



S12 Pääteiden parantamisratkaisut

Liikennekäyttäytyminen ja onnettomuudet

Taustaselvitys



S12 Pääteiden parantamisratkaisut

Liikennekäyttäytyminen ja onnettomuudet

Taustaselvitys

<Julkaisuryhmä> <X/2001>

Tiehallinto

<Helsinki'2001>

ISSN 1457-9871
ISBN 951-726-782-7
TIEH 3200681

Edita Oyj

Julkaisua myy/saatavana:
Tiehallinto, julkaisumyynti
Telefaksi 0204 22 2652
S-posti julkaisumyynti@tiehallinto.fi
www.tiehallinto.fi/julk2.htm

Tiehallinto
Tie- ja liikennetekniikka
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelinvaihte 0204 2211

Summala, Heikki: Liikennekäyttäytyminen ja onnettomuudet - Taustaselvitys. Tiehallinto, Tie- ja liikennetekniikka. Helsinki 2001. Tiehallinnon selvityksiä 35/2001. 39 s. ISSN 1457-9871, ISBN 951-726-782-7, TIEH 3200681.

Aiheluokka: 84

Asiasanat: käyttäytyminen, liikenneympäristö, mielipiteet, onnettomuudet, poikkileikkaus, tietyypit

TIIVISTELMÄ

Maamme päätieverkko koostuu pääosin kaksikaistaisista teistä, joilla turvallisuusongelmia esiintyy sekä tasoliittymissä että ohitus- ja kohtaamistilanteissa. Päätieverkon parantamisessa yksi vaihtoehto on normaalia leveämpi poikkileikkaus (12,5-13,5 m), jolla voidaan toteuttaa erilaisia kaistajärjestelyjä. Tällöin kuitenkin on otettava huomioon se, miten erityyppiset poikkileikkaukset vaikuttavat kuljettajan liikennekäyttäytymiseen ja sitä kautta onnettomuusriskiin. Myös tienkäyttäjien kokemukset pyritään valinnassa ottamaan huomioon.

Tässä raportissa luodaan ensin katsaus kuljettajien käyttäytymiseen ja onnettomuusteoriaan samoin kuin kuljettajien opittujen odotusten merkitykseen tien toimivuudessa ja suunnitteluperiaatteissa. Tarkastelussa tehdään jako opastavan ja pakottavan designin välillä, jossa opastava design merkitsee kuljettajien odotuksia tukevaa hyvää suuntausta, kun taas pakottavassa designissa suunnittelulementit eivät jätä kuljettajille vaihtoehtoja. Jälkimmäisiä ovat esim. kierto-liittymät ja reunaesteet, ja tähän kategoriaan kuuluvilla keinoilla on myös selkeä suojaava vaikutus.

Hyvin huomattava osa kuolonkolareista päätieverkollamme on kohtaamisonnettomuuksia, ja raskas liikenne on näissä runsaasti yliedustettuna, kuitenkin etupäässä syyttömänä osapuolena. Tässä raportissa esitetään hypoteesi, jonka mukaan kuljettaja valmistautuu kohtaavan raskaan ajoneuvon aiheuttamaan tilan kapenemiseen joskus tavalla, joka voi johtaa epäonnistuneen korjausliikkeen kautta vastaantulevan kaistalle. Näin käy ilmeisesti erityisesti liukkaalla kelillä, jolloin kuljettajat väistävät vastaantulevaa raskasta ajoneuvoa tien reunaan ja menettävät ajoneuvon hallinnan. Sivuttaissuuntaisen tilan lisääminen tällaisten tilanteiden välttämiseksi ei kuitenkaan ole aivan ongelmatonta. Lisätila muuttaa todennäköisesti ohituskyynnystä ja lisää niin ohittamista kuin niihin liittyviä vaaratilanteita. Tästä syystä on olemassa selvä tutkimustarve sekä kohtaamistilanteiden että ohituskäyttäytymisen yksityiskohtaiselle analyysille niin perinteisessä poikkileikkauksessa kuin erilaisissa leveissä poikkileikkauksissa yksiajorataisilla teillä.

Toisaalta olisi perusteltua rauhoittaa liikennevirtaa vähentämällä nopeuksien hajontaa, mikä johtaisi ohitusten vähenemiseen. Tasanopeusmalli, jossa raskasliikenne ja henkilöauto ajaisivat samalla nopeudella, olisi yksi mahdollinen vaihtoehto tietylle osalle tieverkkoamme. Tämä tilanne toteutuu varsin pitkälle 80 nopeusrajoitusalueella, joka kuitenkin ei välttämättä ole optimiratkaisu. Ensivaiheessa tulisi kuitenkin selvittää kesän 100 km/h:n ja talven 80 km/h:n rajoitusten vaikutukset liikennevirtaan erikseen raskaalle ja kevyelle liikenteelle.

Tienkäyttäjien mielipiteet on tekijä, joka vaikuttaa niin poliittiseen päätöksentekokoneistoon kuin osaltaan myös Tiehallinnon omiin päätöksiin. Kyseilyjä ja mielipiteitä voi käyttää mittausinstrumentteina epäkohtien, ongelmien ja vaaratilanteiden kartoituksessa. On kuitenkin huomattavaa, että välitön kokemus tietystä tieympäristöstä todennäköisesti vaikuttaa kuljettajien mielipiteisiin ja se tulisi ottaa huomioon kyselyjä toteutettaessa.

Tämän raportin lopussa esitetään ehdotus liikennekäyttäytymistä ja tienkäyttäjien mielipiteitä koskevasta tutkimuskokonaisuudesta toteutettavaksi S12 Pääteiden parantamisratkaisut projektissa.

ESIPUHE

S12 Pääteiden parantamisratkaisut projektissa kehitetään mm. uusia tietyyppisiä ja suunnitteluperiaatteita kaksikaistaisille teille. Projektin liikennekäyttäytymistä ja tienkäyttäjien mielipiteitä tutkivan osa-alueen tavoitteena on selvittää, miten päätiellä ajaviin kuljettajiin voidaan vaikuttaa siten, että liikenneturvallisuus ja sujuvuus paransivat. Osa-alueessa selvitetään myös tienkäyttäjien mielipiteitä ja kokemuksia uudentyypisistä ratkaisuista.

Tässä raportissa esitetään katsaus liikennekäyttäytymiseen ja onnettomuusteoriaan sekä kuljettajien opittujen odotusten merkitykseen tien toimivuudessa ja suunnitteluperiaatteissa. Raportti on S12 Pääteiden parantamisratkaisut projektin liikennekäyttäytymistä ja tienkäyttäjien mielipiteitä tutkivan osa-alueen taustaselvitys. Taustaselvityksen pohjalta projektissa on käynnistetty ehdotetut tutkimukset.

Raportin on laatinut Helsingin yliopiston psykologian laitoksen professori Heikki Summala. Tilaajan yhdyshenkilöinä ovat toimineet Pauli Velhonoja ja Päivi Pesu.

Helsinki, toukokuu 2001

Tiehallinto
Tie- ja liikennetekniikka

Sisältö

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | JOHDANTO | 7 |
| 2 | LIIKENNEKÄYTTÄYTYMISEN JA ONNETTOMUUKSIEN TEORIAA | 8 |
| 3 | KULJETTAJIEN ODOTUKSET JA TIEN SUUNNITTELUPERUSTEET | 14 |
| 3.1 | Odotukset täyttävää tiensuunnittelua | 14 |
| 3.2 | Pakottava design ja opastava design | 15 |
| 4 | KULJETTAJAN TOIMINTA JA TOIMINTAVIRHEET LIITTYMÄVÄLEILLÄ | 18 |
| 4.1 | Kaistalla pysyminen | 18 |
| 4.1.1 | Väistöliikkeiden osuus kohtaamisonnettomuuksissa ja hallinnanmenetyksissä | 22 |
| 4.1.2 | Liukas keli avainasemassa | 22 |
| 4.1.3 | Korjausliikkeet ja hallinnan menetys eri keleillä | 23 |
| 4.1.4 | Tien leveys | 23 |
| 4.2 | Ohittaminen | 25 |
| 4.3 | Tasanopeus | 26 |
| 4.4 | Vakavien onnettomuuksien ehkäiseminen päätieverkolla | 27 |
| 5 | LIIKENNEKÄYTTÄYTYMINEN JA TIENKÄYTTÄJIEN MIELIPITEET | 30 |
| 6 | EHDOTUS TUTKIMUSKOKONAISUUDEKSI | 33 |
| 6.1 | Kohtaaminen eri poikkileikkauksissa | 33 |
| 6.2 | Kuljettajien itseraportoitu käyttäytyminen, ongelmat ja mielipiteet eri tyyppisistä poikkileikkauksista | 35 |
| 6.3 | Tasanopeuskokeilu | 36 |
| 7 | LÄHDEVIITTEET | 37 |

1 JOHDANTO

Päätieverkko välittää liikennettä keskusten välillä, jolloin toimivuuskriteereinä (palvelutasokriteereinä) on tyypillisesti käytetty matka-aikaa ja sen ennustettavuutta sekä turvallisuutta [1, 2]. Matka-aika ja sen vaihtelu ovat yksiselitteisesti mitattavissa olevia suureita, joskin vain työläillä matkanopeusmittauksilla voidaan saada luotettavaa tietoa matka-ajoista pitkillä tieosuuksilla. Tällöin saattaa myös hyvin voimakkaasti painottua mm. vapaaehtoisten pysähdysten osuus matka-ajoissa [3]. Kuljettajan kannalta ei olekaan aivan selvää, mitä keskeiset toimivuuskriteerit ovat. Pitkähkö matka ja ajoaika saavat aikaan sen, että nopeuksiin adaptoidutaan [4, 5], ja nopeuden ylläpidosta muodostuu keskeinen motivoiva tekijä, mikä tarkoittaa sitä, että nopeuden pienikin hidastuminen esim. hitaamman ajoneuvon takia koetaan negatiiviseksi, vaikka se ei kokonaisuudessa vaikuttaisikaan matka-aikoihin. Ajokäyttäytymistä tarkasteltaessa onkin olennaista kiinnittää huomiota sekä ennen matkaa suunniteltuihin aikatavoitteisiin että tavoitenopeuteen matkan aikana. Tavoitenopeudella tarkoitetaan tässä sitä nopeutta, jota kuljettaja kullakin ajanhetkellä ja kussakin olosuhteessa pyrkii ylläpitämään, ja joka vaikuttaa mm. hänen ohituspäätöksiinsä.

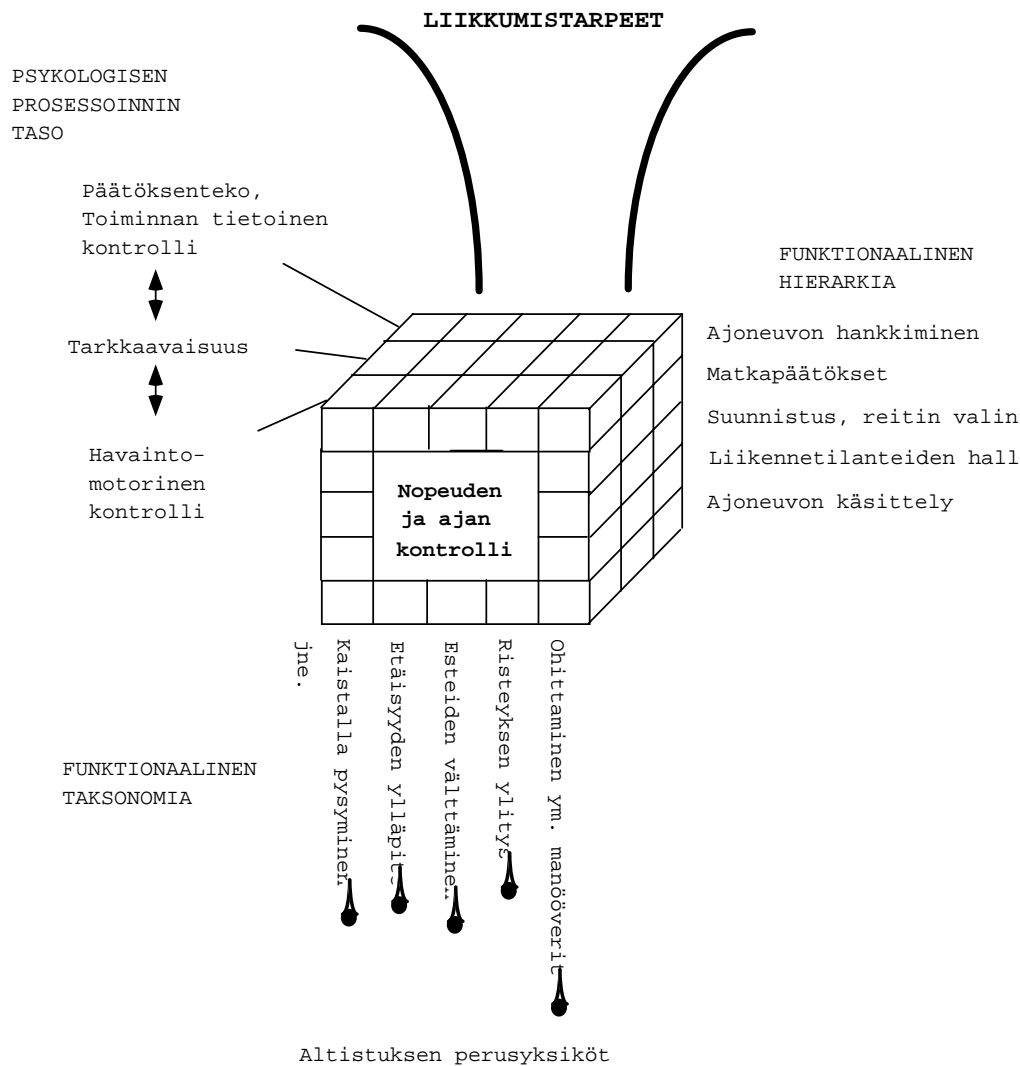
Pitkämatkaisessa liikenteessä on myös muistettava, että ihmiselle on lajityypillistä se, että hän ei pysty ylläpitämään tarkkaavaisuuttaan kovin kauan, se hyppelehtii välillä eri asioihin, ja yleinen vireystaso pyrkii laskemaan ajoajan myötä. Tämä aiheuttaa ongelmia, jotka heijastuvat liikennevirran häiriöinä ja pahimmillaan onnettomuuksina.

Maamme päätieverkko koostuu pääasiallisesti kaksikaistaisista teistä, joilla ongelmatilanteita esiintyy sekä tasoliittymissä että ohitus- ja kohtaamistilanteissa. Päätieverkko on historialliselta kannalta kasvanut vähittäin ja edustaa joidenkin vuosikymmenien aikana sovellettuja jossain määrin erilaisia suunnitteluperusteita. Jatkuvasti päätettiin etenevä parantaminen tuo lisäksi huomattavaa vaihtelua tieverkolle, ja kuljettajan näkökulmasta tien poikkeileikkaus ja suuntaus vaihtelevat joskus hyvinkin suuresti. Tällaiset standardin epäjatkuvuuskohdat - niin kuin myöskin standardista poikkeavat mutkat - lisäävät paitsi tieltä ulosajon vaaraa myös monenlaisia häiriöitä ja virhetilanteita.

Tässä raportissa keskitytään erityisesti kuljettajan toimintaan ja toimintavirheisiin liittymävälillä, ja erityisesti eri poikkileikkaustyyppisiin. Seuraavassa pyritään tarkastelemaan sitä, mitä riskejä liittymäväleillä on ja kuinka niitä voitaisiin hallita mm. sopivalla poikkileikkauksen valinnalla. Aluksi luvuissa 2 ja 3 kuitenkin luodaan lyhyt katsaus liikennekäyttäytymisen ja onnettomuuksien teoriaan sekä kuljettajien odotuksiin ja tehdään jako opastavaan ja pakottavaan designiin. Neljännessä luvussa tarkastellaan kuljettajan toimintaa ja virheitä liittymävälillä. Erityisesti painotetaan kuolonkolaritilastoja hallitsevia kohtaamisonnettomuuksia, joiden syntymekanismeista esitetään joitakin hypoteeseja myöhempää testausta varten. Viides luku käsittelee muutamia keskeisiä edellytyksiä liikennekäyttäytymisen ja tiehen liittyvien ongelmien mittaamisessa tienkäyttäjiä haastatteleamalla, ja kuudennessa esitetään ehdotus ajokäyttäytymistä eri poikkileikkauksissa koskevasta tutkimuskokonaisuudesta.

2 LIIKENNEKÄYTTÄYTYMISEN JA ONNETTOMUUKSIEN TEORIAA

Liikennekäyttäytymistä on kauan kuvattu hierarkkiseksi järjestelmäksi, jossa voidaan erottaa matkapäätökset (ja niihin olennaisesti vaikuttavat ajoneuvon hankintapäätökset), suunnistaminen tieverkolla, liikennetilanteiden hallinta ja ajoneuvon hallinta ([6-10]; ks. kuva 2.1).



Kuva 2.1. Kuvassa on esitetty hierarkkinen "seulamalli", jossa altistus liikenne-onnettomuuksille (funktionaalinen taksonomia: altistuksen perusyksiköt) riippuu hierarkkisesti siitä, millaisia päätöksiä kansalaiset tekevät ajoneuvon hankinnasta, matkoistaan ja reitistä, kun matkalle on lähdetty, ja miten he hallitsevat liikennetilanteet ja (mahdollisen) ajoneuvonsa käsittelyn eri tilanteissa. Kolmas keskeinen dimensio on psykologisen toiminnan taso. Seulaan "kaadetaan" liikkumistarpeet ja sieltä tulee läpi toimintaa liikenteessä - hyvin tai huonosti, turvallisesti tai vaarallisesti suoritettuna - mikä merkitsee samalla altistumista onnettomuuksille. (Ks. [10, 11]).

Nämä tasot itse asiassa säätelevät sitä, kuinka paljon erityyppisiä toimenpiteitä kuljettaja joutuu tekemään ja kuinka paljon hän altistuu erilaisille riskeille. Olennaista on huomata, että eri tasojen toiminta perustuu erilaisiin psykologisiin prosesseihin. Silloin kun teemme matkapäätöksiä, on kysymys usein tietoisesta valintavaihtoehtojen tarkastelusta, eivätkä nämä päätökset ole aikarajoitteisia. Mitä alemmaksi hierarkiassa tullaan, sitä useammin on kysymys rutiininomaisesta automatisoituneesta toiminnasta, jota ei välttämättä tarvitse tietoisesti seurata. Toki matkapäätöksetkin ovat esim. työmatkoilla aivan itsestään selviä, useimmiten emme mieti, otammeko auton vai lähdemmekö kävelemään bussipysäkille. Myös reitin valinta on monille kuljettajille itsestään selvä, vaikka vaihtoehtoja olisikin.

Kaiken kaikkiaan liikenteessä on varsin pitkälle kysymys ajan ja nopeuden kontrolloimisesta. Aika on keskeinen käsite tarkasteltaessa liikkumista ja liikennettä liikkujan näkökulmasta. Sitä voidaan itse asiassa käyttää kuvaamaan ja selittämään liikkumiskäyttäytymistä monella eri tasolla. Kuvassa 2.2 on esitetty malli aikaperustaisesta päätöksenteosta liikkumiskäyttäytymisen eri tasoilla.

Ylimmällä tasolla liikkumistarpeet ja liikkumismahdollisuudet käyvät käsi kädessä käytettävissä olevan ajan ja käytettävissä olevien liikkumisvälineitten kanssa. Ennen auton aikakautta ihmiset olivat junan, vesiteiden ja hevosajoneuvojen varassa ja elinpiiri oli tyypillisesti huomattavan suppea lukuun ottamatta varakkaimpia ja koulutetuimpia vähemmistöryhmiä. Mitä nopeampia kulkuvälineitä ja mitä parempia teitä ihmisellä on käytettävissään, sitä kauemmaksi suuntautuvia matkoja voidaan ajatella tehtävän - tai tulee yksinkertaisesti mieleen - käytettävissä olevaa aikaa kohti. Niinpä Helsingin seudulta voidaan pistäytyä Lahdessa konsertissa paljon helpommin kuin ennen, kun moottoritie takaa kohtalaisen suuren ja häiriöttömän nopeuden - sen lisäksi että Lahdessa on uusi akustiikaltaan erinomainen konserttitalo, joka lisää halukkuutta lähteä kuuntelemaan lahtelaisia, mikä merkitsee lisääntyntä liikkumistarvetta. Tällä tavalla käytettävissä oleva aika, matkustamisen nopeus ja liikkumistarve yhdessä toisaalta ruokkivat toisiaan, toisaalta vaikuttavat seuraavan tason matkapäätöksiin.

Kun matkaan on lähdetty, tiedetään jo varsin hyvin, mihin aikaan perillä pitäisi olla ja millä nopeudella niin muodoin tulisi ajaa, jotta perille ehdittäisiin. Suomen moottoriteillä matka-aika voidaan ennakoida varsin hyvin, samaten kaksikaistaisella tieverkolla kesän viikonloppuliikennettä lukuun ottamatta, jolloin liikennevirta saattaa ruuhkaisimmilla teillä ajoittain romahtaa. Kuitenkaan Suomessa ei vielä lasketa etäisyyksiä matka-ajoissa kuten Yhdysvalloissa on tapana, vaan kilometreissä. Tätä kannattaisi miettiä meilläkin erityisesti siinä vaiheessa, kun pohditaan edelleen liikennetiedotuksen kehittämistä. Matkalle mahdollisesti asetettu aikataulu siis säätelee (yhdessä muiden tekijöiden kanssa, ks. jäljempänä) tavoitenopeutta, jota kuljettaja pyrkii ylläpitämään. Tavoitenopeudella tarkoitetaan tässä sitä nopeutta, jota kuljettaja haluaisi ajaa tietyllä hetkellä tietyissä liikenne-, sää- ja kelioloissa tietyllä tiellä ajaessaan.¹

¹ Engl. *vastine target speed*. Liikennetekniikan kirjallisuudessa käytetään jossain määrin toisistaan poikkeavia lähisukuista käsitteitä, joissa nopeutta rajoittavana tekijänä on joko tien geometria tai muut ajoneuvot. Esim. McLean [12] erottaa käsitteet *ideal desired speed* (nopeus jolla kuljettajat haluaisivat ajaa korkeimman standardin omaavalla päätiellä muun liikenteen estämättä) ja *desired speed* (nopeus jolla kuljettajat haluaisivat ajaa tietyn standardin omaavalla tiellä muun liikenteen estämättä). Ks. myös [1, 2, 13].

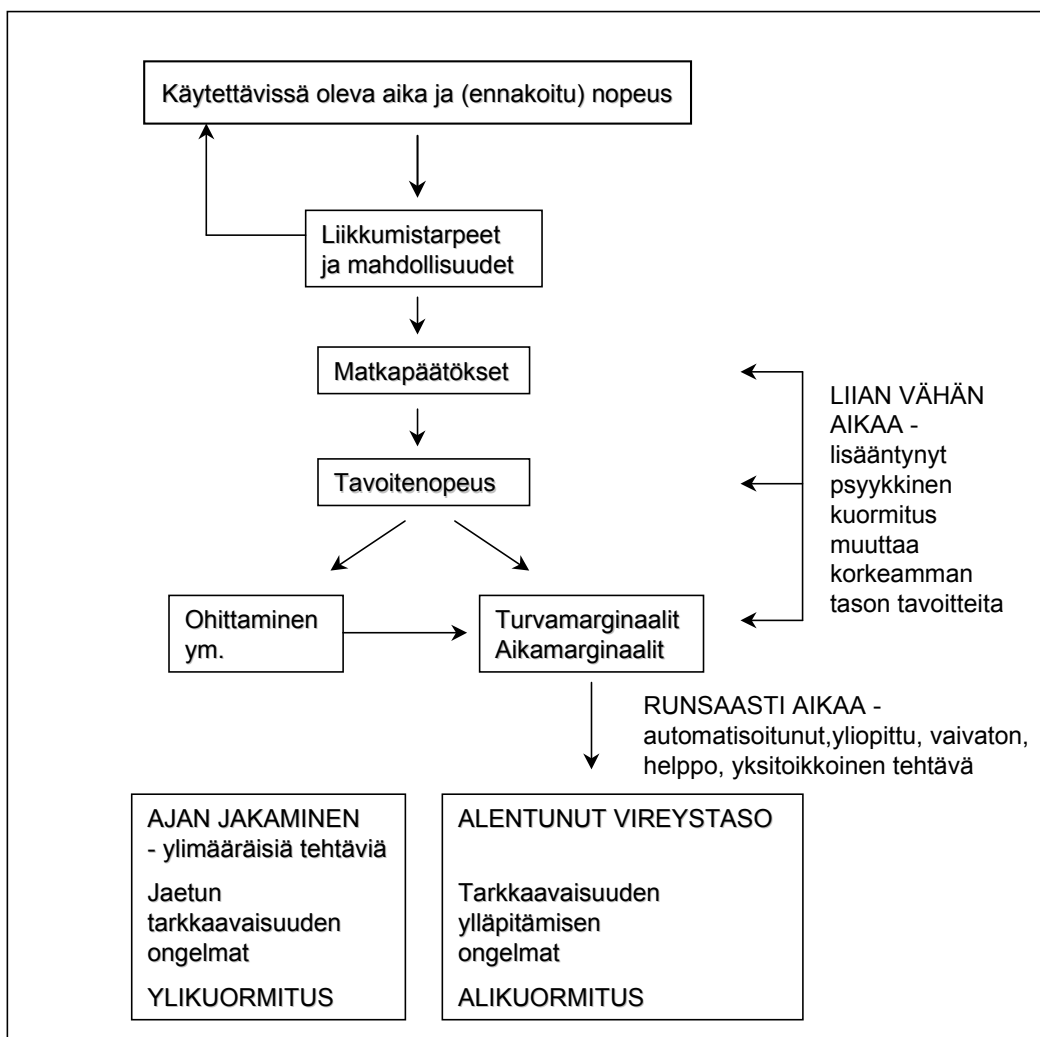
Tavoitenopeuteen vaikuttavat olennaisesti tien nopeusrajoitus ja - mikäli alemmalla tieverkolla perusnopeus on asetettu suhteellisen korkeaksi suhteessa tien standardiin - tien suuntaus ja tasaus. Lisäksi siihen vaikuttavat voimakkaasti kuljettajan motivaatio- ja tunnetekijät. Puhummekin autonkuljettajien ns. ylimääräisistä motiiveista [14], joita sekä tuodaan liikenteeseen liikenteen ulkopuolelta että syntyy liikennetilanteissa. Sensorinen ja kognitiivinen adaptoituminen nopeuteen on todennäköisesti yksi voimakas motiivoiva tekijä, joka saa nopeuden tuntumaan matkan jatkuessa alhaisemmalta. Toisaalta ihmisellä on voimakas pyrkimys jatkaa menossa olevaa toimintaa samaan tahtiin, ja yhdessä nämä tekijät saavat aikaan sen, että nopeuden alentaminen koetaan kielteiseksi.

Tavoitenopeus vaikuttaa seuraavalle tasolle (kuva 2.2). Korkeampi tavoitenopeus synnyttää ensinnäkin hitaampien ajoneuvojen ohitustarvetta, mikä toisaalta lisää ohituksia ja johtaa ohitukseen pyrittäessä lyhyempiin turvamarginaaleihin niin suhteessa edellä ajavaan kuin vastaantuleviin. Yleisemminkin tavoitenopeus vaikuttaa turvamarginaaleihin. Mitä suurempi tavoitenopeus, sitä helpommin jätetään ottamatta huomioon esim. tietä ylittävä pyöräilijä tai jalankulkija [15, 16]. Tavoitenopeus vaikuttaa myös turvamarginaalien säätelyyn: mitä suurempi nopeus sitä pienempi pelivara lähes joka tilanteessa.

Aika on kriittinen kontrollimuuttuja myös silloin, kun kuljettajat ylläpitävät etäisyyttä edellä ajavaan tai sijaintiaan kaistalla. Riittävä aikaväli sellaiseen on jo olennainen turvallisen liikenteen edellytys, mutta myös aikavälin säätelyssä käytetään aikaperustaisia mittoja.

Aika törmäykseen (time-to-collision; ks. [17, 18]) on mitta, jolla voidaan kuvata hyvin kuvata kuljettajan etäisyyden ylläpitämistä, vaikkakaan se ei suoraan vastaa niitä mekanismeja, jotka etäisyydellä pitämisestä itse asiassa huolehtivat. *Aika reunaviivan ylitykseen* (time-to-line-crossing, [19]) puolestaan on hyvin käyttökelpoinen suure silloin, kun suunnitellaan kuljettajan tueksi automaattisia ohjausjärjestelmiä tai kuvataan kuljettajan toimintaa. Tämä merkitsee yksinkertaisesti sitä, minkä verran aikaa kuljettajalla kunkin hetkenä on käytettävissään ennen kuin hän ajaa tieltä ulos. Leveällä tiellä on aikaa enemmän, ja nopeuden kasvaessa käytettävissä oleva aika vähenee.

Kuvattaessa kuljettajan toimintaa tällaisten aikamarginaalikäsitteiden avulla voidaan ymmärtää nopeuden säätelyn perusmekanismeja. Kapealla ja mutkaisella tiellä on parempi pudottaa nopeutta, vaikka hallinnan menetys ei vielä uhkaisikaan, jos ajaminen koetaan liian kuormittavaksi sen takia, että siihen on lakkaamatta keskityttävä ja vaatii liiallista ponnistelua.



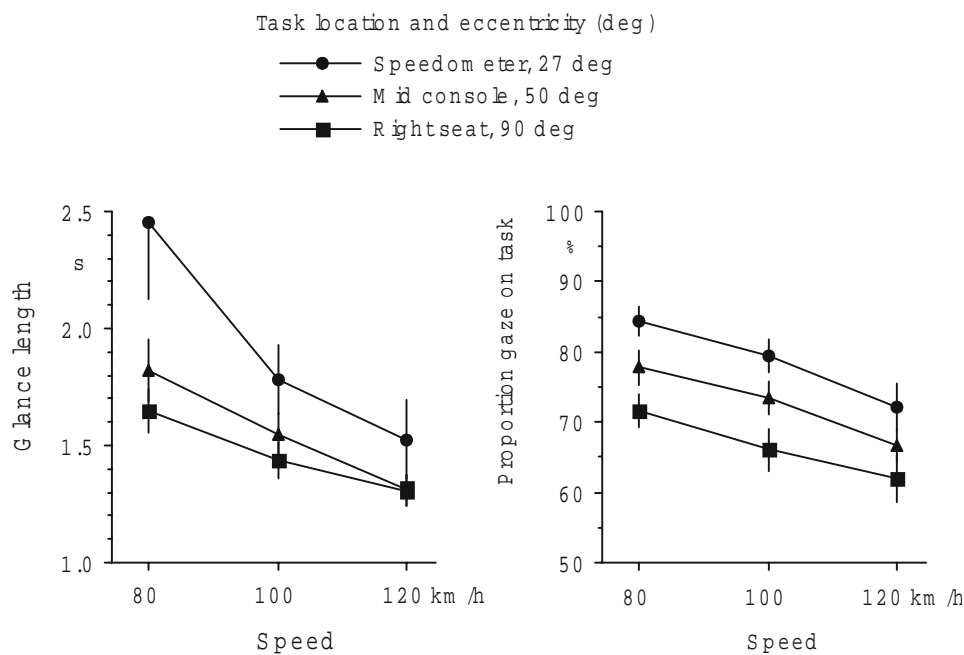
Kuva 2.2. Liikennekäyttäytymisen aikamalli [11].

Hyvällä leveällä tiellä alhaisella nopeudella ajaminen merkitsee kokeneelle autoilijalle varsin yksitoikkoista tehtävää, jossa on kaksi vaaraa (kuva 2.2). Toisaalta on suuri houkutus käyttää aikaa muuhun puuhasteluun, joka saattaa johtaa ongelmiin ja yhtäkkiseen ylikuormitukseen ja onnettomuuteen, jos tarkkaavaisuutta ei osata jakaa oikein. Tarkkaavaisuuden suuntaaminen radion säätämiseen, keskusteluun vierustoverin tai langan päässä olevan kumppanin kanssa tai maisemien katselu saattaa johtaa siirtymiseen vahingossa vastaantulevan kaistalle ja pahimmassa tapauksessa kolariin.

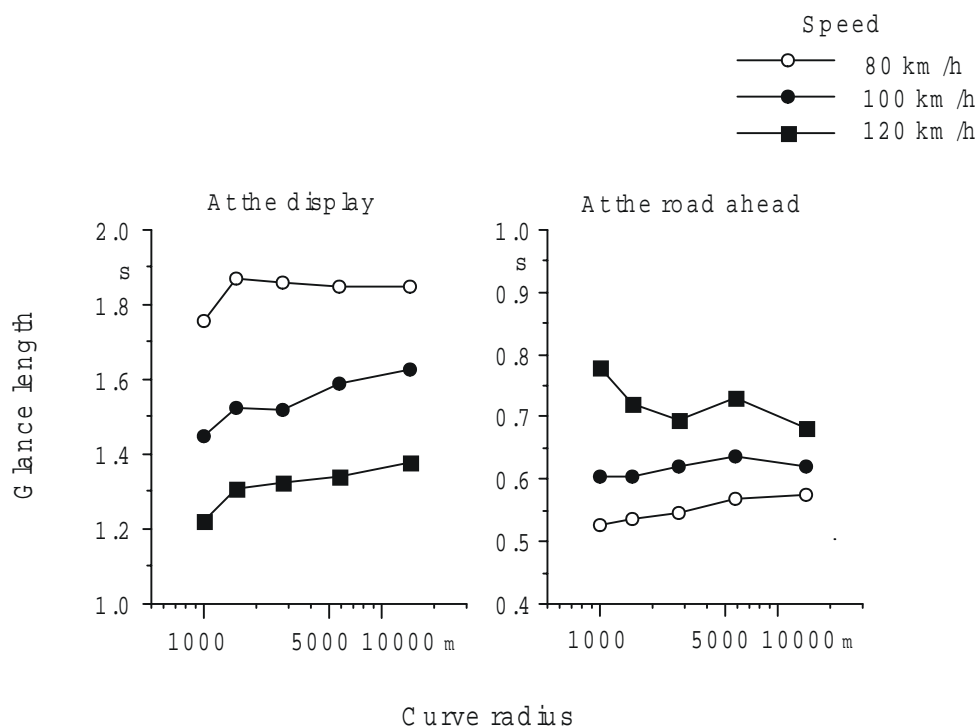
Toisaalta uhkaa alentunut vireystaso, joka johtaa ongelmiin tarkkaavaisuuden ylläpitämisessä ja torkahteluun, mikä myös saattaa johtaa joko tieltä ulosajoon tai vastantulevan kaistalle. Tätä käytettiin aikoinaan argumenttina yleisiä nopeusrajoituksia vastaan sillä perusteella, että autoilijat pysyvät paremmin hereillä voidessaan säädellä aktiivisesti nopeutta tieolosuhteiden mukaan. Tiettyyn pisteeseen saakka tämä tietysti pitääkin paikkansa. On jopa simulaattorituloksia, jotka osoittavat, että kuljettajat eivät aja väsyneenä ulos mutkista, vaan suoralla tiellä. Tämä näkyy myös suomalaisessa tien suunnittelussa. 1960-luvulla käytettiin varsin pienisäteisiä kaarteita esim. Turun moottoritieellä yhtenä argumenttina kuljettajien parempi hereillä pysyminen.

Yhteyttä nopeuden, tien suuntauksen ja lisätehtäviin käytettävissä olevan ajan välillä havainnollistaa koe, jossa Porvoon moottoritieellä annettiin koehenkilöille tehtäväksi tarkkailla eri kohtiin ohjaamaa sijoitettua numeronäyttöä mahdollisimman paljon [20]. Heidän tuli sanoa "nyt" aina, kun näytössä vaihtuvassa numerosarjassa esiintyi tietty numero. Numeronäyttö oli asetettu joko nopeusmittarin tasolle (27 astetta normaalin katsomispisteen alapuolelle), keskikonsoliin (50 astetta) tai oikealle etuistuimelle (90 astetta). Vakionopeussäätimellä säännelty nopeus vaihteli 80:stä 120:een kilometriin tunnissa.

Kuva 2.3 osoittaa, kuinka keskimääräinen katseen pituus numeronäyttöön väheni ajonopeuden ja numeronäytön eksentrisyyden (kulmana laskettu etäisyys normaalista tiensuuntaisesta katseen suunnasta) kasvaessa. Kun numeronäyttö sijaitsi nopeusmittarin tasolla, siihen voitiin katsoa peräti 85% kokonaisajasta 80 kilometrin tuntinopeudella ja 75% 120 kilometrin tuntinopeudella. Eksentrisyyden kasvaessa näyttöön katsottu aika väheni tasaisesti. Tämä koe osoittaa selvästi, kuinka paljon aikaa moottoritieellä itse asiassa jää kuljettajille erilaisten visuaalista tarkkaavaisuutta vaativien lisätehtävien tekemiseen.



Kuva 2.3. Eri kohdissa sijaitsevaan lisätehtävään käytetyn katseen pituus (vasen ruutu) ja osuus kokonaisajasta (oikea ruutu) eri ajonopeuksilla Porvoon moottoritieellä [20].



Kuva 2.4. Lisätehtävään (vasen ruutu) ja tiehen (oikea ruutu) suunnatun katseen pituus eri kaarresäteillä eri nopeuksilla Porvoon moottoritillä [20].

Kuvassa 2.4 on lisätehtävään suunnatun katseen pituus suhteutettu tien kaarresäteeseen. Siitä huomataan, että alhaisella nopeudella vain jyrkin kaarre Porvoon moottoritillä ($R = 1000$ m) vaikuttaa lisätehtävään suunnatun katseen pituuteen; suuremmilla nopeuksilla toki voidaan havaita jonkin verran vaikutusta loivemmissakin kaarteissa. Suurimmalla nopeudella kuljettajat katsovat tiehen jonkin verran kauemmin jyrkemmissä kaarteissa, mikä todennäköisesti merkitsee sitä, että he joutuvat suunnittelemaan huolellisemmin tehtävänsä ja tarvitsevat enemmän informaatiota tiestä.

3 KULJETTAJIEN ODOTUKSET JA TIEN SUUNNITTELUPERUSTEET

3.1 Odotukset täyttävää tiensuunnittelua

Tie ohjaa kuljettajaa, joskaan ei aivan yksin. Tarvitsemme ensiksikin joitakin sääntöjä. Olemme autokoulussa ja kokemuksesta oppineet, että tyyppillisellä kaksikaistaisella tiellä ajetaan oikeanpuoleista kaistaa ja väistetään oikealta tulevia, ellei liikennemerkkein toisin ole osoitettu. Näillä perussäännöillä selviää jo aika pitkälle, mikäli sopeuttaa vielä nopeutensa enintään edellä ajavien rytmiiin eikä ylitä tielle asetettuja nopeusrajoituksia. Tilanne muuttuu kuitenkin huomattavasti monimutkaisemmaksi, kun nopeus kasvaa; kun yritämme pitää suurempaa nopeutta kuin hitaimmat tai ylipäänsä muut kuljettajat tiellä ja joudumme ohittamaan; kun tien poikkileikkauksessa on enemmän tilaa antaen mahdollisuuden erilaiseen käyttäytymiseen; ja ylipäänsä kun tarkkaavaisuus joka tapauksessa katkeilee eikä pysy jatkuvasti ajamisessa, merkitsee se tietoisien kontrollin vähenemistä ja "automaattista" muistiedustuksen varassa ajamista.

Autolla ajaminen perustuu - niin kuin aina toiminta missä tahansa dynaamisessa tehtävässä - siihen mitä olemme oppineet, ja tämä muistiedustus ohjaa meidän toimintaamme ja antaa meille mahdollisuuden ennakoita mitä seuraavaksi tapahtuu. Nämä odotukset säätelevät toimintaamme niin voimakkaasti, että niiden vastaiset poikkeavat liikennejärjestelyt, tien suuntaus ja muiden kuljettajien toiminta aiheuttavat vaaratilanteita.

Tiesuunnittelussa kuljettajan odotusten ratkaiseva merkitys ymmärrettiin 1970-luvulla. Ns. positiivisen ohjauksen (positive guidance) periaate esitettiin Yhdysvalloissa 1970-luvun alussa [6, 21], ja se levisi käsikirjojen kautta [22, 23] tiesuunnitteluun 1970- ja 1980-luvuilla. Periaate merkitsi tien standardin yhdenmukaistamista, siirtymäkaarien käyttöönottoa tien suuntauksessa, ja muutoskohtien selkeätä merkintää: kuljettajaa tuli valmistaa muutokseen tien standardissa. Theeuwes ja Godthelp [24] kirjasivat sittemmin joukon periaatteita, joita tällaisen *opastavan tien* (self-explaining road) tulisi täyttää (taulukko 3.1). Tietyypin (tässä: perusluokittelu moottoritiestä asuntokatuun) pitäisi aina olla selvästi erotettavissa, jotta kuljettajat näkisivät heti, missä he ajavat ja tietäisivät miten siellä ajetaan ja millaista liikennettä siellä on.

Taulukko 3.1. Opastavan tien (self-explaining road) periaatteet Theeuwesin ja Godthelpin [24] mukaan.

1. Tien suunnitteluelementtien pitäisi olla homogeenisia kunkin tietyyppin sisällä ja erota kaikista muista.
2. Käyttäytymisen tulisi olla tyypillistä ja homogeenista tietyn tietyyppin sisällä ja erota kaikista muista.
3. Tietyn käyttäytymisen tulisi liittyä tiettyihin tien suunnitteluelementteihin.
4. Liittymien, kaarteiden ym. suunnitteluelementtien tulisi yksiselitteisesti liittyä tiettyyn tietyyppiin - kullekin tietyyppille omansa.
5. Tulisi aina valita tietyyppi, joka on ko. tien tehtävään ja sillä edellytetyyn käyttäytymiseen sopiva.
6. Tulisi käyttää yhtä ja vain yhtä tietyyppiä yhdistämään psykologisesti yhteenkuuluvia tiejaksoja (esim. kaupunkien välinen tie).
7. Ei tulisi käyttää jyrkkiä siirtymiä yhdestä tietyyppistä toiseen.
8. Kun tietyyppi muuttuu, se tulisi merkitä selvästi.
9. Opetettaessa kuljettajille eri tietyyppejä, ei tulisi ainoastaan opettaa nimeä vaan myös käyttäytyminen, jota tietyyppillä edellytetään.
10. Tietyyppi tulisi aina voida tunnistaa myös yöllä.
11. Tien elementtien ja ajoratamaalauksien tulisi täyttää hyväksytyt näkemäkriteerit.
12. Liikenneohjauslaitteiden tulisi liittyä tiettyyn tietyyppiin.

3.2 Pakottava design ja opastava design

Turvallisen ja sujuvan liikenteen tavoittelussa voidaan käyttää sekä pakottavaa että opastavaa designia. Eritasoliittymät vähentävät radikaalisti altistumista risteävälle liikenteelle. Erottamalla eri suuntiin kulkeva liikenne estetään niin tahattomat kuin tarkoitukselliset (kuten ohitustilanteissa) keskiviivan tai viheralueen ylitykset. Tätä voidaan kutsua pakottavaksi suunnitteluksi.

Toisaalta tulee soveltaa opastavaa designia. Tie ei saisi ”käyttäytyä” kuljettajan odotusten vastaisesti (positive guidance), sen tulisi itse ilmaista miten sillä pitäisi ajaa (self-explanatory road) ja kuljettajan pitäisi aina olla selvillä minkälaisella tiellä hän ajaa ja pystyä välittömästi palauttamaan se mieleen tarkkaavaisuuden hetkellisesti katkettua tai suuntauduttua muuanne (tilanetietoisuus, situational awareness).

Erityisesti nyt kun telekommunikaatio autoissa yleistyy ja ikääntyneiden kuljettajien määrä kasvaa, tilanetietoisuuden ja uudelleen orientoitumisen vaatimus kasvaa yhä merkityksellisemmäksi. Pahimmillaan virheet ilmenevät täysin väärän toiminnan – kaistan tai ajosuunnan – valitsemisena. Esimerkiksi jos moottoritietasoinen väylä muuttuu yksiajorataiseksi, mutta säilyy standardiltaan samanlaisena, on vaara, että kuljettaja jatkaa sitä ”turvallista” ohitusstrategiaa, jota hän käytti moottoritieellä – aina niin kauan kunnes saa vastaantulevien muodossa palautetta. Tämä on ongelma erityisesti pimeällä ja silloin, kun liikennettä on vähän.

Vaihteleva tien poikkileikkaus ja standardi asettavat siten erityisiä vaatimuksia kuljettajille ja liikenteen ohjaukselle. Em. virheikäyttyymisen lisäksi kuljettajien virheelliset tavoitteet ja motivationaalinen tila – joka säätelee tavoitenopeustaso – voi aiheuttaa suuria ongelmia tien standardin vaihdellessa liian paljon samankaltaisen toiminnan sisällä. Tällainen on pitkän matkan ajosuoritus, jossa tilan muutos on todennäköisesti vaikeampi saada aikaan kuin esim. taajamaan tultaessa. On syytä selvittää, mitä virhetoimintoja ja virhetavoitteita päätieverkon vaihteleva tietyyppi saa aikaan (toisessa vaakakupissa saattaa tietenkin olla vaihtelun aiheuttama myönteinen vaikutus vireystasossa, joskin sen kesto on rajallinen) ja mitä ongelmia kuljettajapopulaatiossa ja esim. telekommunikaatiolaitteiden käytössä tapahtuvat muutokset tulevaisuudessa merkitsevät.

Niin kauan kuin kuljettajat haluavat ja saavat itse ajaa autoaan, tien ja lain ohjaus ei ole täydellistä. Jotta vältettäisiin liian vaihteleva liikennekulttuuri, tarvitsemme sekä selkeitä toimintaohjeita, että niiden valvontaa (taulukko 3.2).

Taulukko 3.2. Yhteiskunta säätelee yksilön käyttäytymistä liikenteessä erilaisin liikenteen ohjauskeinoin, jossa tie - opastava ja pakottava design - on yksi [25].

| Autonkuljettajan motiivit ohjaavat käyttäytymistä | | |
|--|--|--|
| Yhteiskunnan ohjaus | | |
| Kova infrastruktuuri | Laki | Sosiaaliset normit |
| <p>Tie ja kovat rakenteet:</p> <p>(a) Opastava design kuljettajien odotuksia tukeva hyvä suuntaus</p> <p>(b) Pakottava design kaiteet reunaesteet töyssyt kiertoliittymät</p> | <p>Yleiset säännöt "ajoneuvo on voitava pysäyttää edessä olevan ajoradan näkyvällä osalla ja kaikissa ennalta arvattavissa tilanteissa"</p> <p>Spesifit säännöt "kuljettajan on väistettävä samanaikaisesti muuta tietä oikealta lähestyvää ajoneuvoa"</p> <p>Liikenteen ohjauslaitteet liikennemerkkit, valopasteet, ajoratamaalaukset</p> | <p>Mallit liikenteessä toisten kuljettajien esimerkki ja "opetus"</p> <p>Mallit liikenteen ulkopuolella tuttavapiiri, lehdistö, elokuvat</p> |
| <p>(a) Ohjaava vaikutus, vähentää yllätystilanteita, ei poista tahallista tai tahatonta poikkeavaa käyttäytymistä</p> <p>(b) Tehokas, ylipääsemätön rajoitin: vaikutus pakottava ja palaute väistämätön (esim. keskikaide, kiertoliittymä)</p> | <p>Ohjaava vaikutus riippuu sanktioista: "väliin tulevaa" nopeuksien ja ajotapojen valvontaa tarvitaan, koska kuljettajat eivät pysty ottamaan huomioon poikkeavia tilanteita ja yhteensattumia</p> | <p>Mitä yleisempiä ja epäselvempiä säännöt ja soveltamisohjeet ovat, sitä suurempi liikkumatila sosiaalisilla normeilla on ja sitä enemmän esiintyy vaihtelua kuljettajapopulaatioissa</p> |
| Ajokäyttäytyminen ja onnettomuudet | | |

4 KULJETTAJAN TOIMINTA JA TOIMINTAVIRHEET LIITTYMÄVÄLEILLÄ

Liittymien ulkopuolella kuljettajalla on kaksi keskeistä säätelytehtävää. Hänen tulee pitää auto kaistalla ja kontrolloida etäisyyttä mahdolliseen edellä ajavaan tai saavuttamaansa hitaampaan ajoneuvoon. Lisäksi hän voi tehdä päätöksiä siitä, lähteekö ohittamaan hitaampia ajoneuvoja, jolloin hän joutuu mm. havaintopsykologisesti usein hyvin vaikeaan tilanteeseen [26]. Ohittaminen kaksikaistaisilla teillä tuottaa samalla myös yllättäviä tilanteita, jos omalla kaistalla on tulossa vastaan odotusten vastaisesti toinen ajoneuvo. Muunkinlaisia yllättäviä tilanteita toki esiintyy, vaikka ne on pyritty poistamaan muualta kuin sekaliikenneteiltä. Jalankulkijat ja pyöräilijät merkitsevät liikenteessä yllättäviä ja nopeita tilanteen muutoksia samoin kuin U-käännökset, joissa kääntyvän ajoneuvon kuljettajan havaintovirhe usein yllättää täysin toisen kuljettajan. Seuraavassa keskitytään toisaalta kaistalla pysymiseen toisaalta ohittamiseen, jotka poikkeavat eri poikkileikkauksissa.

4.1 Kaistalla pysyminen

Ajautuminen pois omalta ajokaistalta voi johtaa kahdentyppisiin onnettomuuksiin, tieltä ulosajoon (tai jalankulkijaan tai tien sivuun pysäköityyn autoon törmäämiseen) tai nokkakolariin kohtaavan auton kanssa. Voidaan ajatella, että vasemmalle ajauduttaessa lopputulos riippuu paljolti siitä, satuuko joku tulemaan vastaan samalla hetkellä [27-29].

Huomattakoon kuitenkin, että vakavimmissa, kuolemaan johtaneissa onnettomuuksissa suistumis- ja kohtaamisonnettomuuksien ero on suuri tarkasteltaessa tapahtumisaikaa (vuodenaikaa), keliä ja kellonaikajakautumaa samoin kuin yksilöiden välisiä muuttujia kuten ikää ja sukupuolta. Vakavissa suistumisonnettomuuksissa nimenomaan nuoret miehet ovat ylliedustettuina, ja nuorten onnettomuudet painottuvat ilta-aikoihin ja viikonloppuöihin [10]. Tällöin on usein kysymyksessä suuri nopeus ja hallinnan menetys. Etenkin suurilla nopeuksilla tapahtuvissa nuorten onnettomuuksissa on alkoholi usein osallisena - noin kahdessa kolmasosassa tapauksista [30], kun alkoholitapausten osuus kaikissa kuolonkolareissa on noin 25 prosentin luokkaa [31].

Voidaan ajatella, että erityisesti nuorten kovavauhtisiin kuolonkolareihin ei päätieverkon parantamistoimenpiteillä voida kovin paljon vaikuttaa. Kuitenkin samat toimet, joilla voidaan vähentää suistumisonnettomuuksissa vammautumista - esim. tieympäristön kovien kohteiden poistaminen - auttavat nuorten mahdollisuuksia selvitä hengissä näissä voimakkaasti motivationaalisista tekijöistä johtuvissa kolareissa.

Kohtaamisonnettomuuksissa yleiskuva on erilainen. Niissä on kaksi kuljettajan käyttäytymisen kannalta mielenkiintoista ryhmää. Toisaalta usein selittämättömältä tuntuva ajautuminen vastaan tulevan eteen hyvällä kelillä ja toisaalta huonon sään ja kelin onnettomuudet.

Edellisessä ryhmässä on epäilemättä itsemurhia - törmääminen vastaan tulevaan raskaaseen ajoneuvoon on varma tapa tehdä itsemurha. Toisaalta tarkkaavaisuuskatkot ja tarkkaavaisuuden virheellinen suuntaaminen saattavat selittää suuren osan tästä kategoriasta, vaikkakin tätä on vaikea osoittaa

perusteellisessakaan onnettomuustutkinnassa. Kolmantena selityksenä on kohtaamisenonnettomuuksissa hallinnan menetys kaarteessa liian suuren nopeuden takia. Suoralla tiellä tapahtuneissa kohtaamis-onnettomuuksissa tien poikkileikkauksen ja omalla kaistalla olevan sivuttaissuuntaisen tilan voidaan ajatella olevan aivan keskeisiä tekijöitä. Toki graavi tarkkaavaisuuskatkos tai nukahtaminen saa aikaan kohtaamisenonnettomuuden jopa moottoritiellä, siellä missä ei ole kaidetta erottamassa ajoratoja, mutta kaksikaistaisella tiellä sivuttaissuuntaisen tilan merkitys on ilmeinen.

Huomattava osa kuolemaan johtavista kohtaamisenonnettomuuksista tapahtuu yhteenajoissa, jossa toinen osapuoli on raskas ajoneuvo. Taulukossa 4.1 on esitetty nelikenttänä pienten ja suurten autojen osuus syyttömänä ja syyllisenä osapuolena kuolemaan johtaneissa nokkakolareissa tutkijalautakuntien aineistossa v. 1984-98. Pieni auto tarkoittaa tässä henkilö- ja pakettiautoja, suuri kuorma-autoja joko perävaunun kanssa tai ilman.

Suuri ajoneuvo on ollut osallisena kaikkiaan 51 prosentissa tapauksista, ja molemmat osapuolet ovat olleet suuria 1,7 prosentissa tapauksista. Raskas ajoneuvo on harvoin syyllinen, vain 6,3 prosentissa tapauksista. Silloin kun syyllinen osapuoli on pieni eli henkilö- tai pakettiauto, se tyypillisesti ajautuu vastaantulevan kaistalle törmäten siellä vastaantulevaan. Tällöin vastapuoli on suuri ajoneuvo 47 prosentissa tapauksista (634/1342), mikä on huomattavasti enemmän kuin raskaan liikenteen osuus ajokilometreistä maantieverkollamme². Miksi on näin ?

Taulukko 4.1. Syyllisen ("syyllisemmän") ja syyttömän ("syyttömämmän") koko kuolemaan johtaneissa nokkakolareissa.[32]

| SYYLLINEN | SYYTÖN | | |
|-----------|--------|-------|----------|
| | pieni | suuri | yhteensä |
| pieni | 708 | 634 | 1342 |
| suuri | 66 | 24 | 90 |
| yhteensä | 774 | 658 | 1432 |

Ensimmäinen tekijä on epäilemättä suuri massasuhde, joka onnettomuuden sattua merkitsee lähes varmaa kuolemaa. Toisaalta henkilöautojen nokkakolareissa päätieverkon tyypillisillä nopeuksilla kuoleman todennäköisyys on myös suuri.

Voidaankin esittää olettamus, että ei vain raskaan liikenteen massa vaan myös koko vaikuttaa onnettomuuden syntyyn. Tyypillinen kuorma-auto on 70-80 cm leveämpi kuin tyypillinen henkilöauto, mikä merkitsee sitä, että kohtaamistilanteessa tiellä on huomattavasti vähemmän tilaa: "normaali" mm. tarkkaavaisuuskatkoista syntyvä sivuttaisliike johtaa törmäykseen kuorma-auton kanssa useammin kuin niiden osuus vastaantuloista edellyttäisi. Lisäksi raskas ajoneuvo on otsapinnaltaan suuri ja saa aikaan ilmavirran, joka vaikuttaa joskus tuntuvastikin vastaantulevan henkilöauton ohjaukseen.

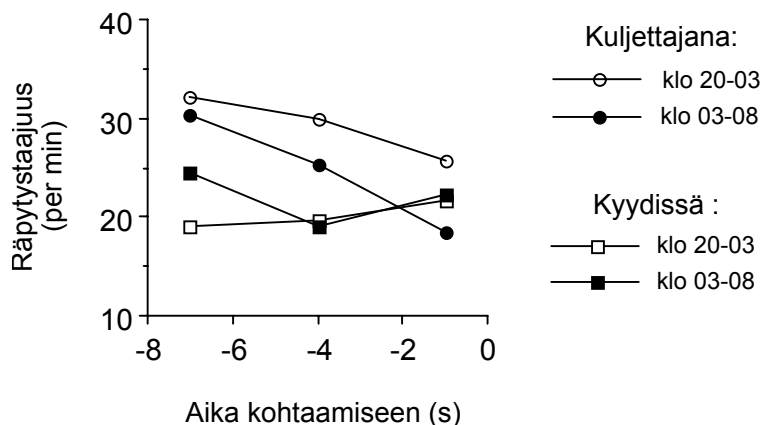
² Yksityiskohtaisempi analyysi kuolemaan johtavista vakavista kohtaamis-onnettomuuksista maantieverkolla esitetään tehtäväksi jatkotutkimuksen yhteydessä.



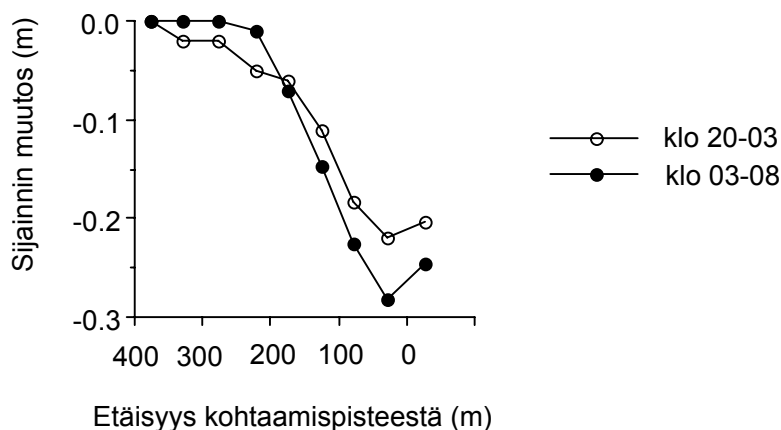
Kuva 4.1. Raskas ajoneuvo jättää paljon vähemmän tilaa ja on pelottavampi kuin vastaantuleva henkilöauto.

Kuljettajat tottuvat suhteellisen hyvin kohtaamistilanteisiin kaksikaistaisella tiellä niin, että henkilöauto ei juurikaan herätä pelkoa tai erityisiä varovaisuusreaktioita. Voisi toisaalta ajatella, että raskas ajoneuvo sen sijaan kiinnittää tarkkaavaisuuden ja saa kuljettajat keskittymään kohtaamistilanteeseen siten, että se kompensoi isomman koon aiheuttaman riskin. Tällainen keskittyminen voidaan nähdä esimerkiksi silmänräpäytysten viivästämisenä juuri ennen kohtaamishetkeä. Tämä reaktio näkyy ainoastaan ajajalla, ei silloin kun sama henkilö kohtaa raskaan ajoneuvon matkustajana etupenkillä

istuen [33]. Se myös saa aikaan selvän väistöliikkeen oikealle.³ Toisaalta pitkään - yli yön - kestäneessä ajossa väistöliike siirtyi ajoajan myötä myöhäisemmäksi osoittaen heikentynyttä ennakointia (kuvat 4.2 ja 4.3).



Kuva 4.2. Kuljettaja, joka räpyttelee silmiään tiuhemmin kuin kyydissäoleva, reagoi vastaantulevaan isoon ajoneuvoon hidastamalla räpyttelyä ennen kohtaamishetkeä - mitä väsyneempänä sitä enemmän ([33]).



Kuva 4.3. Väistöliike tien reunaa kohti raskasta ajoneuvoa kohdattaessa siirtyy myöhemmäksi (ennakointi viivästyy) aamuyöllä väsymyksen kasvessa (liikennetekijät kontrolloitu; [33]).

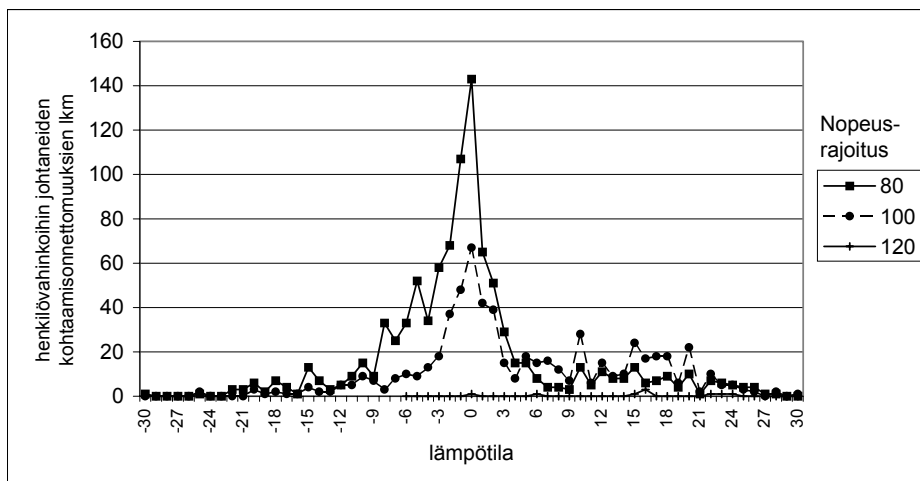
³ Oletimme myös tutkimuksessamme, että raskaan ajoneuvon kohtaaminen saa kuljettajan tarkentamaan ohjausta siten, että pienet korjaavat ohjausliikkeet lisääntyvät, mutta ajoajan ja väsymyksen myötä tämä vaikeassa tilanteessa tarkentuva ohjaus vähenee. Sitä emme kuitenkaan voineet (liukuvassa Fourier-analysissä Gabor-suodatuksella) todistaa, mahdollisesti pienestä havaintomäärästä johtuen. Tässä on syytä muistaa, auton ohjaaminen ja sivuttaissuuntaisen sijainnin ylläpitäminen maantiellä perustuu kaksisoiseseen mekanismiin [34]. Toisaalta suunnittelemme ajaessamme ajolinjan, jolla mm. kasvatamme kaarresädettä käyttämällä sivuttaissuuntaista tilaa hyväksi siten, että esim. ulkokaarretta lähestytään tien reunassa ja siirrytään jyrkimmässä kohdassa lähemmäs keskiviivaa. Tämä on avoin kontrollisilmukka, jossa kuljettajat toimivat oppimiensa rutiinien mukaisesti ottaen huomioon nopeutensa ja muun liikenteen, mutta voivat sallia itselleen paljonkin toleranssia. Toisaalta voimme olettaa suljetun servo-tyyppisen mekanismin, jolla seuraamme haluttua ajolinjaa – joka siis ei ole sama kuin tien suuntaus – ja jonka intensiivisyyttä voidaan mitata jakamalla ohjauspyörän liikkeet Fourier-analysillä taajuuskomponentteihinsa.

4.1.1 Väistöliikkeiden osuus kohtaamisonnettomuuksissa ja hallinnanmenetyksissä

Raskaan ajoneuvon suurempi leveys ja siten pienempi käytettävissä oleva tila kohtaamistilanteessa kaksikaistaisella tiellä lisää onnettomuuden todennäköisyyttä jo pelkästään pienemmän tilan takia, jos muut tekijät pysyvät samanlaisina. Suurempi merkitys saattaa olla kuitenkin välillinen. Raskas ajoneuvo saa kuljettajassa aikaan varovaisuusreaktion, väistämisen tien reunaan kohti, ja tämä puolestaan tietyissä tilanteissa voi johtaa hallinnan menetykseen ja ajautumiseen vastaantulijan kaistalle. Näin saattaa käydä silloin, jos henkilöauton kuljettaja väistää päällysteen ulkopuolelle ja epäonnistuu auton ohjaamisessa takaisin tielle. Suurempi ongelma on kuitenkin liukas tie. Jos henkilöauton kuljettaja väistää paljaista urista tien oikeaan reunaan jäällä - tai ylipäänsä liukkaalla tiellä - hän saattaa helpostikin menettää auton hallinnan ja suistua raskaan ajoneuvon alle, erityisesti jos vielä samanaikaisesti hidastaa vauhtia jarruttamalla.

4.1.2 Liukas keli avainasemassa

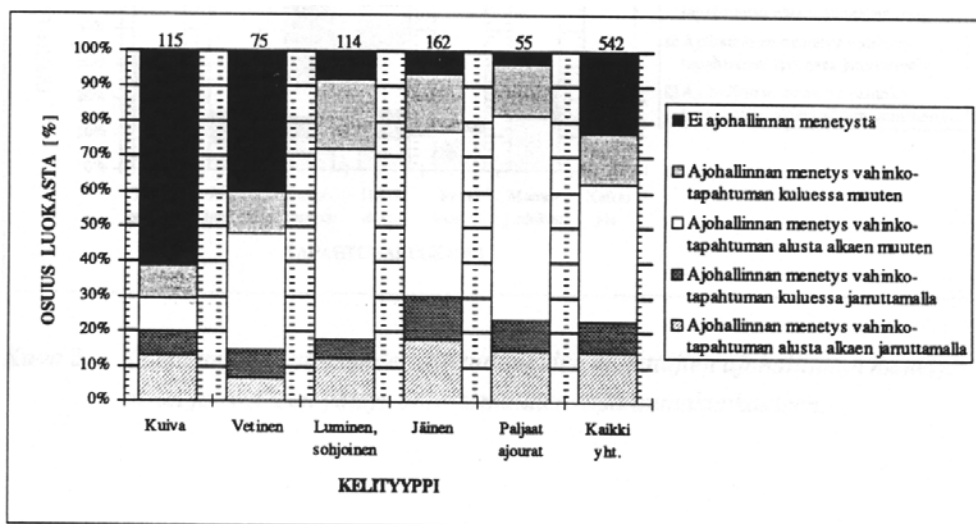
Erityisesti nollakelillä (lämpötilan ollessa hyvin lähellä nollaa) sattuu paljon kohtaamisonnettomuuksia (Talviajan liikenneturvallisuus, Tielaitoksen selvityksiä 6/97 ja Liukkaan kelin kohtaamisonnettomuudet, Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 27/95; kuva 4.4). Tässä tulee jälleen muistaa altistuksen määrä. Sen lisäksi, että kohtaamistapahtumaa kohti laskettu riski epäilemättä kasvaa lämpötilan ollessa lähellä nollaa ja tien ollessa jäinen, myös liikenteen painopiste on saattanut jonkin verran siirtyä näihin olosuhteisiin - Etelä-Suomen teille - joskaan tästä ei ole riittävästi näyttöä.



Kuva 4.4. Henkilövahinkoon johtaneet kohtaamisonnettomuudet 1989-98 lämpötilan mukaan eri nopeusrajoitusalueilla. Talvinopeuksista johtuen kohtaamisonnettomuudet keskittyvät pakkaskeleille 80 km/h:n nopeusrajoitus-alueilla, ja lämpimillä keleillä taas 100 km/h nopeusrajoitusalueilla tapahtuu enemmän kohtaamis-onnettomuuksia. Piikki on kuitenkin tiukasti nollan asteen tienoilla. Piikin terävyys johtunee osittain siitä, että nollan molemmiin puolin tapahtuneissa onnettomuuksissa lämpötila rekisteröidään herkästi nollassa asteeksi. Sama ilmiö näkyy viiden asteen välein, esim. 9 ja 11 asteen lämpötilassa tapahtuneet onnettomuudet ilmoitetaan tapahtuneeksi 10 asteen lämpötilassa. Talviaikana suurella osalla tieverkkoa nopeusrajoitus lasketaan 80 km/h:iin kesäajan 100 km/h:sta. Suoritteiden jakautumisen vuoksi talviaikana onnettomuuksia tapahtuu enemmän 80 km/h:n rajoitusalueella ja kesäaikana taas 100 km/h:n alueella. (Ks. myös Talviajan liikenneturvallisuus, Tiel selvityksiä 6/97 ja Liukkaan kelin kohtaamisonnettomuudet, Tiel sisäisiä julkaisuja 27/95).

4.1.3 Korjausliikkeet ja hallinnan menetykset eri keleillä

Huttula ja Ernvall [35] analysoivat ajohallinnan menetyksiä kuolemaan johtaneissa kohtaamisonnettomuuksissa tutkijalautakuntatietojen perusteella. Keilin vaikutus ajoneuvon hallinnan menetyksissä näkyy erittäin selvästi siten, että kuivalla tiellä ajohallinta on menetetty jarruttamalla 60%:ssa tapauksista, märällä tiellä noin 50%:ssa, mutta lumisella alle 28%:ssa ja jäisellä 22%:ssa, ajourien ollessa paljaana vain 18%:ssa (kuva 4.5). Näyttää siis siltä, että kitkan pienentyessä pienempikin auton käsittelyvirhe riittää ajohallinnan menettämiseen. Nämä tulokset tukevat edellä esitettyä näkemystä, että esimerkiksi pienikin väistöliike ja väistöliikkeen korjaus saattavat johtaa ajohallinnan menetykseen ja suistumiseen vastaantulijan kaistalle etenkin liukkaissa olosuhteissa.

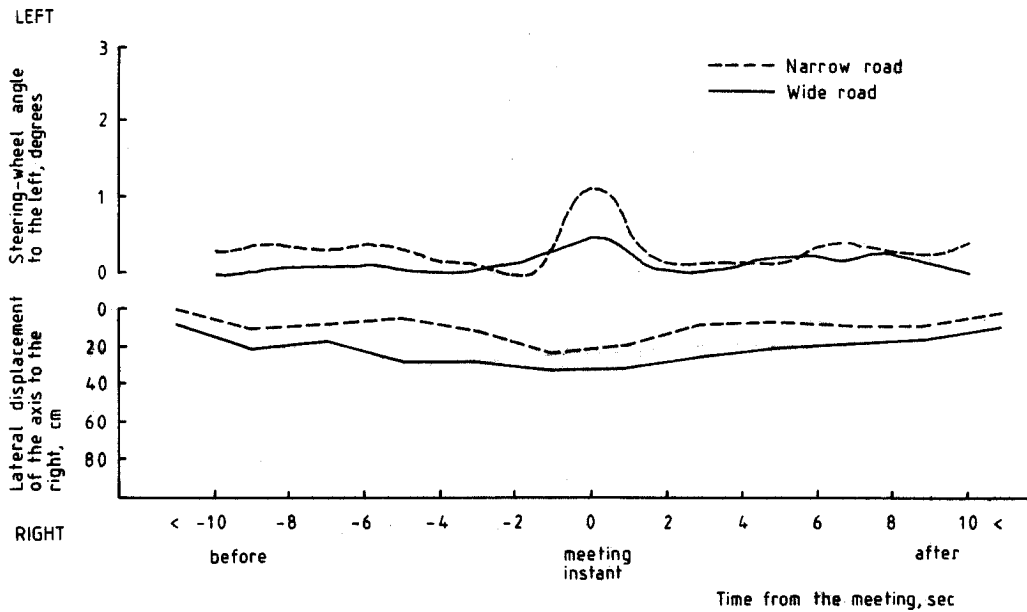


Kuva 4.5. Ajohallinnan menetys kuolemaan johtaneissa nokkakolareissa eri keleillä Huttulan ja Ernvallin analyysissä [35].

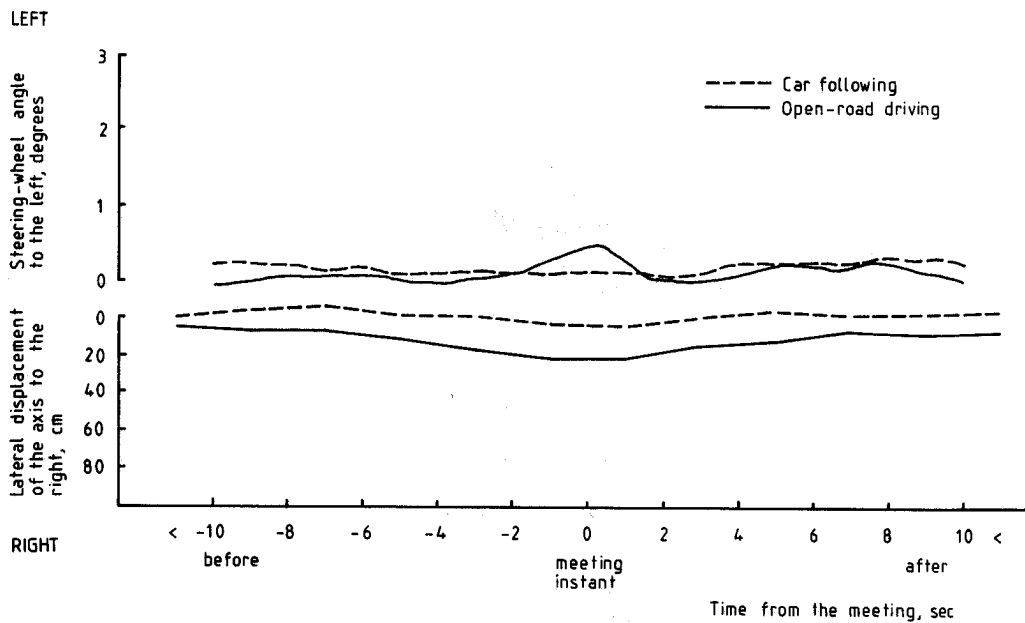
4.1.4 Tien leveys

Tien leveys vaikuttaa olennaisesti väistöliikkeisiin kohtaavan ajoneuvon lähestyessä. Martin Helander [36, 37] on analysoinut instrumentoidulla autolla tehdyissä kokeissa ohjauspyörän liikkeitä kapeilla ja leveillä teillä kohtaamistilanteessa, ja Summala, Leino ja Vierimaa [38] vastaavasti tietyn tieosan ohittavien autoilijoiden sijainnin muutoksia kohtaamistilanteissa.

Kuvasta 4.6 voidaan nähdä, että kapeilla teillä väistöliike on lyhytaikaisempi ja myös jyrkempi ja tapahtuu myöhemmin kuin leveillä teillä. Korjaava ohjausliike vasemmalle, joka pysäyttää siirtymän tien reunaan kohti, on kapeilla teillä selvästi suurempi ja nopeampi kuin leveillä teillä. Korjausliike myös alkaa selvästi ennen kohtaamishetkeä, mikä on johtanut tutkijat joskus virhepäätöksiin sen luonteesta. Tämä tulos myös osoittaa, miten tien leveys säätelee tilan käyttöä. Kapealla tiellä ei haluta ajaa pitkiä aikoja aivan tien reunassa.



Kuva 4.6. Ohjauspyörän liike (yläkuva) ja sivuttaissuuntainen siirtymä tiellä (alakuva) kohdattaessa toinen ajoneuvo kapealla ja leveällä tiellä. Kapean tien ajorata oli 6,3-6,6 m ja koko tie 8,8-9,2 m leveä, leveällä vastaavat luvut olivat 7,0-7,4 m ja 11,3-11,9 m. ([38]).



Kuva 4.7. Ohjauspyörän liike (yläkuva) ja sivuttaissuuntainen siirtymä tiellä (alakuva) kohdattaessa toinen ajoneuvo jonoajossa ja vapaassa tilanteessa ([38]).

Väistöliikkeen ajoitus saattaa myös olla kriittinen toiminnan hallinnan kanssa. Tilanne on siten jossain määrin analoginen edellä mainittua henkilö- ja raskaan liikenteen kohtaamistilanteiden vertailua ajatellen. Jonossa ajettaessa väistöliike pienenee (kuva 4.7) ja toisaalta väsymys (aika tehtävässä) näyttää viivästyvän väistöliikettä kohdattaessa raskas ajoneuvo siten, että väistöliike reunaa kohti alkaa myöhemmin ja on suurempi (kuva 4.3).

Sadan kuudenkymmenen, jopa yli 200 km/h:n nopeusero ajoneuvojen kohdatessa toisensa kaksikaistaisella tiellä on sinänsä tilanne, jossa jokseenkin varma kuolema on 2-3 metrin ja hyvin pienen virheliikkeen päässä. On suorastaan yllättävää, miten hyvin kuljettajat tottuvat tuollaiseen vaaratilanteeseen. Tällaista tottumista tapahtuu ajokokemuksen myötä siten, että vastaalkajat ovat epävarmempia kohtaavan ajoneuvon lähestyessä.

Toisaalta sitä esiintyy kaikilla kuljettajilla jokaisella matkalla siten, että matkan alussa saatetaan suhtautua varovaisemmin tiettyihin tilanteisiin. Kun vähitellen adaptoidutaan nopeuteen ja auton hallinta koetaan varmemmaksi, kohtaamistilanne niin kuin muutkaan kriittiset tilanteet eivät herätä samanlaisia emotionaalisia reaktioita kuin ehkä matkan alussa. Tällä tavoin esimerkiksi lyhyt- ja pitkämatkalaiset kuljettajat saattavat erota toisistaan siten, että päätien liikenne herättää enemmän pelkoa lyhytmatkalaisissa kuin jo pitkän matkaa päätiellä ajaneissa autoilijoissa.

4.2 Ohittaminen

Lisätila poikkileikkauksessa ei välttämättä lisää turvamarginaaleja ja turvallisuutta kohtaavien ajoneuvojen välillä. Lisätila houkuttelee ohittamaan helpommin: ohituskynnys alenee, kun tiellä on tilaa kolmelle ja neljällekin henkilöautolle rinnakkain [26, 39, 40], mikä saattaa johtaa suorastaan lisääntyviin kohtaamisonnettomuuksiin. Suomalaiset ovat kauan kadehtineet ruotsalaisia heidän sujuvammasta käytännöstään, jossa hitaampien väistäminen pientareelle 13 m:n teillä on lähes säännönmukaista ja johtaa selviin etuihin myös matkanopeuksissa. Keskimääräinen matkanopeus aleni 1980-luvun moottoriliikennetiellä Suomessa lähes 12 km/h liikennemäärän kasvaessa mittaussuuntaan 1000 autoa tunnissa, kun Ruotsissa vastaava aleneminen oli vain 4 km/h [41].

Vaikka Suomen ja Ruotsin leveiden peruspoikkileikkausten välillä on joitakin eroja, perussyy erilaiseen ajokäyttäytymiseen oli (ja on yhä) kuitenkin lain-säädännössä ja sen ohjeistuksessa [39]. Ohittajan ja ohitettavan velvollisuuksia käsittelevät § 19 Suomen ja § 48 Ruotsin tieliikennelaissa. On huomattava, että Ruotsin tieliikennelaissa ei mainita lainkaan piennarta toisin kuin Suomen laissa: Ruotsin laissa todetaan vain, että ohitettavan auton on pysyteltävä niin oikealla kuin mahdollista ohituksen aikana. Tällainen toteamus on toki Suomenkin laissa, mutta koska piennar mainitaan erikseen, voidaan tulkita, että Suomessa mahdollisimman oikealla pysyminen ei koske piennarta. Kuljettajan olisi siis pysyttävä mahdollisimman oikealla ajorataa. Tätä ei kuitenkaan tieliikennelaissa sanota suoraan, ja näin ollen se on tulkittavissa usealla tavalla.

Pientareelle väistämistä Suomen laki käyttää sanamuotoa "kuljettaja saa...". Tämä ei kuitenkaan missään tilanteessa velvoita kuljettajaa väistämään. Ruotsin laissa ei tällaista vapaaehtoisuuteen perustuvaa mainintaa ole. Suomen tieliikennelaissa sanotaan, että hitaasti ajavan ajoneuvon kuljettaja saa väistää pientareelle, jos se voi tapahtua vaaratta ja haitatta. Ongelmaksi jää, miten määritellään hitaasti ajava ajoneuvo, missä kulkee raja pientareelle väistämisen ja pientareella ajamisen välillä, sekä voiko mikään toiminta liikenteessä tapahtua vaaratta ja haitatta. Kun vielä poliisiviranomaiset tulkitsivat lakia täysin vastakkaisilla tavoilla, on selvää, että autoilijoiden mielipiteet menevät ristiin ja hyvää käytäntöä ei synny [39].

Onkin huomattava, että erityisesti uudentyypisiä poikkileikkauksia rakennettaessa tulisi huolehtia sekä lainsäädännön ja ohjeistuksen selkeydestä että kuljettajien opettamisesta ja opastamisesta hyvien ohjeiden ja valvonnan avulla.

Liikenteen kasvaessa kuljettajien ohituskyvnys kasvaa, ja he luopuvat asetteittain ohittamisesta [2]. Kuitenkin osa kuljettajista jatkaa varsin pitkään ja vaarallisesti, ja käyttää myös ohituskastoja vaarantaen siten liikennevirran sujuvuuden.

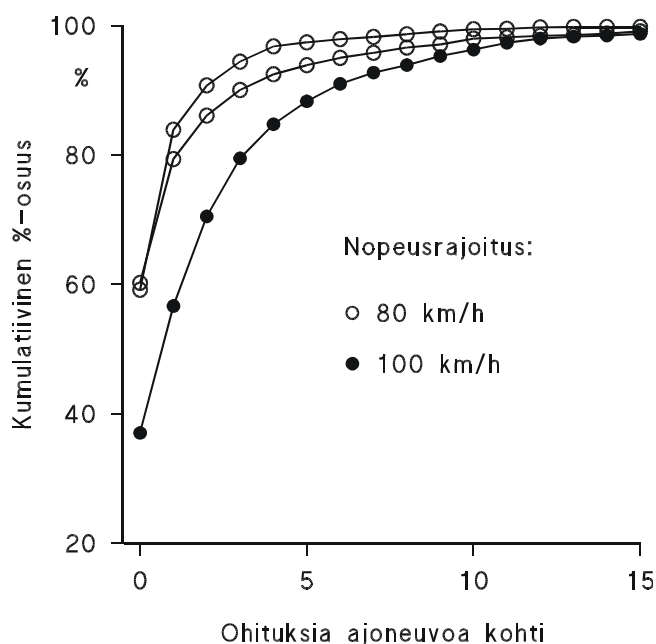
4.3 Tasaanopeus

Liikenneympäristö säätelee liikennevirtaa, mutta ympäristön muutokset - parantamisratkaisut - ovat kalliita ja hitaita, ja valtaosalla päätieverkkoamme parantamista saadaan odottaa kauan. Sen sijaan perustelluilla (ja valvotuilla) säännöillä voidaan käyttäytymiseen vaikuttaa nopeasti. Nopeuden säätely on niistä tehokkaimpia, vaikkakin yhteiskunnan ja tienkäyttäjien tavoitteet eivät ole välttämättä yhteneväisiä.

Yksi perustavanlaatuinen tekijä kaksikaistaisten pääteiden liikennevirrassa on eri ajoneuvotyyppien erilaisista nopeuksista aiheutuva ohitustarve ja liikennevirran häiriöt. Nopeuksien hajonta tunnetusti korreloi onnettomuusteen kanssa [42], ja suuri hajonta liittyy moniin potentiaalisesti vaarallisiin liikennetapahtumiin, kuten esimerkiksi kaistanvaihtoihin, ohituksiin ja liian lähellä ajamiseen [43]. Harmonisoimalla nopeusrajoituksia voidaan tasoittaa liikennevirran nopeuden hajontaa ja näin osaltaan vähennetään ohitustarvetta. Erityisesti "pitkien" ohitusten tarve vähenisi, kun raskas liikenne ajaisi samoilla nopeusrajoituksilla.

Jo toistakymmentä vuotta on puhuttu tasaanopeusmallista, jossa raskas liikenne ja henkilöautot ajaisivat samaa nopeutta. Yksi mahdollisuus on pyrkiä yhtenäiseen nopeustasoon, jossa raskas liikenne ajaa nopeudenrajoittimien sallimaa 87-88 km/h:n nopeutta, henkilöautojen maksiminopeus säädetään 90 km/h:iin ja valvonnassa noudatetaan nollatoleranssia. Joidenkin tulosten mukaan enemmistö (57 %) kuljettajista kannattaa tällaista järjestelmää ja nykyisellä kannalla on vain neljännes [13]. Tämä olisi kuitenkin varsin perustavanlaatuinen muutos nopeusrajoitusjärjestelmäämme, ja sen vaikutukset toisaalta turvallisuuteen, toisaalta liikennevirtaan tulee selvittää huolella.

Tasaanopeusmalli itse asiassa toteutuu jo nyt talvinopeusrajoitusten aikaan. Kuva 4.8 esimerkiksi osoittaa, kuinka yksilölliset ohitusmääräjakautumat muuttuvat eri nopeusrajoituksilla vajaan 30 kilometrin matkalla suunnilleen samanlaisissa olosuhteissa. Tarkempaa analyysiä kuitenkin tarvitaan esim. talvinopeusrajoituksen vaihtumisen aikoihin samanlaisilla kevään tai syksyn keleillä.



Kuva 4.8. Aktiivisten ohitusten jakautuma arkipäiväliikenteessä vanhalla vt3:lla Riihimäen ja Hämeenlinnan välillä eri nopeusrajoituksilla [44].

4.4 Vakavien onnettomuuksien ehkäiseminen päätieverkolla

Onnettomuuksien torjuntatoimenpiteet lähtevät hyvin usein vakavista onnettomuuksista, niiden syiden ja riskitekijöiden analyysistä. Tutkijalautakunnat myös esittävät ehdotuksia keinoiksi, joilla onnettomuuksia voidaan ehkäistä. Tutkijalautakunnat ovat kuitenkin yleensä sidoksissa välittömään onnettomuustapahtumaan ja välittömään onnettomuuden syyhyn, eivätkä aina pysty näkemään "kauempana" olevia onnettomuuksien estomahdollisuuksia eikä uusia keinoja onnettomuuksien torjumiseksi [45, 46].

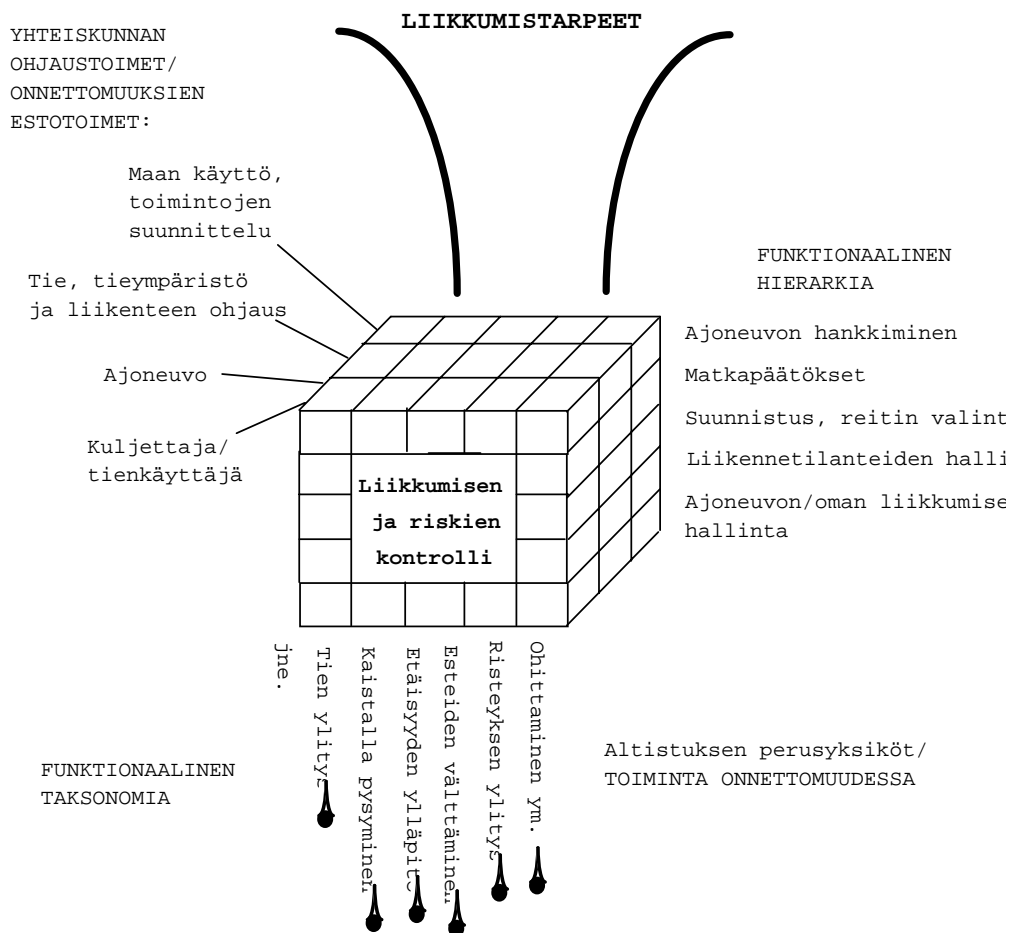
On tullut tavaksi sanoa, että 90 prosenttia onnettomuuksista johtuu ihmisen virheistä, ja ajoneuvon tai ympäristön virheistä vain hyvin pieni osa. Kuitenkin voimakas traditio on jo kauan opettanut, että ihminen toimii tietyllä tavalla tietyssä ympäristössä motiivinsa suunnassa, ympäristö vaikuttaa olennaisesti kuljettajan virheisiin, ja ympäristön muutoksella voidaan saada suuria hyötyjä aikaan.

Viimeaikaisessa keskustelussa⁴ olenkin esittänyt, että liikennevahinkojen tutkijalautakunnat olisi tavallaan pakotettava tarkastelemaan kaikilla tasoilla niitä keinoja, joilla kuolonkolari olisi voitu välttää. Lisäksi tulisi aina arvioida, millä keinoilla kolari olisi voitu kokonaan ja varmasti välttää, vaikka se epäilemättä aluksi tuntuu johtavan usein trivialeetteihin. Kuitenkaan esim. yksilön kohdalla matkan suorittamatta jättäminen tai sen tekeminen toisella kuluneuvolla (esimerkiksi taksilla tai tilausbussiliikenteessä) ei kuitenkaan ole triviaali kysymys. Tässä tulemme tietysti törmäämään liikennepoliittisiin tavoitteisiin, mutta tämäntyyppiset tarkastelut tulisi liittää ihmisten liikkuvuuteen ja liikkumistarpeisiin. Siten esim. ikääntyvän väestön liikkumistarpeiden tyydyttämiseen oikeilla tavoilla tulee kiinnittää erityisesti huomiota.

⁴ H. Summala, Henkilövahinkotutkimuksen johtoryhmä, 21.1.2000

Voisimme havainnollistaa tätä kysymystä onnettomuusaltistusta selittävällä "seulamallilla" (kuva 2.1), jota nyt tarkastelemme onnettomuuksien estotoimien näkökulmasta (kuva 4.9). Sen sijaan, että tarkastelisimme vain onnettomuuksia edeltävää alatasoa käyttäytymistä (liikennetilanteiden hallintaa ja ajoneuvon käsittelyä), meidän tulee kysyä, olisiko reitti voitu valita toisin; mistä matkasta on kysymys - oliko se ylipäänsä tarpeellinen tai olisiko asia voitu hoitaa toisin; ja onko ko. henkilön - esim. iän tai sairauksien vuoksi - ylipäänsä järkevää hankkia ja käyttää autoa.

Kaikkien osallisten matkatavoitteista lähtien tulisi rakentaa polku, jossa joka vaiheessa kysytään, millä keinoin onnettomuus olisi voitu kokonaan välttää (nollatavoiteperiaate). Tällä polulla on analysoitava erikseen eri perinteisten osatekijöiden (maankäyttö, tieympäristö ja siihen liittyvä ohjaus, ajoneuvo, ja ihminen) mahdollisuudet ja eri vastuutahojen mahdollisuudet.



Kuva 4.9. Onnettomuuksien estotoimien hierarkkinen malli: onnettomuuksien estomahdollisuudet kaikin yhteiskunnan ja yksilöiden käytettävissä olevin keinoin tulee käydä läpi aina, kun vakava onnettomuus tapahtuu.

Liikenneympäristön tasolle siirryttäessä varsin relevantti esimerkki on jalankulkijan kuolema hänen ylittäessään päätietä taajaman kohdalla. Tällöin ei tule kiinnittää yksin huomiota siihen, minkälaisen virheen hän teki tietä ylittäessään (ja mitä autoilija teki tai jätti tekemättä), vaan myös siihen millä matkalla hän oli, minkä takia hän oli ylittämässä tietä, mikä hänen elämäntilan-

teensa oli, oliko hän lapsi, nuori, vanha tai keski-ikäinen vai vanha henkilö jne. Seuraavalla tasolla on kysyttävä, synnyttikö ko. matkatarpeen - ja konfliktitilanteen - mahdollisesti toimintojen ja tiestön virheellinen sijoitus. Tällaiset asiat tulisi välttämättä ottaa huomioon päätieverkkoa suunniteltaessa ja niillä on ilmeinen merkitys toimintoja sijoitettaessa ja kevyen liikenteen ratkaisuja suunniteltaessa.

Kaksikaistaisten teiden kohtaamisonnettomuuksia tarkasteltaessa tarkastelun ei tule rajoittua yksin kuljettajien toimintaan ja kuljettajien virheisiin niin, että tyydyttäisiin vain yrittämään näiden virheiden korjaamista (tässä on sisäänrakennettuna se oletamus, että nämä ovat tarkkaavaisuusvirheitä, joihin ei kovin paljon voi vaikuttaa), vaan tulee miettiä miten virheistä huolimatta voidaan liikenneympäristö rakentaa sellaiseksi, että virheet eivät johda kuolemaan. Tämähän on yksi keskeinen periaate Ruotsin nykyisessä nollavisiossa. Siten myös kohtaamisonnettomuuksien tulkinnessa vaaditaan ennakkoluulottomuutta myös onnettomuustutkijoilta.

Itse asiassa liian usein onnettomuustutkijat päätyvät suosittelemaan koulutusta, valistusta ja ns. pehmeitä keinoja silloinkin, kun ongelma vaatisi huomattavasti kovempia keinoja.

Moottoriteiden onnettomuusaste on hyvin alhainen verrattuna alempaan tieverkkoon nimenomaan siitä syystä, että joukko vaarallisimpia liikennetilanteita on kokonaan poistettu esim. eritasoliittymien tai suuresti vähennetty esim. lisäämällä kohtaavien liikennevirtojen välimatkaa tai poistettu esim. lisäämällä keskikaide ajoratojen väliin. Jo noin 30 vuotta sitten analysoitiin valtatie 4:llä välillä Kehä III – Lahti tapahtuneet kuolonkolarit ja arvioitiin, että vuosina 1967-69 kuolleista 57:stä henkilöstä 23 olisi säästetty tielle rakennettavalla keskikaiteella, ja 575:stä loukkaantuneesta 181 olisi pelastunut [47]. Toimenpide arvioitiin tuolloin myös hyötysuhteeltaan hyvin edulliseksi. Keskikaide on yksi esimerkki onnettomuuksien estokeinosta, joka ei välittömästi tule onnettomuustutkijan mieleen, mikäli hän tarkastelee onnettomuuksia liian "läheltä" ja pitäytyy perinteisessä liikenneympäristössä ja etsii siinä poikkeamia suunnitteluperiaatteista, mutta ei täysin uusia suunnitteluperiaatteita.

Kaiken kaikkiaan emme kuitenkaan tunne riittävän hyvin kuljettajan toimintaa mm. kohtaamistilanteissa, ja erityisesti eri kuljettajaryhmien (iän ja ajokokemuksen mukaan) toiminta eri poikkileikkauksissa kaipaa vielä selvittämistä. Toisaalta onnettomuuksien syiden analyysi rekonstruoimalla onnettomuustapahtumia, niin huolellisesti kuin se nykyisin tehdäänkin tutkijalautakuntatyössä, ei yksin riitä, vaan tarvitsemme monilla menetelmillä suoritettavaa käyttäytymisanalyysia sen tueksi. Samalla voimme suunnitella päätieverkon siten, että se on paitsi turvallinen myös sujuva ja miellyttävä käyttää.

5 LIIKENNEKÄYTTÄYTYMINEN JA TIENKÄYTTÄJIEN MIELIPITEET

Kun arvioidaan erilaisia päätieverkon parantamisratkaisuja ja valitaan tien poikkileikkausta ja suunnitteluelementtejä, objektiivisina vertailuperusteina voidaan käyttää onnettomuusastetta ja tien palvelutasoa määriteltynä esim. matkanopeuksilla tai liikennevirran romahtamisen todennäköisyytenä. Onnettomuustietoja ei kuitenkaan ole käytettävissä erityisesti uusista poikkileikkauksista, koska onnettomuuksia yksinkertaisesti sattuu lyhyillä koeteillä liian vähän. Niiden taustalla olevan käyttäytymisen yhteys tien suunnitteluelementteihin on vaikeasti selvitettävissä. Sen takia tarvitaan myös observointia (tien varresta tai liikennevirrassa liikkuvasta autosta). Tämän lisäksi on syytä hyödyntää haastattelu- ja kyselymenetelmiä. Nämä ovat tärkeitä kahdesta syystä: tarvitsemme toisaalta tietoa tienkäyttäjien mieltymyksistä, toisaalta ongelmatilanteista, joihin he ovat eri teillä ajaessaan joutuneet.

Kuljettajien mieltymyksiä voidaan kysellä joko kyselylomakkeella, puhelin- tai tienvarsihaastatteluna, mutta olennaista on, että haastateltavalle saadaan luotua oikea konteksti, että hän varmasti yhdistää kysymykset oikeaan asiaan, ja tämä voi tapahtua kunnolla vain siinä ympäristössä, josta tietoa halutaan saada. Tämän takia esimerkiksi erilaisia poikkileikkauksia koskevat haastattelut tulisi suorittaa niiden välittömässä läheisyydessä. Samalla voidaan kartoittaa niitä ongelmatilanteita, joihin tienkäyttäjät ovat erityyppisillä teillä joutuneet. Haastattelu- tai kyselytutkimuksen kohdejoukko voidaan käsitellä tällöin mittausinstrumentiksi, jolla ongelmatilanteiden esiintyvyyttä ja luonnetta mitataan. Mittaaminen voi kohdistua joko haastateltavien omaan käyttäytymiseen tai heidän havaintoihinsa muiden käyttäytymisestä. Ihmisen muisti on kuitenkin hyvin rajallinen ja valikoiva. Riippuen tapahtumasta se unohdetaan joko melkein välittömästi tai saatetaan muistaa loppuikä, ja muistamiseen vaikuttavat tekijät saattavat joskus olla hyvinkin yllättäviä.

Laajoja kysely- ja haastattelututkimuksia suunniteltaessa tulee kysymysten yksiselitteisyyteen kiinnittää erityistä huomiota. Yleisellä tasolla kuljettajien välisiä eroja koskevat analyysit toimivat yleensä paremmin kuin tiettyihin tien ja tieympäristön elementteihin kohdistuvat. Siten esimerkiksi vahva kyselylomakkeisiin pohjautuva tutkimusperinne on pystynyt osoittamaan kuljettajien toiminnassa erityyppisiä virhekatgorioita, jotka ovat olennaisia onnettomuuksien torjuntakeinoja suunniteltaessa ja myös tietä ja liikenneympäristöä parannettaessa.

Reason et al. [48, 49] jakoivat kuljettajan virhetoiminnot laajaan kyselyyn ja sen faktorianalyysiin perustuen kolmeen tyyppiin. *Kuljettajan rikkomukset* (violations) ovat tahallisia (ja usein tottumuksen mukaisia) tieliikennelain rikkomuksia kuten ylinopeudella ajaminen ja tahallinen risteyksen ylittäminen, kun liikennevalo on juuri vaihtunut punaiseksi. Toinen kategoria ovat *virheet* (errors), joissa esim. havainto- tai käsittelyvirheestä johtuen toimii toisin kuin "täysin informoituna" toimisi, tai suunniteltu toiminta ei virheen takia johda aiottuun lopputulokseen. *Lapsuksiksi* luokitellaan tilanteet, joissa esim. kuljettaja vahingossa yrittää lähteä liikkeelle suurella vaihteella tai huomaa olevansa matkalla kotiin tuttua tietä sen sijaan, että olisi pitänyt valita toinen tie jonkin asian hoitamiseen. Rikkomuksilla on yleensä varsin vahva yhteys onnettomuuksiin, mikä selittyy huomattavalta osalta nuorten ja keski-ikäisten miesten suurilla nopeuksilla.

Taulukkoon 5.1 on kerätty tätä selvitystä varten joukko maantieajoa koskevia osioita tutkimuksesta, jossa selvitettiin aggressiivisen käyttäytymisen yhteyttä eri tekijöihin Suomessa, Hollannissa ja Britanniassa [50, 51]. Yli tuhanelta suomalaiselta ajokortin haltijalta kysyttiin mm. kuinka usein heille on tapahtunut tiettyjä asioita viimeisen vuoden aikana. Vastauksissa käytettiin 6-portaista asteikkoa (ei koskaan - hyvin usein).

Osiot on järjestetty taulukkoon sen mukaan, miten suuri osa vastaajista kielsi kertaakaan toimineensa kyseisellä tavalla. Yleisintä oli nopeusrajoituksen rikkominen moottoritiellä - vain runsas neljännes (27,6%) ei ollut syyllistynyt siihen - ja harvinaisinta oli hitaan ajoneuvon ohittaminen väärältä puolelta. Joka viides oli kuitenkin ohittanut tai yrittänyt ohittaa kääntymässä olevan auton, koska ei ollut huomannut tämän suuntamerkkiä. Erityisesti tämä oli aikaisemmin suuri ongelma päätieverkollamme. Taulukkoon on myös merkitty keskeisten taustamuuttujien (iän, sukupuolen ja vuotuisen ajomäärän) merkitsevät vaikutukset (yleisellä lineaarisella mallilla laskettuna).

On aivan selvää, että tässä muodossa postikyselynä lähetetty kyselykaavake ei täytä edellä mainittuja vaatimuksia silloin, kun tarvitaan yksityiskohtaisempaa tietoa kuljettajien ongelmista erityyppisillä teillä. Menetelmä on sovellettavissa, mutta edellyttää riittävän hyviä määrittelyjä ja sitomista ao. tieympäristöön. Hyvä strategia on yhdistää kyselymenetelmä observointiin siten, että kuljettajan ajotapa (nopeus, ohitukset), matkaan ja liikennetilanteeseen liittyvät tekijät, demografiset tekijät, ja hänen raportoimansa koetut ongelmatilanteet ja mieltymykset voidaan sitoa toisiinsa (ks. luku 6.2).

Taulukko 5.1. Erilaisten ongelmien esiintyvyys suomalaisessa kyselyaineistossa käyttäen DBQ (Driver Behaviour Questionnaire)-tyyppistä kyselyä [50, 51].

| Osio kuljettajan käyttäytymiskyselyssä | "ei koskaan" - vastausten %-osuus | ien vaikutus P-arvo | sukupuolen vaikutus P-arvo | vuotuisen ajomäärän vaikutus P-arvo |
|--|-----------------------------------|------------------------|-------------------------------|--|
| Rikkinut nopeusrajoitusta moottoritiellä - rikkomus | 27.6 | <.001 | <.001 | <.001 |
| Olette huomannut olleenne jonkin aikaa niin ajatuksissanne ettei teillä ole selvää muistikuvaa tiestä, jota olitte juuri ajanut - lapsus/ tarkkaavaisuus | 29.2 | <.001 | <.001 | .048 |
| Olette lukenut liikenneopasteen väärin liittymässä ja kääntynyt väärälle tielle - virhe: havainto | 30.1 | .014 | .067 | .151 |
| Aikoessanne ajaa kohteeseen A olette yllättäen huomannut erehdyksessä valinneenne kohteeseen B johtavan reitin (esim. siksi, että B on tyypillisempi määränpäänte): - lapsus: reitin valinta | 32.6 | .113 | .377 | .026 |
| Olette jarruttanut voimakkaasti liukkaalla tiellä ja menettänyt auton hallinnan - virhe: havainto- tai - arviointi/käsittely | 53.1 | .022 | <.001 | .297 |
| Päätielle kääntyessänne olette kiinnittänyt kaiken huomion risteävään liikenteeseen niin, että olette lähes ajanut edellä olevan auton perään? - virhe: tarkkaavaisuuden jakaminen | 53.9 | .531 | .537 | .016 |
| Olette tarkoituksella ajanut päättyvällä kaistalla niin pitkälle, että olette viime hetkellä kiilannut toiselle kaistalle lähes väkisin (huom.: voi tapahtua myös katuverkolla) - rikkomus | 74.4 | .013 | <.001 | .014 |
| Olette yrittänyt ohittaa vasemmalle kääntyvän auton, koska ette huomannut auton suuntamerkkiä - virhe: havainto | 79.4 | .404 | .273 | .002 |
| Ohittanut hitaan ajoneuvon väärältä puolelta - rikkomus | 83.9 | .115 | <.001 | .052 |

Huom. Tässä annettu vain p-arvot, selitysasteet yleensä suhteellisen alhaisia.

6 EHDOTUS TUTKIMUSKOKONAISUUDEKSI

Tässä tutkimusehdotuksessa esitetään keskeiseksi painopisteeksi kohtamisonnettomuuksiin liittyvän tiedon lisääminen. Sen lisäksi ehdotetaan tutkittavaksi poikkileikkauksen vaihtumisen vaikutuksia kuljettajan käyttäytymiseen, sekä - aluksi kyselymenetelmin - kuljettajien ongelmia ja riskikäyttäytymistä eri poikkileikkauksissa sekä heidän mielipiteitään niistä. Myös liikenevirtaa homogenisoivaa kevyen ja raskaan ajoneuvoliikenteen tasapeusmallia esitetään tutkittavaksi talvi- ja kesänopeuksien vaihtumisaikoina.

6.1 Kohtaaminen eri poikkileikkauksissa

Kuolemaan johtaneita kohtamisonnettomuuksia on tutkittu tutkijalautakunta-aineistojen pohjalta [28, 35]. Huttulan ja Ernvallin [35] tutkimuksessa, vaikkakin se tarkastelee yksityiskohtaisesti eri tekijöitten vaikutuksia, ei kuitenkaan ole käytetty malleja, joilla eri tekijöiden yhdysvaikutuksia voitaisiin koko aineistossa tarkastella. Myöskään Raimo Karttusen tutkimus kohtamisonnettomuuksista [28] ei tällaista kokonaiskuvaa anna. Siksi esitämme toteutettavaksi erityisesti kohtamistilanteeseen liittyvän osakokonaisuuden, jossa tarkastellaan kohtamisonnettomuuksia, kuljettajien toimintaa, heidän pelkojaan ja itse raportoituja virheitään kolmessa osatutkimuksessa:

1. Onnettomuusanalyysit
2. Kokeellinen tutkimus
3. Poikkileikkauksen vaihtumisen vaikutus kuljettajan käyttäytymiseen

Onnettomuusanalyysit

Kohtamisonnettomuuksia tutkitaan tien poikkileikkauksen, kelin, kuljettajien ajokokemuksen ja iän sekä kohtaavan ajoneuvon ominaisuuksien funktiona. Analyysit voidaan suorittaa tutkijalautakuntien aineistosta sekä - aineiston saatavuudesta riippuen - Tiehallinnon onnettomuusrekisteristä (poliisin tietoon tulleista onnettomuuksista lisättynä tierekisteritiedoilla).

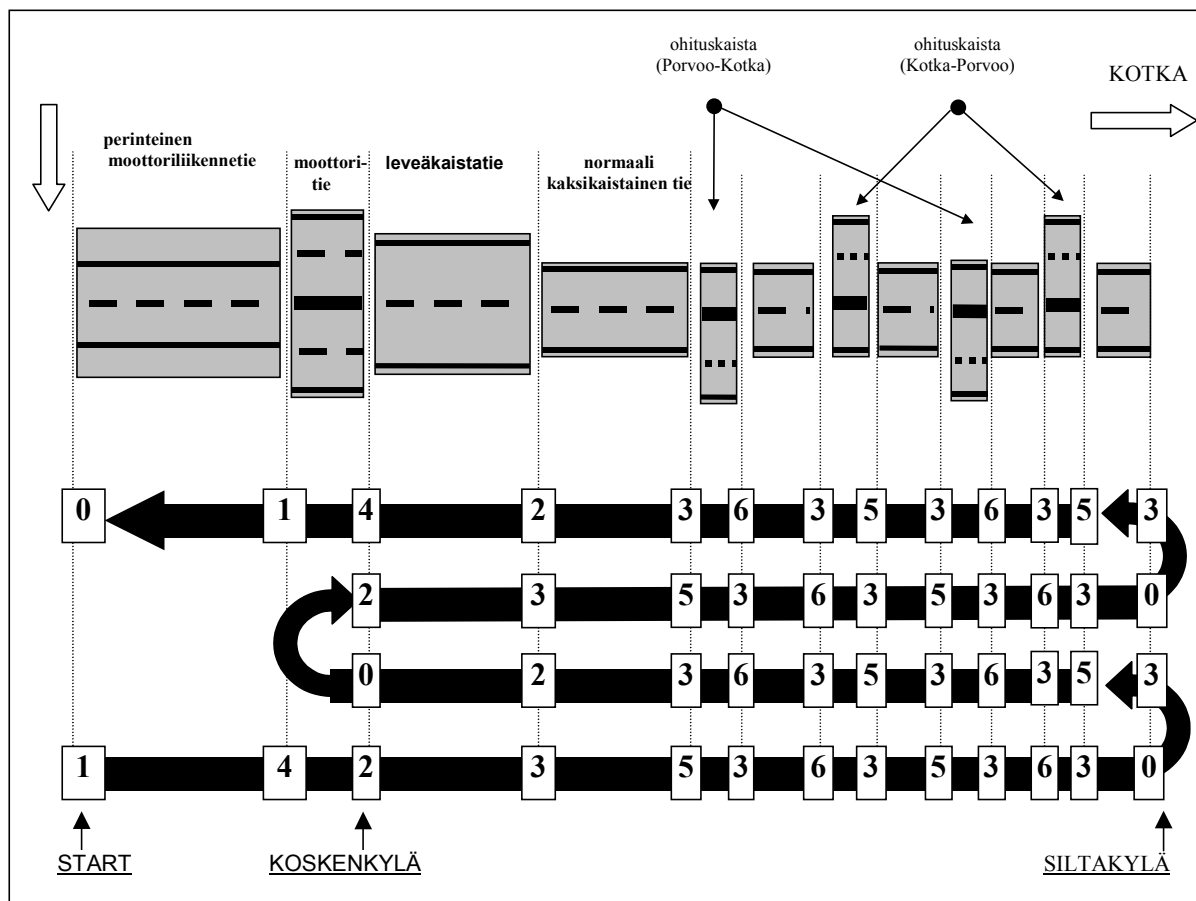
Kokeellinen tutkimus

Toiseksi ehdotetaan tutkittavaksi empiirisesti kuljettajien käyttäytymistä kohtamistilanteissa erityyppisissä poikkileikkauksissa. Tutkimuksessa käytetään instrumentoitua autoa, ja kuljettajat ovat tutkimuksen tarkoituksesta tietämättömiä. Tutkimus suoritetaan valtatie 7:llä Porvoon ja Siltakylän välillä.

Kuvassa 6.1 on esitetty ehdotus kokeen kulkukaavioksi. Koehenkilöt ajavat ensin autoon totutellakseen Helsingistä Porvooseen, josta varsinainen tutkimustie alkaa. Kaiken kaikkiaan Porvoon ja Siltakylän välillä on kuutta erilaista poikkileikkausta, joista viisi yksiajorataisia. Porvoon ja Koskenkylän väli on vanhaa moottoriliikennetietä, jossa tosin on jonkin verran häiriöitä tietöiden takia, mutta tietyön aiheuttamat häiriöt suljetaan käsittelystä pois. Koskenkylän jälkeen seuraa leveäkaistatie, ja siitä eteenpäin normaali kaksikaistainen poikkileikkaus, jossa on neljä yksittäistä ohituskaistaa, kaksi kumpaankin suuntaan.

Koehenkilö ajaa Koskenkylän ja Siltakylän välin neljään kertaan, ja jokainen vastaantuleva auto, sen tyyppi ja ohitushetki rekisteröidään mittausauton

tietokantaan. Tulosanalyysissä kukin kohtaaminen koodataan asianomaiseen poikkileikkaukseen, ja kuljettajan toiminta (ohjausliikkeet, nopeus ja kaasun käyttö, syketaajuus, mahdollisesti myös okulometriset mitat sekä EEG) analysoidaan 10 sekunnin jaksolle ennen ja jälkeen kohtaamisen. Analyysissä tulisi ottaa huomioon se, onko kohtaava ajoneuvo jonon johtaja, jonon sisällä vai yksin. Lisäksi on syytä rekisteröidä koeauton etäisyys edellä ajavaan, jolloin voidaan erikseen tarkastella kuljettajan toimintaa jonossa ajettaessa ja silloin, kun edellä ei ole ketään.



Kuva 6.1. Instrumentoidulla autolla suoritettavan kokeen kaaviokuva.

Koehenkilöiden minimimäärä on 24, joista kahdeksan kussakin kolmesta ikäryhmästä: 18-22 (noviisi), 30-40 (kokenut kuljettaja), ja 65-70 (eläkeläinen). Nämä kaikki osallistuvat kokeeseen kesällä hyvissä olosuhteissa. Osa heistä - riippuen ryhmäerojen suuruudesta - osallistuu myös toiseen koekierrokseen talvikelillä, johon pyritään saamaan mahdollisimman huonoja keliolosuhteita. Pimeyden vaihtelu voidaan myös sisällyttää tutkimuksen jälkiosaan siten, että puolet koehenkilöistä lähtee Helsingistä klo 9 ja palaa takaisin valoisan aikana, ja toinen puoli lähtee klo 15 ja ajaa matkan loppuosan pimeässä. Tarvittaessa koehenkilömäärää varaudutaan kasvattamaan, jotta mm. sukupuolen vaikutukset voidaan analysoida.

Poikkileikkauksien vaihtumisen vaikutus kuljettajien käyttäytymiseen

Edellä esitetystä havaintoaineistosta analysoidaan myös ajotavan muutos ennen ja jälkeen tien poikkileikkauksen muutoksen. Kussakin muutoskohdassa tulostetaan kaikki keskeiset kuljettajan ja auton muuttajat.

6.2 Kuljettajien itseraportoitu käyttäytyminen, ongelmat ja mielipiteet eri tyyppisistä poikkileikkauksista

Tutkimuskokonaisuuteen ehdotetaan liitettäväksi kyselytutkimus, jolla selvitetään erilaisten poikkileikkausten läpi ajaneiden (pitkä- ja lyhytmatkalaisten) kuljettajien käyttäytymistä ja mielipiteitä.

Tutkimus suoritetaan huoltoasemahaastatteluna kolmella erityyppisellä tiellä: vt 5 Heinola (moottoritieosuudella ohituskaistatie-jakson jälkeen); vt 7 välillä Porvoo - Kotka (MOL/leveäkaista/normaali) ja vt 6 välillä Kouvola - Lappeenranta (normaali/leveä piennar; parantamis-toimenpiteet tulossa). Otoksen paremman edustavuuden varmistamiseksi haastattelut toteutetaan kaikissa kohteissa kahtena eri viikonpäivänä - toinen osio tyyppillisen viikonlopun menoliikenteessä perjantaina ja toinen alkuvuikon rauhallisemmassa liikenteessä. Haastattelut suoritetaan kello 10 - 18 välisenä aikana ja kohdistetaan sekä raskaan kaluston että henkilö- ja pakettiautojen kuljettajiin. Haastattelun sisältö ja rakenne räätälöidään - osittain toteutetun pilottihaastattelun pohjalta.

Tutkimuksen yhtenä tärkeänä tavoitteena on selvittää haastateltavien käsityksiä ja mielipiteitä päätieverkon teiden ongelmista. Tavoitteena on myös selvittää, miten päätiellä ajaviin kuljettajiin voidaan vaikuttaa siten, että sujuvuus ja turvallisuus paranisivat. Tämän vuoksi haastattelututkimuksessa pyritään myös laajemman kokonaiskuvan muodostamiseen kuljettajan käsityksistä liikenne-ympäristöstä, liikenteen ilmapiiristä, liikenteen sujuvuudesta ja turvallisuudesta, sekä hänen omasta toiminnastaan ja roolistaan erilaisissa liikennetilanteissa.

Pilottitutkimuksessa ilmeni mm. haastateltavien huoli muiden kuljettajien ohitus- ja nopeuskäyttäytymisestä ohituskaistatiellä. Samoin ilmeni, että leveäpientareisen moottoriliikennetien pientareen oikeasta käytöstä ei ollut selkeää tietoa. Sitä vastoin haastateltavat raportoivat usein joutuneensa väistämään pientareelle vastaantulevien ohittajien pakottamana. Tätä ei kuitenkaan - ehkä hieman yllättäen - pidetty erityisenä ongelmana.

Eräs haastateltava piti ohittamista moottoriliikennetiellä Suomessa ongelmallisena Ruotsiin verrattuna, koska "ei voi olla varma tuleeko vastaan joku jäärapää, joka ei suostu väistämään pientareelle". Pilottihaastattelun otoskoko oli pieni, mutta varsinaisessa haastattelututkimuksessa pyritään selvittämään, onko tällainen suhtautumistapa autoilijoiden keskuudessa yleinen. Kuinka suuri osa autoilijoista ei pelkää oleta, että vastaantulevan väistää pientareelle ohitustilanteessa, vaan edellyttää tai jopa vaatii sitä häneltä? Tämä liittyy osaltaan myös keskusteluun mahdollisesta liikenneilmapiirin osuudesta (ja sen muutoksesta) ajokäyttäytymisen ja turvallisuuden selittäjänä.

Edelleen halutaan selvittää kuljettajien keskeiset riskitekijät ja keinot miten niihin voitaisiin vaikuttaa. Haastattelututkimuksen alustavassa suunnittelussa lähtökohdaksi on otettu käsitepari "voidaan vaikuttaa" laajassa merkityksessä: toisaalta kuljettajaan voidaan vaikuttaa siten, että hän muuttaa toimintaansa vapaaehtoisesti esimerkiksi sosiaalisten mallien perusteella. Astetta kovempina vaikutuskeinona tulee kysymykseen erilaiset säännöt, määräykset ja liikenteen ohjauslaitteet: säännöt määrittävät kuljettajan toiminnalle periaatteelliset puitteet, joskin toimintaa de facto säätelee mm. hänen motii-

vinsa säännösten noudattamiseen. Kolmantena keinona on kova infrastruktuuri - tie ja kovat rakenteet; kaiteet, reunaesteet, töyssyt, kiertoliittymät jne. Haastattelussa on syytä pyrkiä selvittämään kuljettajien suhtautumista ja toimintaa näiden kaikkien vaikutusmahdollisuustasojen näkökulmasta.

Haastattelututkimus täydentää ja palvelee myös instrumentoidulla autolla pääteiden erilaisista poikkileikkauksista tehtävää osatutkimusta. Molempien tutkimusten jälkeen on mahdollista tarkastaa, tukevatko erityyppisistä tietolähteistä - haastattelu ja koehenkilötutkimus (josta osaltaan saadaan sekä dataa että kuvaa myös aktiivisista ja passiivisista ohitustapahtumista) - olettusten mukaisesti toisiaan. Tässä yhteydessä kehitettävää kyselykaavaketta ja saatuja tuloksia voidaan käyttää myöhemmin parantamis-toimenpiteiden seurantaan.

6.3 Tasanopeuskokeilu

Osana tätä taustaselvitystä kerättiin matkanopeus- ja haastatteluaineisto valtatie 6:lta Koskenkylän ja Korian väliltä. Maaliskuun 3:ntenä ja 10:ntenä 2000 videokuvattiin kumpanakin 6 tunnin jakso kolmessa pisteessä matkanopeus- ja ohitusanalyysijä silmälläpitäen, ensimmäinen juuri ennen kuin 100 km/h:n kesänopeudet tulivat voimaan, jälkimmäinen sen jälkeen. Tämän aineisto analysoidaan osana tutkimuskokonaisuutta.

7 LÄHDEVIITTEET

1. Luoma, S., Tieliikenteen sujuvuus ja sen mittaaminen, (21/1998). Tielaitos.
2. Kiljunen, M. & H. Summala, Ruuhkaisuuden kokeminen ja liikennetilantiedottaminen, (25/1996). Tielaitos.
3. Summala, H., Valtatie 3:n ruuhkatutkimus 1984., 1985, Helsingin yliopisto, liikennetutkimusyksikkö.
4. Schmidt, F. & J. Tiffin, Distortion of drivers' estimates of automobile speed as a function of speed adaptation. *Journal of Applied Psychology*, 1969. 53: p. 536-539.
5. Casey, S.M. & A.K. Lund, Three field studies of driver speed adaptation. *Human Factors*, 1987. 29: p. 541-550.
6. Allen, T.M., H. Lunenfeld, & G.J. Alexander, Driver information needs. *Highway Research Record*, 1971. No. 366: p. 102-115.
7. Michon, J.A., *Psychonomie onderweg*. (Inaugural Lecture.). 1971, Groningen: Wolters-Noordhoff.
8. Michon, J.A., Dealing with danger. Report of the European Commission MRC Workshop on Physiological and psychological performance under hazardous conditions, Gieten, The Netherlands, 23-25 May, 1978. 1979, Traffic Research Center, University of Groningen.
9. Mikkonen, V. & E. Keskinen, Sisäisten mallien teoria liikennekäyttäytymisestä., .1980, Helsingin yliopiston psykologian laitos.
10. Summala, H., Accident risk and driver behaviour. *Safety Science*, 1996. 22: p. 103-117.
11. Summala, H., Hierarchical model of behavioral adaptation and traffic accidents, in *Traffic and Transport Psychology*, T. Rothengatter and E. Carbonell Vaya, Editors. 1997, Pergamon: Amsterdam. p. 41-52.
12. McLean, J.R., *Two-lane highway traffic operations*. 1989, New York: Gordon and Breach.
13. Kiljunen, M. & H. Summala, Ajokäyttäytyminen ja matkapäätösten teko kaksikaistaisilla päätteillä. 1997, Helsingin yliopisto, liikennetutkimusyksikkö.
14. Näätänen, R. & H. Summala, *Road-user behavior and traffic accidents*. 1976, Amsterdam and New York: North-Holland/American Elsevier.
15. Räsänen, M. & H. Summala, Car drivers' adjustments to cyclists at roundabouts. *Transportation Human Factors*, 2000. 2: p. 1-17.
16. Summala, H. & M. Räsänen, Top-down and bottom-up processes in driver behavior at roundabouts and crossroads. *Transportation Human Factors*, 2000. 2: p. 29-37.
17. Lee, D.N., A theory of visual control of braking based on information about time-to-collision. *Perception*, 1976. 5: p. 437-459.
18. Cavallo, V. & M. Laurent, Visual information and skill level in time-to-collision estimation. *Perception*, 1988. 17: p. 623-632.

19. Godthelp, H., P. Milgram, & G.J. Blaauw, The development of a time-related measure to describe driving strategy. *Human Factors*, 1984. 26: p. 257-268.
20. Wikman, A.-S., M. Laakso, & H. Summala, Time sharing of car drivers as a function of driving speed and task eccentricity. The 13th Triennial Congress of International Ergonomics Association, Tampere, Finland, June 29-July 4, 1997.
21. Alexander, G.J. & H. Lunenfeld, Satisfying motorists' need for information. *Traffic Engineering*, 1972. 43: p. 46-49.
22. Alexander, G.J. & H. Lunenfeld, Positive guidance in traffic control. 1975, Federal Highway Administration, Washington, D. C.
23. Post, T.J., G.J. Alexander, & H. Lunenfeld, A users' guide to positive guidance (2nd edition). 1981, U. S. Department of Transportation, Federal Highway Administration.
24. Theeuwes, J. & H. Godthelp, Self-explaining roads. *Safety Science*, 1995. 19: p. 217-225.
25. Summala, H. Liikenteen ohjaus ja autonkuljettajan käyttäytyminen Liikennepäivät 1993.
26. Kaistinen, J., Ohituskäyttäytyminen kaksikaistaisilla maanteillä. Yhteen-
vetoraportti v. 1989-1991 tutkimuksista. 1994, Tielaitos, Kehittämiskeskus.
27. Näätänen, R., Maantiekoulema. 1972, Porvoo: WSOY.
28. Karttunen, R., Kohtaamisonnettomuuksien tutkimus, 1995, Liikenne-
vakuutuskeskus: Helsinki.
29. Laapotti, S. & E. Keskinen, Differences in fatal loss-of-control accidents between young male and female drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 1998. 30: p. 435-442.
30. Salmi, H. & H. Summala, Nuorten aiheuttamat kuolemaan johtaneet kovavauhtiset tieliikenneonnettomuudet vuosina 1992-96, 1998, Liikenne-
ministeriö: Helsinki.
31. Tilastokeskus, Tieliikenneonnettomuudet 1998, 1999, Tilastokeskus ja
Liikenneturva: Helsinki.
32. Summala, H. Raskas liikenne ja liikennekuolemat 25. liikenneturvalli-
suusalan tutkijaseminaari, Rantasipi, Hyvinkää, 18.5.2000.
33. Summala, H., Häkkänen, H., Mikkola, T., & Sinkkonen, J. Task effects on
fatigue symptoms in overnight driving. *Ergonomics*, 1999. 42(6): p. 798-
806.
34. Donges, E., A two-level model of driver steering behavior. *Human Fac-
tors*, 1978. 20: p. 691-707.
35. Huttula, J. & T. Ernvall, Liikenneympäristön, auton ja kuljettajan ominai-
suuksien yhteyksiä kohtaamisonnettomuuteen johtaneeseen ajohallinnan
menetykseen, 1996, Oulun yliopisto, Tie- ja liikennetekniikan laboratorio:
Oulu.
36. Helander, M. & S. Söderberg, Driver visual behavior and eletrodermal
response during highway driving., 1972, Chalmers Tekniska Högskola,
Institutionen för Vägbyggnad.

37. Helander, M., Drivers' steering behavior during traffic events: A case of perceptual tropism? *Human Factors*, 1978. 20: p. 681-690.
38. Summala, H., M. Leino, & J. Vierimaa, Drivers' steering behavior when meeting another car: The case of perceptual tropism revisited. *Human Factors*, 1981. 23: p. 185-189.
39. Kaikkonen, A., J. Kaistinen, & H. Summala, Ohittaminen leveäpientareilla teillä: seurantatutkimus 1987-91. 1991, Helsingin yliopisto, liikennetutkimusyksikkö.
40. Kaistinen, J., T. Nieminen, & H. Summala, Ajokäyttäytyminen ohituskaistatiellä, 1994, Tielaitos.
41. Summala, H., Ajaminen suomalaisella ja ruotsalaisella moottoriliikenteellä. 1987, Helsingin yliopisto, liikennetutkimusyksikkö.
42. Salusjärvi, M., The speed limit experiments on public roads in Finland, . 1981, Technical Research Center of Finland.
43. Ranta, S. & V.-P. Kallberg, Ajonopeuksien turvallisuusvaikutuksia koskevien tilastollisten tutkimusten analyysi, 1996: Helsinki.
44. Summala, H., Urapaikkaukset ja 80 km/h valtatie 3:lla. 1985, Helsingin yliopisto, liikennetutkimusyksikkö.
45. Sibakov, M., E. Keskinen, & A. Varis, 1991-1996 tutkijalautakuntien turvallisuusehdotukset, 1999, Liikennevakuutuskeskus: Helsinki.
46. Keskinen, E. & M. Sibakov, Ajatuksia vahinkojen estotoimenpidelomakkeesta ja tutkijalautakuntien käyttämästä tarkastelutavasta, Muistio, 1999.
47. Näätänen, R. & H. Summala, Physical and psychological aspects of crash barriers. *Accident Analysis & Prevention*, 1973. 5: p. 247-251.
48. Reason, J.T., Manstead, A., Stradling, S., Baxter, J.S., & al, Errors and violations on the roads: A real distinction? *Ergonomics*, 1990. 33: p. 1315-1332.
49. Parker, D., Reason, J.T., Manstead, A.S.R., & Stradling, S.G. Driving errors, driving violations and accident involvement. *Ergonomics*, 1995. 38: p. 1036-1048.
50. Mesken, J., Lajunen, T., Summala, H., & Parker, D., Interpersonal violations, speeding violations and their relation to accident involvement in Finland. *Ergonomics*, in press.
51. Lajunen, T., D. Parker, & H. Summala, Does traffic congestion increase driver aggression? *Transportation Research F: Psychology and Behaviour*, 1999. 2: p. 225-236.



ISSN 1457-9871
ISBN 951-726-782-7
TIEH 3200681