/h on noin 0,5 km/h ja nopeusrajoitusluokassa 80 km/h noin 0,8 km/h MINI-vaihtoehtoa pienempi. Merkittävin ero muodostuu 100 km/h tai tätä suuremmissa nopeusrajoitusluokissa. MINI-vaihtoehdossa keskinopeus on

peräti 2,4 km/h suurempi kuin AUTO-vaihtoehdossa. Kaikissa vaihtoehdoissa suhteessa suurin ero nopeusrajoituksen ja ajonopeuden välillä iltaruuhkan aikana on 100 km/h ja tätä suuremmilla nopeusrajoituksilla.

Yhteenvetona voidaan sanoa, että hajautuva rakenne laskee ajonopeuksia lähinnä moottoriteillä, pääteillä ja valtateillä. Kaikissa tulevaisuuskuvissa iltaruuhkan keskinopeudet laskevat eniten moottoritielinkeillä. Tämä todennäköisesti aiheuttaa painetta investointeihin moottoritien kolmikaistaistamiseksi. Suoritteiden kasvu tapahtuu moottoritietä enemmän muille taajaman ulkopuolisille teille, joiden kapasiteetti ei pääsääntöisesti tuota ongelmia, mutta joiden tasoliittymissä sivusuuntien viivytykset kasvavat eksponentiaalisesti pääsuunnan liikenteen kasvaessa ja lisäävät riskinottoa päätiehen liittymisessä. Kuoleman riski on kuitenkin näillä teillä moottoritien kuoleman riskiä suurempi. Uhkana onkin tulevaisuudessa sekä moottoritien kehittämiseen että muiden taajaman ulkopuolisten teiden kehittämiseen on paineita ja käytettävissä oleva rahoitus ei riitä molempiin. Vastakkain joutuvat nopeus- ja turvallisuusargumentit. Ongelman muodostumiseen voidaan vaikuttaa paljon maankäyttöratkaisuilla, kuten tässä tutkimuksessa esitetyt tulokset kertovat.

Taulukko 5 Eri linkkityyppien keskinopeus [km/h] MINI ja AUTO tulevaisuuskuvissa klo 1-4 yöllä sekä ero keskinopeudessa klo 1-4 ja 10-13 ja klo 1-4 ja iltaruuhkan klo 16-18 välillä. (HUOM! Taulukossa on käytetty vanhan tielain mukaista luokittelua.).

	MINI			AUTO		
	linkkityypin keskinopeus klo 1-4	nopeusero klo 10-13 ja klo 1-4 välillä [km/h]	nopeusero klo 16-18 ja klo 1-4 välillä	linkkityypin keskinopeus klo 1-4	nopeusero klo 10-13 ja klo 1-4 välillä	nopeusero klo 16-18 ja klo 1-4 välillä
päätie taajamassa	51,9	-2,5	-4,5	51,9	-2,6	-4,6
paikallistie taajamassa	48,0	-0,7	-1,6	48,0	-0,9	-2,3
pääkatu taajamassa	36,0	-1,2	-2,4	36,0	-1,2	-2,4
moottoritie	95,0	-9,6	-17,4	94,9	-12,1	-21,4
valtatie	74,1	-1,4	-2,4	74,1	-1,8	-3,2
maantie	60,1	-0,9	-1,7	60,1	-1,3	-2,3
paikallistie taajaman ulkopuolella	47,2	-0,5	-1,0	47,2	-0,5	-1,0

Eri tulevaisuuskuvien liikennekuolemien määrälle tehtiin herkkyys-tarkastelua tarkastelemalla nopeustasoa eri tulevaisuuskuvissa. Keskinopeus määritettiin tietyypeittäin suoritteella painotettuna, jolloin eri tulevaisuuskuvien tietyyppikohtaiset keskinopeudet poikkesivat enemmän kuin painottamattoman keskiarvon tapauksessa. Vaikka käytettiin suoritteella painotettuja keskiarvoja, jäivät tietyyppikohtaiset vuorokauden keskinopeuden erot alle 0,5 km/h verrattaessa eri tulevaisuuskuvia lukuun ottamatta moottoritie-osuuksia. Moottoritien keskinopeusero oli muissa tulevaisuuskuvissa 2,8–3,6 km/h alhaisempi kuin MINIssä.

Nopeuden laskemisen merkitys kuolemanriskiin arvioitiin nyrkisäännöllä: nopeuden laskiessa 1 km/h kuolemanriski alenee viidellä prosentilla. Kun otettiin käyttöön nopeuden muutoksen huomioivat riskiluvut (keskinopeus tietyypeillä AUTOssa verrattuna keskinopeuteen tietyypeillä MINIssä), saatiin korjatuksi kuolleiden määräksi AUTO vaihtoehdossa 0,1 kuollutta alhaisempi arvo kuin ilman nopeuden alenemaa huomioivaa korjausta.

Johtopäätöksenä voidaan sanoa, että keskinopeuden erot ovat moottoriteitä lukuun ottamatta niin pieniä eri tulevaisuuskuvissa, että niillä ei näytä olevan merkitystä kuolleiden määrän laskemisessa sillä tarkkuudella kuin se oli tässä tutkimuksessa mahdollista tehdä. Käytössä ei ollut vertailutietoa tämän hetken nopeuksista tietyypeillä, joka olisi mahdollistanut tarkastelun nykyhetken ja tulevaisuuden välillä.

6 Päätelmät ja jatkotutkimusehdotukset

- Samalla väestönkasvun odotteella hajautuneen yhdyskuntarakenteen tulevaisuuskuva (AUTO) tuottaa vuodessa noin neljänneksen enemmän henkilövahinko-onnettomuuksia ja 4–5 autoliikenteessä kuollutta enemmän kuin minimoidun liikkumisen tulevaisuuskuva (MINI).
- Kustannusero (AUTO–MINI) 30 vuoden jaksolla laskettuna on (5 % laskentakorko):
 - onnettomuuskustannukset noin 350 miljoonaa euroa
 - ajoneuvokustannukset noin 500 miljoonaa euroa
 - aikakustannukset jopa runsaat kaksi miljardia euroa.
- Edellä esitettyjen lisäksi infrastruktuurin investointi- ja ylläpitokustannukset eroavat. Paineet uusiin investointeihin ovat hajautuvissa tulevaisuuskuviissa tiiviin yhdyskuntarakenteen tulevaisuuskuvia suurempia.
- Kunnat tulisi velvoittaa huomioimaan liikenneturvallisuus- ja ilmastonmuutos-tavoitteet kaavoituksessa.
- Kaavoituksen vaikutustarkastelujen tulisi olla monipuolempia ja laajempaa aluetta koskevia.

6.1 Yhdyskuntarakenne, liikenteen kasvu ja liikenneturvallisuus

Tutkimus antaa perusteltuja arvioita yhdyskuntarakenteen hajautumisesta aiheutuvasta liikennesuoritteiden ja liikenneonnettomuuksien määrän kasvusta ja liikkumiskustannusten kohoamisesta. Oulun seudulla hajautuvan autokaupungin mallissa liikennesuorite ja henkilövahinko-onnettomuuksien määrä ovat noin neljänneksen suurempia kuin minimoidun liikkumisen mallissa, vaikka uusien asukkaiden määrä on kaikissa vaihtoehdoissa sama. Vaihtoehtojen ero ajoneuvotunneissa, eli liikenteessä käytetyssä ajassa, on hieman pienempi kuin ajosuoritteissa, mutta kuitenkin merkittävä.

Liikennekuolemien ero tiiviin ja hajautuneen maankäytön vaihtoehtojen välillä on vuosittain 4–5 henkilöä, eli hajautunut rakenne aiheuttaa nykyhetken riskilukuja laskelmassa käyttäen liikennekuolemia noin kolmanneksen enemmän kuin tiivis yhdyskuntarakenne. Vertailun vuoksi voidaan mainita, että valtakunnallisia tavoitteita mukaileva Oulun läänin liikenneturvallisuustavoite vuodelle 2025 on enintään kymmenen kuollutta koko Oulun läänissä.

Erilaiset maankäytön vaihtoehdot näyttävät tuovat suurimmat erot taajamien ulkopuolisten seutu- ja yhdysteiden, valtateiden ja

moottoritien ajosuoritteisiin. Suoritteiden kasvun lisääntyminen yksiajorataisilla nopeilla väylillä johtaa nykyisen onnettomuus-riskitiedon nojalla henkilövahinkoon johtavien onnettomuuksien ja erityisesti liikennekuolemien kasvuun.

Suoritteiden kasvusta aiheutuva keskinopeuden alenema iltaruuhka-aikana on suurin moottoritiellä, jossa hajautuvan autokaupungin vaihtoehdossa keskinopeus painui lähelle 70 km tunnissa. Valtakunnallinen intressi on pitää päätiet toimivina. Jos kaupunkiseutujen ja niiden työssäkäyntialueiden sisäinen liikenne sekoittuu yhä enemmän pitkämatkaiseen liikenteeseen, aiheuttaa se todennäköisesti liikenneturvallisuusongelmia päätieverkolle. Lyhyen ja pitkän matkan liikenteen intressit ovat erilaiset. Jatkuvat liittymiset ja poistumiset haittaavat liikenteen toimivuutta ja luovat liikennevirtaan häiriötilanteita. Keskinopeuden laskeminen moottoritiellä luo painetta esimerkiksi

- moottoritien kolmikaistaistamiseen,
- liittymien vähentämiseen, jolloin investointitarve siirtyy rinnakaistiejärjestelyihin, tai
- telematiikka-investointeihin, jolloin hidastuvan liikennevirran nopeuseroja pyritään pienentämään.

Toisaalta tulokset osoittavat useimmilla tietyypeillä keskinopeuden alenemisen olevan ruuhka-aikoinakin melko vähäistä. Olemassa olevien väylien kapasiteetti ei siten käytännössä tuo rajoitusta auto liikenteen kasvulle, jolloin liikkumisen hinnan ollessa alhainen, asuinpaikan etsiminen sieltä, missä se on halvempaa eli kauempaa on ihmisille luontaista. Jos liikkumisen hinta merkittävästi nousee, yhä useampi todennäköisesti siirtyy autoilusta joukkoliikenteen käyttäjäksi. Riskinä seudun kunnille on tulevaisuudessa joutua kustantamaan kalliita joukkoliikennepalveluja, koska hajautuva rakenne vaikeuttaa palvelujen tehokasta tuottamista. Liikkumisen hinnan rinnalla myös hajautumisen aiheuttamia kustannuksia tulisi jossakin määrin voida aiheuttamisperiaatteella säilyttää ”hajauttavan” asumismuodon valitseville.

Tulokset osoittavat selvästi, että alueellisilla maankäytön ratkaisuilla vaikutetaan merkittävästi liikenteen kasvun määrään valtakunnan verkolla. Käytännössä ainoa tapa puuttua maankäytönratkaisuihin on kaavoitus. Kunnille ei ole kuitenkaan asetettu sitovia velvoitteita ottaa kaavoituksessa huomioon esimerkiksi liikenneturvallisuus- tai ilmastonmuutostavoitteita.

Oulun seudun kuntien yhteisen yleiskaavan mukainen perusneste sijoittui tarkasteltujen vaihtoehtojen joukossa hyvin. Seudun tai jopa työssäkäyntialueen yhteisen yleiskaavan laatiminen on suositeltavaa, sillä maankäytön vaikutukset eivät rajoitu kuntarajojen

sisälle. Ylipäätään kaavoituksen vaikutustarkastelujen tulisi olla nykyistä monipuolisempia ja kattaa laajempi alue.

Liikenteen kasvu lisää ajan mittaan myös investointeja liikenneinfrastruktuuriin. Näin ollen maankäytön hajautumisen haitat korostuvat myös tätä kautta. Investointitarpeita ei tässä yhteydessä ole tarkemmin selvitetty, mutta näyttää siltä, että paineet kohdistuvat lähinnä Tiehallinnon hallinnoimalle tieverkolle. Keskustan ruuhkautuessa reitinvalintaa muutetaan, jolloin liikenteen kasvu ohjautuu keskustan ulkopuolelle. Hajautuvan yhdyskuntarakenteen vaihtoehdot vaativat myös lisää katuverkon rakentamista ja Tiehallinnon seutu- ja yhdysteiden parantamista. Rakentamiskustannukset lankeavat tällöin sekä kunnille että Tiehallinnolle.

Tutkimus tukee lukuisia aikaisempia selvityksiä tiiviin yhdyskuntarakenteen hyödyistä liikkumistarpeen minimoinnin ja liikkumiskustannusten näkökulmasta. Muuttuisivatko ihmisten mieltymykset ”omakotitaloon järvenrannalla kaukana naapureista”, jos haja-asumiseen liittyvät kustannukset voitaisiin tarkkaan osoittaa ja ne myös jyvitetäisiin asukkaille aiheuttamisperiaatteen mukaan?

Koska yhdyskuntarakenteen hajautumisen kustannusvaikutukset ovat erittäin merkittäviä, on syytä selvittää ja ottaa käyttöön kaikki mahdolliset keinot, joilla liikkumistarvetta voidaan minimoida. Tähän antavat riittävät perusteet jo ennakoitavissa olevat liikennesuoritteet, joiden kasvu edellyttää myös investointeja liikenneinfrastruktuuriin. Tulevaisuuskuvien välillä on löydettävissä myös selvä ero henkilövahinko-onnettomuuksien ja liikennekuolemien määrässä, vaikka tarkastelutapa on yksinkertaistava. Hajarakentamispäätöksillä lisätään autolla liikkumisen määrää, kustannuksia, liikkumiseen käytettävää aikaa ja seudun asukkaiden riskiä kuolla liikenteessä. Toisella puolella puntaria on asumisen edullisemman hinnan kautta yksilöiden saavuttama asumisväljyys.

6.2 Liikenteen tuntivaihtelu ja liikenneturvallisuus

Oulun seudun aineisto tukee ulkomaisissa tutkimuksissa todettua johtopäätöstä U-käyrän tyypisistä onnettomuusriskin riippuvuussuhteen tuntiliikennemäärästä, etenkin henkilövahinko-onnettomuuksien osalta - kuolemaan johtavia onnettomuuksia on yhdellä kaupunkiseudulla liian vähän tilastollisiin johtopäätelmiin.

Yksittäisonnettomuuksien määrä vähenee liikenteen vilkastuessa, ja samanaikaisesti usean ajoneuvon onnettomuuksien riski nousee. Kun liikennettä on ”sopivasti”, on liikenneonnettomuuden riski suhteessa välitettyyn liikenteeseen alhaisimmillaan. Tämä havaittiin myös Oulun aineistossa: ruuhka-aikoina henkilövahinko-

onnettomuuksia sattuu vähemmän suhteessa liikennesuoritteeseen kuin keskellä päivää tai iltaja yöaikaan. Liikenneturvallisuuden näkökulmasta liikenteen kasvun aiheuttama ruuhkautuminen ei siis välttämättä ole pelkästään kielteistä. Sen sijaan liikennesuoritteen kasvu on itsessään turvallisuusongelma, sillä väestön todennäköisyys kuolla liikenteessä on sitä suurempi, mitä enemmän väestö liikkuu. Toki henkilövahinkojen kokonaismäärään vaikuttaa liikumisen määrän lisäksi myös se, kuinka riskialttiilla kulkumuodoilla liikutaan ja kuinka riskialttiissa liikenneympäristössä liikutaan.

Liikenteen tuntivaihtelun ja onnettomuusriskin vertailu osoittaa onnettomuuksia tapahtuvan suhteessa liikennesuoritteeseen eniten vähäisen liikenteen olosuhteissa. Ajallisesti tämä tarkoittaa lähinnä yöaikaa, mutta myös alkuiltapäivää. Eri tulevaisuuskuvissa ei ole olennaisia eroja liikenteen ajoittumisessa. On kuitenkin mahdollista, että hiljaisen liikenteen korkeampi onnettomuusriski on yhteydessä vähäiseen liikenteeseen sinänsä, eikä kellonaikaan. Tällä on oma merkityksensä arvioitaessa eri tulevaisuuskuvia.

Hajautuva yhdyskuntarakenne edellyttää laajaa tieverkkoa, jossa liikenne on melko vähäistä. Tällöin voidaan olettaa melko suurella nopeudella tapahtuvien yksittäisonnettomuuksien olevan suhteellisesti yleisempiä kuin niissä tulevaisuuskuvissa, joissa rakennettu tiekapasiteetti on suhteessa voimakkaammin kuormitettua. Tosin liikennekuolemien kannalta riskialtimpia ovat suuren nopeuden tavalliset kaksikaistaiset tiet, joilla eniten kuolemia aiheutuu kohtaamisonnettomuuksista. Riski kuolla kohtaamisonnettomuudessa kasvaa näillä teillä nopeammin kuin liikennesuorite. Tätä ilmiötä ei kuitenkaan ole juurikaan tutkittu tuntiliikenteen tasolla. Varsinaisten taajamien ulkopuolisissa tilastotaajamissa valtakunnallisten pääteiden X-liittymät muodostavat myös riskin liikennekuolemien kannalta. Kuitenkaan ei ole tarkemmin selvitetty, kasaantuvatko onnettomuudet joihinkin kuormitustilanteisiin.

6.3 Liikennemallit liikenneturvallisuuksuunnittelun apuvälineenä

Liikennemallijärjestelmät tuottavat liikenneturvallisuuksuunnittelun lähtötiedoksi liikennemääriä, nopeuksia ja suoritteita. Mikäli näiden tekijöiden vaikutus onnettomuuksiin voidaan luotettavasti osoittaa, voidaan malleilla myös suoraan ennustaa onnettomuuskehitystä. Tällöin mallien avulla voidaan tehdä esimerkiksi alueellisia turvallisuusvertailuja tai tutkia helposti erilaisia nopeusrajoitusjärjestelmiä.

Tässä työssä käytetyillä TARVA-ohjelmistosta saaduilla tiettyyppien keskimääräisillä onnettomuusriskeillä havaittiin onnetto-

muusmäärien muutosten seuraavat tietyppien kokonaissuoritteiden muutoksia. Tarkemmat liikenteen ja onnettomuuksien tuntivaihtelut osoittivat kuitenkin, että tuntiliikennemäärän ja henkilövahinko-onnettomuuksien suhde ei kasva suoraviivaisesti. Varovasti voidaan tulkita, että liikenteen ruuhkautumisen kautta tapahtuva nopeuksien aleneminen saattaa vähentää vakavia onnettomuuksia. Jatkossa tulisi selvittää tarkemmin liikenteen ruuhkautumisen vaikutusta erityyppisiin onnettomuuksiin ja toimivuuteen erilaisilla tietyyypeillä. Koska nopeuden kasvu lisää onnettomuusriskiä, olisi tärkeää selvittää ruuhkien poistamisen vaikutukset koko vaikutusalueen tie- ja katuverkon nopeuksiin, jotta liikenneinvestointeihin voitaisiin ottaa kantaa nykyistä paremmin myös liikenneturvallisuuden näkökulmasta. Nykyisin käytetty suoraviivainen liikennesuoritteiden ja onnettomuuksien suhde saattaa vääristää hankkeiden liikenneturvallisuusvaikutuksia.

Mikäli ruuhkautumisen aiheuttama nopeuksien aleneminen ja onnettomuusriskien muuttuminen todetaan merkittäväksi, on myös mallijärjestelmiä kehitettävä siihen suuntaan, että ne kuvaavat liikenteen vaihtelua vuorokauden sisällä esimerkiksi tunneittain. Tällä näkökulmalla on erityisesti merkitystä suuriliikenteisillä teillä, joilla on kapasiteettiongelmia.

6.4 Jatkotutkimusideoita

6.4.1 Liikenneonnettomuuksien tilastointi

Tutkimuksen eri tulevaisuuskuvien tuottamat liikenneolosuhteet olivat siinä määrin erilaisia, että liikenneonnettomuuskehityksen arvioimiseksi tarvittaisiin täsmällisempää tietoa erityisesti kuoleman riskistä eri tie- ja liikenneolosuhteissa kaupunkiseuduilla. Liikennekuolemia tapahtuu esimerkiksi Oulun seudun kokoisella alueella melko vähän tilastollisia tarkasteluja ajatellen, minkä takia tarkasteluista ei saada luotettavia. Seuraustensa vakavuudelta erilaisia onnettomuuksia on jatkossa syytä tarkastella lähemmin. Perinteisesti on ajateltu, että olisi parempi käyttää turvallisuustarkasteluissa henkilövahinko-onnettomuuksia kuin kuolemaan johtaneita onnettomuuksia, jotta voitaisiin tehdä luotettavampia johtopäätöksiä. Henkilövahinko-onnettomuusriskin ja kuolemanriskin tarkastelu näyttävät kuitenkin antavan jopa vastakkaisia näkemyksiä tietyn tieympäristön vaarallisuudesta suhteessa toiseen tieympäristöön. Liikenneturvallisuusvision mukaan kuitenkin tulee ensisijaisesti pyrkiä vähentämään liikennekuolemia ja vakavia vammautumisia. Jako kuolemiin ja henkilövahinkoihin on, etenkin kaupunkiseutujen

tasolla, liian karkea. Vakavasti loukkaantuneiden tilastointi ja tarkastelu erikseen toisi mukaan uuden mittarin.

Kaupunkien liikenneturvallisuussuunnitelmissa tarkastellaan yleensä henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien vähenemisiä erilaisilla investoinneilla ja toimenpiteillä. Henkilövahinkoonnettomuuksien ja kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien suhdetta ei tarkastella. Ei ole itsestään selvää, johtavatko henkilövahinkoonnettomuuksien vähentämiseen tehokkaimmin tähtäävät toimenpiteet tehokkaimmin myös liikennekuolemien ja vakavasti loukkaantuneiden määrän vähenemiseen. Tutkimusta tulisi tehdä vakavuudeltaan erilaisten onnettomuuksien suhteesta toisiinsa nähden (esimerkiksi henkilövahinkoon, vakavaan loukkaantumiseen ja kuolemaan johtaneet onnettomuudet). Tämä tarkastelu voisi tuottaa ajatuksia myös vakavasti loukkaantuneiden ryhmän tarpeellisuudesta liikenneonnettomuuksien tilastoinnissa.

Tässä esitutkimuksessa monta sekä liikenteen määrään että onnettomuuksien vaihteluun vaikuttavaa tekijää rajattiin pois. Esimerkiksi vuodenajan vaikutusta valaistus- ja keliolosuhteiden kautta tuntiliikenteen vaihtelukäyrään ja onnettomuuksien määrään olisi mahdollista ja mielenkiintoista tutkia. Jos käytössä olisi useita kaupunkiseutuja koskeva aineisto, tarjoaisi aineiston koko mahdollisuuden kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien tarkasteluun. Tässä tutkimuksessa jouduttiin lähinnä tarkastelemaan vain henkilövahinkoonnettomuuksien tapahtumista tapahtumatunneittain.

Henkilövahinkoonnettomuusriski ja kuolemanriski ovat viime vuosikymmeninä pienentyneet. Tässä tutkimuksessa tulevaisuuden onnettomuusmäärät eri tulevaisuuskuoissa laskettiin nykyisiä onnettomuusriskejä käyttäen. Tarkastelutapaa pitäisi kehittää jatkossa. Tulevaisuussuuntautunut tutkimus, jossa ennakoitaisiin onnettomuusriskilukujen muutoksia tulevaisuudessa eri tyytyypeillä.

6.4.2 Yksilön valinnat olosuhteiden muuttuessa

Mallinnusmenetelmien lähtökohtana on, että yksilö tekee valintansa omista lähtökohdistaan rationaalisesti. Liikennemäärän kasvaessa ja koetun riskin lisääntyessä voi itsesuojeluvaiston merkitys kasvaa. Tämä olisi nykyisten liikennemallien huomioimien muuttujien näkökulmasta kuitenkin epärationaalista toimintaa. Yksilö voi käytännössä valita kulkutapansa, reittinsä ja joissakin tapauksissa myös määräpaikkansa liikenneturvallisuusperustein, joita nykyiset mallinnusmenetelmät eivät huomioi. Tämän tekijän vaikutusta voitaisiin arvioida esiselvitystyyppisellä kirjallisuusselvityksellä ja sitä täydentävällä kyselytutkimuksella.

Liikennekulttuurissa turvallisuushakuinen ajattelu saattaa myös korostua koetun onnettomuusrisikin kasvaessa. Tällöin joukkoliikenteen suosio voi kasvaa, mikä edellyttää kuitenkin kilpailukyistä palvelutasoa. Mikäli maankäyttö ei ensinkään luo edellytyksiä joukkoliikenteen olemassaololle, ei sen markkinaosuutta ole tietenkään mahdollista kasvattaa.

6.4.3 Liikenneturvallisuusvaikutukset maankäytön suunnittelussa

Usein hajarakentamispäätöksiä tai niistä pidättäytymistä perustellaan maankäytön suunnittelussa ajokustannusten tai ympäristöargumenttien avulla. Liikenneturvallisuusnäkökulmia tuodaan toistaiseksi melko rajallisesti esille, vaikka ne voisivat yksilölle olla helpommin hyväksyttäviä tai ymmärrettäviä syitä tiettyihin maankäytön valintoihin. Maankäytön, lähinnä hajarakentamisen liikenneturvallisuusvaikutukset tulisi muuntaa helposti käytettävissä oleviksi ”nyrkkisäännöiksi”.

Kaavoituksen vaikutustarkastelut tulisi tehdä monipuolisemmin kuin nyt. Erityyppisen maankäytön liikenneturvallisuusvaikutukset tulisi voida arvioida helpokäyttöisin menetelmin kaavoituksen vaikutustarkasteluja varten. Tämä monimutkaisten turvallisuusvaikutusten oikealla tavalla yksinkertaistaminen vaatisi lisää tutkimusta ja käyttökelpoisten menetelmien kehitystyötä.

6.4.4 Liikennemallitarkastelujen jatkaminen

Kuten jo edellä tuotiin esille, jatkossa tulisi selvittää tarkemmin liikenteen ruuhkautumisen vaikutusta erityyppisiin onnettomuuksiin ja liikenteen nopeuksiin. Koska nopeuden kasvu lisää onnettomuusriskiä ja etenkin vakavia seurauksia, olisi tärkeää selvittää ruuhkien poistamisen vaikutukset koko vaikutusalueen tie- ja katuverkon nopeuksiin, jotta liikenneinvestointeihin voitaisiin ottaa kantaa nykyistä paremmin myös liikenneturvallisuuden näkökulmasta.

Jos liikennemäärien, nopeuksien ja suoritteiden vaikutus onnettomuuksiin saataisiin määritettyä riittävän yksiselitteisesti, se toisi liikenneturvallisuussuunnittelusta liikennemallijärjestelmille soveltamiskohteen. Esiselvitystyyppisenä tarkasteluna olisi mahdollista tarkastella liikennemallijärjestelmien kehityssuuntia ja millaisia mahdollisuuksia ne toisivat liikenneturvallisuusvaikutusten arviointiin. Periaatteessa malleihin olisi mahdollista laatia turvallisuusvaikutusten laskemiseen valmis sovellus, jonka laajemmalla käytöllä saataisiin eri kaupunkiseuduilta paremmin yhteismitallisia tuloksia. Liikennemallijärjestelmissä on yleensä melko paljon alue-

kohtaisia ominaispiirteitä, joten yhtenäisen lähestymistavan löytäminen vaatisi lisäselvityksiä.

Tässä tutkimuksessa keskusta-alueiden katuverkolla tapahtuneet onnettomuudet ennakoitiin tulevaisuuskuvin käyttäen taajama-alueiden yleisten teiden onnettomuusriskilukuja. Kaupungin katuverkon riskilukuja ei ollut samalla tarkkuudella käytettävissä. Lähempiä tutkimuksia ja kehittämistoimia kaipaava alue olisikin suurten kaupunkiseutujen väylätyyppien määrittely ja luotettavat väylä- ja liittymäkohtaiset nykytilan turvallisuustilanteen määrittelymenetelyt. Nykyisin on Tiehallinnon teillä jo käytössä TARVA-ohjelma, jolla voidaan arvioida erilaisten tienpidon toimenpiteiden turvallisuusvaikutuksia. Ohjelmaan sisältyy tutkittavan tieosuuden liikenneturvallisuuden nykytilan luotettavimman arvion tekeminen. Yksittäisessä kohteessa tapahtuneiden henkilövahinko-onnettomuuksien perusteella ei ole mahdollista tehdä luotettavia johtopäätöksiä, vaan tueksi tarvitaan myös vastaavanlaisten tienkohtien tietojen yhdistämistä arvioon. Suurillakin kaupunkiseuduilla on yleensä sellaista Tiehallinnon tieverkkoa, jolle TARVA-ohjelmalla voidaan laskea luotettavasti turvallisuuden nykytila-arvio. Tulisi kuitenkin selvittää, tarvittaisiinko katuverkon menetelmien kehittämisen rinnalla myös kaupunkiseutujen suuriliikenteisimpien muidenkin väylien turvallisuustilanteen määrittelyn menetelmällistä kehittämistä.

Keskustojen autoliikennemäärän ja liikennepolitiikan vaikutus kevyen liikenteen onnettomuuksien määrään ja vakavuuteen on tarpeellinen, mutta vaativa tutkimusaihe. Myös kaupungeissa tapahtuneiden onnettomuuksien tilastointimenettelyjä tulisi kehittää.

Onnettomuusriski on erilainen eri vuorokaudenaikoina. Tälle voi olla useita syitä. Työmatkaliikenteen huipputunteina ajetaan usein tuttuja reittejä tutuissa olosuhteissa, kun muina aikoina liikenteessä ollaan satunnaisesti ja usein muussa kuin jokapäiväisessä liikenneympäristössä. Tällöin liikenteessä on myös ehkä vähemmän rutinoituneita kuljettajia. Mallinnusmenetelmät eivät tuota eri tulevaisuuskuviin välille eroja tässä suhteessa. Tulisikin tarkastella lähemmin yhtäältä sitä, minkälaiset liikkujat kussakin tulevaisuuskuvasssa ovat liikkeellä mihinkin aikaan, ja toisaalta sitä, mikä vaikutus tällä on liikenneturvallisuuteen.

Laajemmin ajateltuna kyse on liikenneympäristön ja siitä saatavan kokemuksen muuttumisesta. Liikenteen kasvu ei ehkä väylästäön kapasiteetin näkökulmasta edellytä uusinwestointeja, mutta voi johtaa koettujen liikenneolosuhteiden heikkenemiseen. Lisääntyvät liikennemäärät lisäävät myös onnettomuuksien määrää. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella ei voi päätellä aiheutuvien onnettomuuksien vakavuusastetta liikenteen kasvaessa, mutta on perusteita

olettaa, että liikenteen ruuhkautuessa siten, että nopeudet pienenevät selvästi, onnettomuudet voivat jopa lieventyä seurauksiltaan.

Tässä tutkimuksessa käytettyä lähestymistapaa olisi mahdollista laajentaa vertailuksi, jossa olisi mukana useampia suomalaisia kaupunkiseutuja. Vertailuasetelmalla olisi mahdollista löytää alueelliset erot ja ennen kaikkea ne nyrkkisäännöt, jotka koskevat kaikkia seutuja

Lähteet

Aarts, Letty & van Schagen, Ingrid. (2006). Driving speed and the risk of road crashes: A review. *Accident Analysis and Prevention*, Volume 38, Issue 2, pages 215–224.

Adbel-Aty, Mohamed & Radwan Essam. (2000). Modeling traffic accident occurrence and involvement. *Accident Analysis and Prevention*, nro 32, pp. 633-642.

Eurostat (2006a). Sustainable development indicators: Transport. European Commission. Eurostat pääsivu: <http://epp.eurostat.cec.eu.int/portal/> Luettu 13.2.2006

Eurostat (2006b). Europe in figures. Eurostat yearbook 2005. Online Tables. European Commission. Eurostat pääsivu: <http://epp.eurostat.cec.eu.int/portal/> Luettu 13.2.2006.

Commission of the European Communities. (2006). European road safety action programme: Mid-term review. http://europa.eu.int/comm/transport/road/library/rsap_midterm/rsap_mtr_communication_en.pdf

Godet, Michel. (1987). Scenarios and strategic management. London: Butterworth.

Golob, Thomas & Recker, Wifred. (2004). A method for relating type of crash to traffic flow characteristics on urban freeways. *Transportation Research Part A* 38, pp. 53-80.

Golob, Thomas, Recker, Wifred & Alvarez, Veronica. (2004). Freeway safety as a function of traffic flow. *Accident Analysis and Prevention*, nro 36, pp. 933-946.

Heinonen, Sirkka. (2001). Uudet suunnat maaseudun tulevaisuudelle. Tulevaisuuden tutkimuksen seura. Tulevaisuussarja 7. Helsinki.

Lord, Dominique, Manar, Abdelaziz & Vizioli, Anna. (2005). Modeling crash-flow-density and crash-flow-V/C ratio relationships for rural and urban freeway segments. *Accident Analysis and Prevention*, nro 37, pp. 185-199.

Kunnas, Jouko, Ruonakoski, Annamari, Taskinen, Johanna (2006). Kotikuja – Liikkumisen valinnat tiiviillä pientaloalueella. Joukko-liikenteen tutkimusohjelma (JOTU). Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 5/2006.

Martin, Jean-Louis. (2002). Relationship between crash rate and hourly traffic flow on interurban motorways. *Accident Analysis and Prevention*, nro 34, pp. 619-629.

Niittymäki, Jarkko, Rautio, Janne, Vehmas, Anne & Nevala, Riku (2005). Liikenteen kasvun hillintä ja liikenneturvallisuus. Lintu julkaisuja 5/2005.

KULTI-työkalu. Onnettomuustiedot: poliisin tietoon tulleet tieliikenneonnettomuudet 1997-2002. Työkalua käytetty 22.3.2006.
<http://www.lintu.info/kultityokalu.htm>

Oulun lääninhallitus (2005). Oulun läänin liikenneturvalliustaavoitteet ja -toimenpiteet vuoteen 2010. Oulun lääninhallituksen julkaisuja, julkaisu n:ro 102.

Oulun seudun liikenne 2020 (2003).
http://www.ouka.fi/seutu/pdf/oululj_rapo_030603.pdf

Peltola, Harri & Rajamäki, Riikka. (2004). Liikenneturvallisuus yleisillä teillä vuosina 1997–2001. Tieryhmittäisiä tarkasteluja. Tiehallinnon selvityksiä 7/2004. Edita Prima Oy. Helsinki.

Peltola, Harri & Rajamäki, Riikka. (2005). Päälystetyn tieverkon ominaisuuksien, nopeusrajoitusten ja tienvarsiasutuksen yhteydet liikenneturvallisuuteen. Vuosien 1996-2003 onnettomuusaineistojen tarkastelu. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja, julkaisematon luonnos.

Peltola, Harri, Rajamäki, Riikka & Malmivuo, Mikko. (2004). Talviajan nopeudet ja raskas liikenne. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 67/2004. Edita Oy. Helsinki.

Qin, Xiao, Ivan, John N. & Ravishanker, Nalini. (2004). Selecting exposure measures in crash rate prediction for two-lane highway segments. Accident Analysis and Prevention, nro 36, pp. 183-191.

Tiehallinto (2005). Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot 2005. TIEH 2100039-v-05. Edita Prima Oy. Helsinki.

Törmänen, Mikko ja Ristimäki, Mika (1999). Oulun kaupunkiseudun alueellisen työpaikkaomavaraisuuden lisääminen. Lyyli-raporttisarja 16. Edita Oy, Helsinki.