

# TIEOLOSUHTEET JA LIIKENNETURVALLISUUS

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS

TIESUUNNITTELUOSASTON TEKNILLIS TALOUDELLINEN TOIMISTO

TIEDOTUSLEHTI N:o 6

HELSINKI 10. 10. 1967



15168

IX C

08  
TIE





TIEOLOSUHTEET JA LIIKENNETURVALLISUUS

Tiedotuslehti n:o 6

Tie- ja vesirakennushallitus  
Tiesuunnitteluosaston teknillistaloudellinen toimisto  
Helsinki 11.10.1967



TEKIJÄT JA JULKAIJAT

1968

1968



## SISÄLLYSLUETTELO

	Sivut
TIENPÄÄLLYSTEIDEN KITKAOMINAISUUKSISTA JA KITKAN MITTAUSTAVOISTA Tekn. tri J.M.I. Hyyppä	1...8
TIE JA RENGAS Dipl.ins. Matti Jansson	9...18
LIIKENNETURVALLISUUSTUTKIMUKSISTA ENGLANNIN TIELABORATORIOSSA Tekn.lis. Sulevi Lyly	19...23
KAUPUNKISUUNNITELU JA LIIKENNETURVALLISUUS Dipl.ins. Seppo Sanaksenaho	24...40
TEIDEN KUNNOSSAPITO JA LIIKENNETURVALLISUUS Tstoins. Jorma Hintikka	41...53
LIIKENNETURVALLISUUSTYÖSTÄ RANSKASSA Jaostopääll. Matti Vuorio	54...65
HAVAINTOJA LIIKENNETURVALLISUUSTYÖSTÄ USA:SSA Tstoins. Jussi Sauna-aho	66...85
LIIKENNEONNETTOMUUSTIHEYDEN RIIPPUVUUS TIETEKI- JÖISTÄ Dipl.ins. Timo Eränne ja taloustutkija Veikko Salovaara	86...129



Tekniikan tohtori J.M.I. Hyyppä:

TIENPÄÄLLYSTEIDEN KITKAOMINAISUUKSISTA JA KITKAN MITTAUS-  
TAVOISTA

Suomessa on kahden viimeisen vuoden aikana hyvin monessa yhteydessä keskusteltu ajoneuvon pyörän ja päällysteen välisen kitkan merkityksestä. Kuten hyvin muistetaan, keskustelu sai alkunsa topeka-päällysteillä tapahtuneiden liikenneonnettomuuksien seurauksena.

Mikä on sitten päällysteen kitkan merkitys liikenneonnettomuuksiin? Tässä voidaan ottaa tarkastelu kohteeksi Road Research Laboratoryn tekemät tilastot. Heidän tutkimustensa perusteella on kitkalla tosiaan merkittävä osuus Englannissa tapahtuneisiin liikenneonnettomuuksiin. Tämän vuosikymmenen alkupuolella tehtyjen vuosittaisten tilastollisten tutkimusten perusteella 20...25 % kaikista liikenneonnettomuuksista oli päällysteen alhaisella kitkakertoimella osuutensa tapahtumaan. Mikäli ajatellaan Suomen olosuhteita, on myös lumella ja jäällä oma vaikutuksensa. Ei voi olla päätymättä toteamukseen, että päällysteen kitkan merkitys on huomioon otettava tekijä sekä kesä- että varsinkin talviliikenteessä.

Myös tiensuunnittelijan tulisi olla tietoinen eri päällysteiden ominaisuuksista. Saattaahan esim. tapahtua, että vanha mutta vilkkaasti liikennöity tie päällystetään kulutuskestävällä ja sileäpintaisella päällysteellä, jolloin pysähtymisnäkö ei enää vastaakaan ohjenopeutta ajavan ajoneuvon pysähtymiseen vaadittavaa jarrutusmatkaa. Näin ollen suunnittelijan laskelmilla näiltä osilta ei ole sitä teoreettista perustetta, mikä niillä tulisi olla.

## 2. Kitkaan vaikuttavat tekijät

Kitkaan vaikuttaa monilukuinen joukko eri tekijöitä. Osa tekijöistä on ajoneuvokohtaisia ja osa päällystekohtaisia. Seuraavassa tarkastellaan lyhyesti näitä eri tekijöitä.

A j o n e u v o n n o p e u s on oleellisin päällysteen ja pyörien välisen kitkaan vaikuttava tekijä. Nopeuden kasvaessa kitka pienenee (kuva 1) ja päällysteen ollessa tiivis ja sileäpintainen, saattaa kitkakerroin olla erittäin pieni jo 90...100 km/h nopeudella ajettaessa. Kuivan päällysteen ollessa kyseessä ei kuitenkaan liikenteelle aiheudu vaaramenttejä alhaisesta kitkasta, mutta märällä tai jäisellä päällysteellä on onnettomuusvaara todella suuri.

P ä ä l l y s t e e n p i n n a s s a vallitsevat olosuhteet muodostavat toisen merkittävän tekijän. Yleensä kaikki päällysteet ovat kuivana liikenneturvallisiksi. Varsinkin tiiviiden sileäpintaisten päällysteiden kitka-arvot ovat korkeat. Tällaisen pinnan tultua märäksi tai jäiseksi putoaa kitka murto-osaan kuivan päällysteen arvosta (kuva 1). Epävakaissa sääolosuhteissa kitka saattaa vaihdella erittäin paljon. On mitattu jopa 0,5...0,6 kitkayksikön muutoksia saman vuorokauden aikana.

R e n g a s k u v i o n, n a s t o j e n, h i e k o i - t u k s e n jopa renkaiden ilmanpaineenkin vaikutus on kitka-arvoa muuttava tekijä. USA:ssa suoritetuissa tutkimuksissa todettiin myös kumin laadun vaikuttavan, joten kitkamittauslaitteissa käytettävän rengaskumin laatu standardisoitiin. Sileän renkaan ja päällysteen välinen kitka on yleensä pienempi kuin kuvioidun talvirenkaan ollessa kyseessä. On myös huomattava, että vaikkakin nastojen käyttö lisää ajoturvalli-



suutta, eivät ne pidä lumesta vapailla kivipäällysteillä yhtä hyvin kuin esim. tavallinen talvirengas. Samoin myös paljaalle päällysteelle levitetty hiekoitushiekka pienentää kitkaa, eikä suinkaan lisää sitä. Ainoastaan sellaisissa tapauksissa jolloin päällyste on ohuen lumikerroksen peittämä, saavutetaan hiekoituksella toivottu tulos.

### 3. Kitkan mittaukset

Kitka voidaan mitata useilla eri tavoilla. On kuitenkin todennäköistä, että kaikilla menetelmillä saadaan erilaiset tulokset. Koska mittauslaitteiden mittauspyörät tai muut teknilliset laitteet ovat erilaiset, on selvää, että vertailukelpoisten tulosten saamiseksi olisi yhdenmukaistaminen ulottettava kaikkiin edellisessä luvussa mainittuihin ajoneuvokoh-  
tainsiin tekijöihin. Vaikkakaan seuraavassa mainituilla menetelmillä ei saada samanlaisia tuloksia, esitetään ne yksitellen ottaen huomioon menetelmien edut ja varjopuolet.

K i t k a n m i t t a a m i n e n a u t o a j a r -  
r u t t a m a l l a on eräs käyttökelpoinen joskin alkeellinen mittaustapa. Hyvänä puolena voidaan mainita, että mittaustapa on totuuden mukainen, mutta täysin ajoneuvo- ja jopa kuljettajakoh-  
tainenkin. Lisäksi mittaukset voidaan tehdä ainoastaan alhaisissa nopeuksissa. Täysjarrutus jo esim. 90 km/h nopeudessa on autoa rasittava ja vaarallinen toimenpide. Koska kitka muuttuu nopeuden muuttuessa, on edellä mainitulla tavalla saadut luvut eräänlaisia kitkan summa-arvoja nopeuden muuttuessa 90 - 0 km/h. Niitä käytettäessä ja laskettaessa esim. 50 km/h nopeudella ajavan auton jarrutukseen tarvitsema matkallaan hieman virheelliseen lopputulokseen. Auton jarrutus-

jäljestä määritettävä kitkakerroin lasketaan kaavasta

$$u = \frac{v^2}{2gl}$$

jossa

$v$  = ajoneuvon nopeus, km/h

$g$  = maan vetovoiman kiihtyvyys,  $m/s^2$

$l$  = jarrutusmatka, m

Mikäli käytettävissä on esim. motometri, saadaan kitka-arvo laskettua tarkemmin. Tällöin voidaan mm. tarkistaa jarruttamiseen käytetty voima ja myös jarrutusmatka.

Heilurimittaukset suoritetaan päällysteen pinnalla, antamalla heilurin kumilevyn raapaista päällysteen pintaa. Tällöin mitataan raapaisun vaatiman liike-energien muutos. Mittaustapa vastaa suunnilleen 30 km/h nopeudella suoritettua jarrutusmittausta. Mittaus on helppo suorittaa ja sillä saadut arvot ovat keskenään vertailukelpoisia. Niistä voidaan näin ollen päätellä myös päällysteen pinnan liukkaus. Laitetta käytetään jossain määrin mm. Englannissa ja USA:ssa liikenneonnettomuuksien syiden selvittelyssä.

Erillisellä mittausvaunulla saadaan kitka mitattua tarkemmin kuin edellä mainitulla menetelmällä. Auton perässä vedettävän mittausvaunun keskeisen mittausosan muodostaa pyörä, jota voidaan jarruttaa. Päällysteen pinnan ja renkaan välinen kitkamomentti mitataan esim. painerasialla tai sähköisillä mittauslaitteilla. Laitteen luotettavuus tarkistetaan kalibroimalla vaunu ennen ja jälkeen mittausta. Tämän tyyppisen laitteen eduista voidaan mainita, että sillä on mahdollisuus testata erilaisia rengaskuvioita, käyttää vaihtelevia ajonopeuksia sekä helpon kalibroinnin ansiosta saada luotettavia tuloksia. Kuten esim. Valtion



teknillisen tutkimuslaitoksen tielaboratorion käyttämällä ja Road Research Laboratoryn kehittämällä mittausvaunulla voidaan mittaukset suorittaa verraten suurilla nopeuksilla, aina 150...160 km/h, mikäli tieolosuhteet sallivat. Yleensä pidetään 90...120 km/h nopeusaluetta tärkeimpänä kitkaominaisuuksien selvittämisen kannalta.

#### 4. Eri päällysteiden kitkaominaisuuksista

Kaikkien Suomessa käytettyjen päällysteiden kitkaominaisuudet ovat erittäin hyvät, mikäli päällysteet ovat kuivia. Ainoastaan uudessa öljysorakulutuserroksessa saattaa öljyn pintaan nousun seurauksena kitka pienetä huomattavasti normaalia arvoa pienemmäksi myös kuivan päällysteen ollessa kyseessä. Tässäkin päällystetyypissä yleensä ainoastaan raiteet tulevat liukkaiksi. Seuraavassa tarkastellaan erikseen kunkin päällystetyypin kitkaominaisuuksia.

A s f a l t t i b e t o n i e n kitkaominaisuudet ovat kiviaineksen maksimiraekoosta riippuvaisia. Karkearakeiset (Ab 18...25) päällysteet ovat liikenneturvallisia, pinnaltaan karkeahkoja. Tyypin hienorakeisemmat (Ab 8...12) päällysteet taasen ovat märkänä ja varsinkin uutena kitka-arvoiltaan edellistä huonompia. Koska on osoittautunut, että myös niiden kulutuskestävyys ja säänkestävyys on huono, tulisi hienorakeisten asfalttibetonien käyttöä rajoittaa mahdollisimman vähäin.

S o r a - A s f a l t t i b e t o n i n kiviaineksena käytetään yleensä maksimiraekooltaan 18...20 mm murskesoraa. Ko. märän päällysteen kitka-arvot ovat samaa suuruusluokkaa kuin asfalttibetonissa ja siis täysin tyydyttäviä meikäläisiin olosuhteisiin.

Topeka eli hiekkasfalttibetonin päällyste on karkeuttamattomana pinnaltaan sileä ja tiivis. Tämän tyyppin päällysteet ovat uutena ja märkänä yleensä liukkaista, mitä usein lisää vielä virheellinen, liian suuri sideainepitoisuus. Kuivan topekan kitkaominaisuudet ovat kuitenkin erinomaiset. Pinnaltaan kuluneen, tavallisesti yli vuoden vanhan märän päällysteen kitka-arvot ovat kasvaneet siinä määrin, ettei tällä päällysteellä ole kovin suurta eroa tässä vaiheessa esim. sora-asfalttibetonin kanssa. Koska topekan kulutuskestävyys ja kitkaominaisuudet paranevat päällystettä karkeutettaessa, tulisi tie- tai katuosilla missä suurin sallittu ajoneuvojen nopeus on 70 km/h tai suurempi, käyttää tätä karkeutettua päällystettä.

Valuasfalttia ajoradalla käytettäessä tulee se aina karkeuttaa, jolloin sen kitkaominaisuudet ovat hyvät.

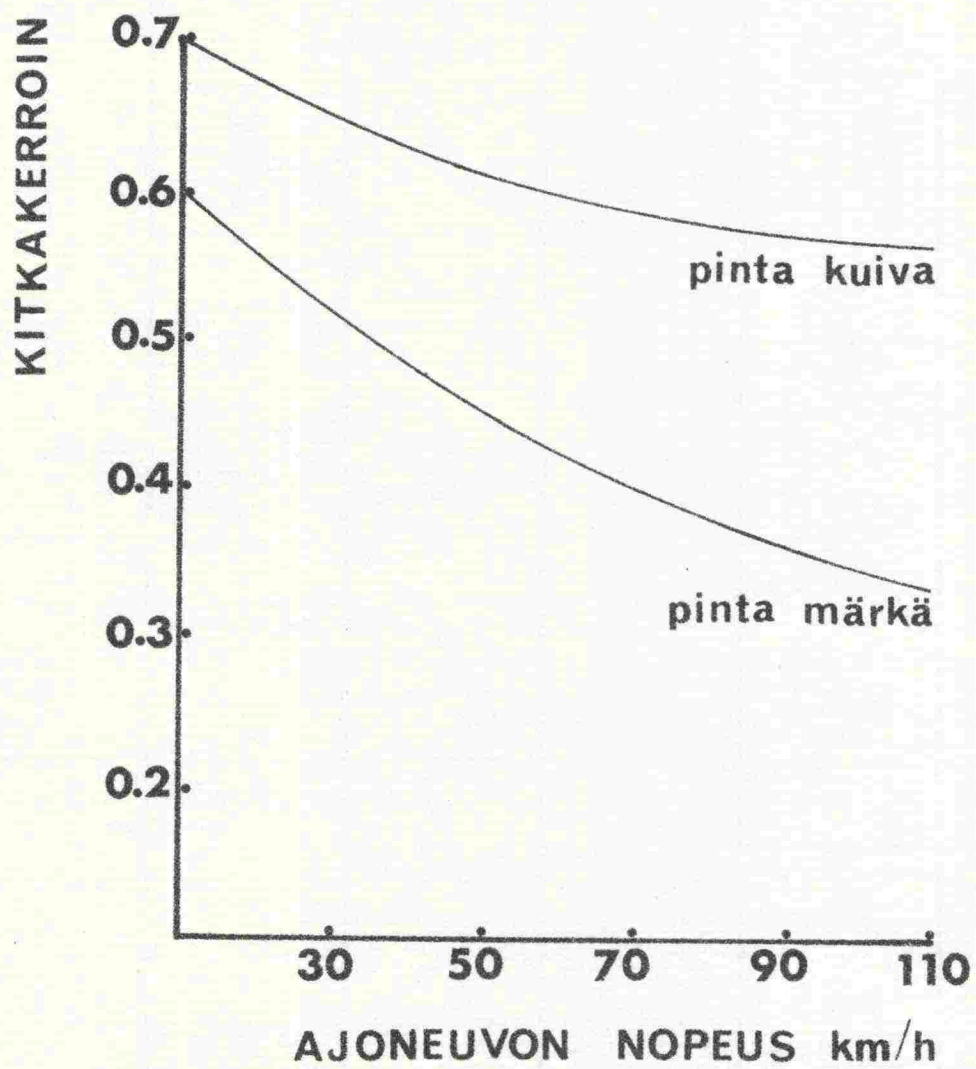
Öljysora- ja bitumiliuosorapäällysteiden kitkaominaisuudet ovat yleensä hyvät. Kuitenkin eräissä vaiheissa saattavat päällysteet tulla liukkaiksi lähinnä sideaineen pintaan nousun takia.



Märän päällysteen keskimääräisiä kitka -arvoja

sileä rengas, RRL mittari

Päällysteen laatu		Ajoneuvon nopeus		
		50 km/h	70 km/h	90 km/h
Asfalttibetoni	Ab 18	0.55	0.48	0.38
Sora-asfalttibetoni	SAb 18	0.57	0.48	0.39
Topeka	Top	0.47	0.33	0.28
Topeka kark.		0.55	0.43	0.35
Bitumisora	BS 32	0.60	0.54	0.50





Dipl.ins. Matti Jansson:

## TIE JA RENGAS

### 1. Renkaan merkitys

Renkaan ja tien välillä tapahtuvien ilmiöiden ymmärtämiseksi on aiheellista tarkastella hieman ajomekaniikan perusteita. Kitkavoimat, jotka pitävät ajoneuvon tiellä, välittyvät juuri renkaan kautta ja täten on ymmärrettävää, että rengas ja sen ominaisuudet vaikuttavat oleellisesti auton ajo-ominaisuuksiin ja hallittavuuteen ts. sen turvallisuuteen liikenteessä. On myös huomattava, että erityyppisten renkaiden ominaisuudet voivat olla toisissa olosuhteissa hyvät ja toisissa huonot. Hyvin usein myös kytketään tietyt renkaiden ominaisuudet auton ominaisuuksiin; voidaan kuitenkin osoittaa, että ajo-ominaisuuksien vertailu eri autojen välillä erilaisia renkaita käyttäen ei anna mitään kuvaa niiden keskinäisistä suhteista ajo-ominaisuuksien osalta.

Tästä seuraa myös, että rengasvalinnalla on erittäin suuri merkitys myös liikenneturvallisuudelle, vaikkei kulumista huomioitaisikaan. Eri asia on vielä lisäksi se, milloin rengas on loppuun käytetty ja liikenteessä vaarallinen, 1 mm kulutuspinna on vain eräänlainen ehdoton raja, jonka valvominen käytännössä on mahdollista.

### 2. Ajoneuvon stabiliteetti

Auton vakavuus maantiellä alkaa tulla merkitykselliseksi liikenneturvallisuuden kannalta vasta yli 100 km/h nopeuksilla. Tavallisesti tällä ymmärretään auton suuntavakavuutta,

mutta vakavuuteen kuuluu myös auton taipumus palata suoraviivaiseen liikkeeseen syystä tai toisesta aiheutuneen poikkeaman jälkeen. Yleinen käsitys asiassa on, että suuri auto on vakaa ja pieni epävakaa. Tämä pitää kyllä jossain määrin paikkansa, vaikkei suinkaan painon vaan painojakautuman takia, joka useammin on epäedullisempi pienillä kuin suurilla autoilla. Peräpainoisuus, joka seuraa esim. moottorin sijoituksesta taakse, heikentää stabiliteettia. Tämä voidaan osittain kyllä korjata sopivilla rengaspaineilla, mutta seurauksena on tällöin ajoneuvon epäjohdonmukainen käyttäytyminen ts. se on ehkä pienillä ajonopeuksilla ja käänntökulmilla selvästi aliohjautuva, mutta muuttaa luonnettaan yliohjautuvaksi pyörien otteen irrotessa. Mikäli kuljettaja ei tätä tiedä, saattaa tuloksena olla ajoneuvon hallinnan menettäminen. Yliohjautuminen tarkoittaa, että auto pyrkii kääntymään enemmän kuin ohjauspyörän kääntäminen edellyttää ja aliohjautuminen, että kaartaminen on vähäisempää kuin ohjauspyörän kääntö edellyttäisi. Ajoneuvon stabiliteetin kannalta voidaan pitää nyrkisääntönä, että takarenkaiden paineen lisääminen parantaa stabiliteettia ja samoin eturenkaiden paineen vähentäminen. Edellytyksenä on kuitenkin, että paine vastaa vähintään renkaan kuormitusta. Vaikutus on aina samansuuntainen, mutta eri rengastyypeillä on sen voimakkuudessa suuriakin eroja. Lisäksi kitkan vaihtelu aiheuttaa suhteissa muutoksia.

Liikenneturvallisuuden kannalta on tärkeätä huomata, että täysin pysähtynyt pyörä ei lainkaan ohjaa autoa ja jos esim. jarrutuksessa kaikki pyörät lukkiutuvat määräävät auton painonjakautuma sekä tienpinnan kaltevuus auton liikkeen jatkumisen ts. renkaan ominaisuudet lakkaavat vaikuttamasta liikerataan. Vastaavasti aiheuttavat lukkiutuneet etupyörät voi-



makkaan aliohjautumisen ja lukkiutuneet takapyörät vastaavan yliohjautumisen.

### 3. Jarrutus ja kaarreaajo

Mikäli kaikissa olosuhteissa haluttaisi paran mahdollinen jarrutusteho, tulisi kunkin jarruttavan pyörän jarrutusvoiman vastata aina jarrutushetken kuormitusta, joka vielä muuttuu jarrutuksen aikana. Nykyaikaisissa henkilöautoissa käytetään usein jarruputkistossa paineentasausventtiiliä, joka vähentää nestepainetta takapyörien jarrusylintereissä estäen takapyörien lukkiutumisen suurilla hidastuvuuksilla, jolloin takapyörien kuormitus kevenee ja rajoittaisi myös etupyörien jarrutusta, koska ilman venttiiliä auto pyrkisi kääntymään poikittain. Toinen mahdollisuus estää em. ilmiö olisi konstruoida takajarrut heikkotehoisiksi, mutta tällöin esim. liukkaalla pinnalla pienillä hidastuvuuksillakin etupyörät lukkiutuvat herkästi, koska jarrutus on niiden varassa ja ohjauksen säilyttämiseksi jouduttaisiin tyytymään varsin pieniin hidastuvuuksiin olosuhteisiinkin nähden.

Em. syistä seuraa yleensä hyväpitoisilla renkailla taipumus takapyörien lukkiutumiseen ennen etupyöriä paremman hidastuvuuden aiheuttaman suuremman etuakselille tapahtuvan painon siirtymän vuoksi. Tilanne on aivan vastaava kaarreaajossa, missä sisäkaarteiden puoleisten pyörien kuormitus hyväpitoisilla renkailla voi olla olematon ja siten jarrutus kaarteissa aiheuttaa välittömästi niiden pyörien lukkiutumisen. Em. syistä voi seurata, että hyväpitoisten renkaiden asentaminen huonoille renkailla suunniteltuun autoon aiheuttaa hallintavaikeuksia kovissa jarrutuksissa ja kaarteissa.

Rengaspaineen vaikutus jarrutukseen ja kaarreajoon on varsin suuri, sillä kovan renkaan pito on selvästi parempi ja tämä pätee myös liukkaalla pinnalla vastoin yleistä käsitystä. Pehmeä rengas vääntyy varsin paljon suurten voimien kohdistuksessa siihen ja "elää" siis paljon kulutuspinnoistaan, mistä seuraa herkkä irtoaminen. Myös alipaineisen renkaan ohjausominaisuudet ovat samoista syistä heikot. Huomattakoon, että kuormituksen lisäys yli renkaan kantavuuden tietyllä painella saa sen käyttäytymään täysin samoin eli siis painetta tulisi lisätä.

Ajoneuvon käyttäytymiseen kaarteissa vaikuttavat renkaiden ja painonjakautuman lisäksi monet muut seikat, kuten esim. jousituksen rakenne, ohjauskulmat ja ohjausvälitys, mutta näihin seikkoihin ei tässä yhteydessä puututa. Yleistoteamuksena voidaan ajoturvallisuuden kannalta kuitenkin sanoa, että auto, joka pysyy hyvin kaarteissa suurella nopeudella ilman taipumusta luistoon, aloittaa luistonsa sitä äkillisemmin mitä korkeammalla nopeudella se tapahtuu. Perusteena todettakoon, että samoilla renkailla, oikeilla rengaspaineilla ja samassa kaarteissa menevät kaikki autot ulos suunnilleen samalla nopeudella mikäli auto pystytään pitämään hallinnassa siihen saakka. Ts. hyvillä ajo-ominaisuuksilla jää luistonopeuden alue pienemmäksi ja huonot ajo-ominaisuudet taas varottavat kuljettajaa ajoissa vahingonvaaran uhatessa. Tämä koskee myös hyviä ja huonoja renkaiden, mutta äkillisissä hätätilanteissa ovat tietysti hyvät renkaat ja ajo-ominaisuudet eduksi pyrittäessä välttämään vahinkoa. Normaaliajossa kuitenkin voidaan sanoa niiden houkuttelevan kovaan ajoon, koska kuljettaja ei tunne riskin suurenemista.



#### 4. Renkaiden rakenteelliset ominaisuudet

Ajo-ominaisuuksien kannalta voidaan renkaat ryhmitellä kahteen rakenneryhmään; normaalirakenteisiin, joissa on ristikkäisesti kulkevat kudokset ja kudospaksuus on sama koko renkaassa, ja vyörenkaisiin, joiden kudokset kulkevat säteittäin ja kulutuspinnan alla on jäykistävä kudosis. Jälkimmäisiä kutsutaan joskus matalapainerenkaiksi, mutta henkilöautoissa nykyään käytettävät renkaat ovat kaikki matalapainerenkaita ja vyörenkaiden paineen tulisi olla hieman korkeampi kuin vastaavien normaalirenkaiden, joten nimitys on harhaanjohtava.

Normaalirenkaiden yleisominaisuuksista voidaan mainita seuraavat:

- korkea ominaisvärähdysluku, mistä seuraa hiljaisuus pienillä ajonopeuksilla; sensijaan esim. karkealla asfaltilla korkea melutaso suuremmilla nopeuksilla
- luisto alkaa rauhallisesti, luistoalue laaja
- kulutuspinnan reunat ottavat vastaan kuormituksen jarrutuksissa ja kovassa kaarreaajossa
- renkaan vääntyminen hidastaa nopeiden ohjausliikkeiden seuraamista
- muokkaustyö on suurehko, mistä seuraa renkaan lämpeneminen ja tästä kulumisnopeuden nousu kovassa ajossa
- veden syrjäyttämiskykyä heikentää kuormituksen epätasainen jakautuma kulutuspinnessa
- kulutuspinnan vääntyminen aiheuttaa raideherkkyyttä
- herkkä ylikourmitukselle

Vyörenkaiden ominaisuuksista mainittakoon:

- Matala ominaisvärähdysluku, joka aiheuttaa jyminä<sup>ajo/</sup>ä pienillä nopeuksilla epätasaisella pinnalla
- luisto alkaa korkealla nopeudella ja äkillisenä
- hyvät kaarre- ja jarrutusominaisuudet, koska kulutus-  
pinta ei väänny tukikudoksen takia
- tottelee nopeasti ohjausliikkeitä
- vähäinen muokkaustyö, mistä seuraa pieni vierintävas-  
tus ja vähäinen lämpeneminen, kuluminen kovassakin  
ajossa pieni em. syistä
- stabiili kulutus- ja jarrutusominaisuudet antaa hyvät vedensyrjäyttämisen  
ominaisuudet
- raideherkkyys vähäinen em. syistä
- joustavat sivut vaimentavat teräviä kuoppia, mutta  
vahingoittuvat herkästi, hyvä kantavuus.

Mainituista ominaisuuksista voidaan helposti todeta, että vyörengas on kovaan ajoon suunniteltu, mutta vaatii nopeampaa ohjausvälitystä ja tottuneempaa ajajaa irtoamisominaisuuksiensa vuoksi; se ei varoita kuljettajaa luistosta kuten normaalirengas. Lisähaittana on melu pienillä nopeuksilla ja tätä jyminää eivät kaikki autoilijat siedä.

Normaalirengas on miellyttävä yleisrengas perheautoon, mutta sen haittoina ovat erityisesti vyörengasta nopeampi kuluminen ja raideherkkyys. Ajo-ominaisuuksien puutteet tuntuvat erityisesti suurilla nopeuksilla, jolloin ohjauksen tarkkuus kärsii. Vyörengasta lähestyvät ajo-ominaisuuksiltaan vi-



nokudoksiset matalaprofiilirenkaat, joiden ominaisuudet irtosoralla ovat kuitenkin heikohkot leveän kulutuspinnan vuoksi. Melkein kaikkia rengastyyppejä on saatavissa sisärenkaattomina, joiden hidas tyhjeneminen vaurion jälkeen on ilmeisesti liikenneturvallisuudelle eduksi, kun vain paineen vajoaus ajoissa havaitaan.

Renkaiden kumilaadun vaikutuksesta renkaan pito-ominaisuuksiin ei ole olemassa yhtenäistä tutkimusta, mutta yleensä pehmeä ja kimmainen kumilaatu on edullisempi märällä pinnalla, koska se pystyy käyttämään pienetkin tien pinnan epätasaisuudet hyväkseen vesikalvon rikkomiseksi. Edellytyksenä on tietysti riittävä lamellointi ylimääräisen veden poistamiseksi renkaan ja kulutuspinnan välistä vesiliirron estämiseksi. Kovalla kumilaadulla on laminoinnin oltava huomattavasti tiheämpi saman tuloksen saavuttamiseksi. Märällä topekalla voivat hidastuvuuserot uusilla renkailla vaihdella eri merkkien välillä samalla autolla suoritetuissa jarrutuskokeissa välillä 0.3 - 0.75 g ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ).

Tällainen hajonta on selvästi liikenneturvallisuutta vaarantava. Asetuksen mukainen 1 mm:n syvyinen kuviointi ei kovalla sateella ole riittävä veden poistoon renkaan ja tienpinnan välistä suurilla nopeuksilla, mutta on olemassa rengasmerkkejä, joilla uutenakin voi kuviointi olla riittämätön. Kulumisen yhteydessä veden poistamiseksi tehty lisälamellointi kuluu melkein kaikista renkaista pois ennen kuin pääuritrus on 1 mm:n syvyinen.

##### 5. Häiriöt renkaan kosketuksessa tiehen

Häiriöt renkaan kosketuksessa tiehen ovat liikennetur-

vallisuuden kannalta merkityksellisiä, koska ne helposti johtavat ajoneuvon hallinnan menettämiseen. Tässä keskitytään tarkastelemaan muita kuin rakenteellisista syistä johtuvia häiriöitä, joihin aikaisemmin mainittu vesiliirto kuuluu.

Hyvä iskunvaimennin on edellytys sille, että rengas säilyttää kosketuksensa tiehen. Mikäli iskunvaimentimet eivät toimi pääsevät pyörät hyppimään epätasaisuuksissa ja rengas-kuormitukset vaihtelevat nopeasti tehden auton hallinnan vaikeaksi. Renkaan kulumisnopeus kiihtyy ja lisäksi on mahdollisuus renkaan räjähdykseen terävissä epätasaisuuksissa, sillä jousituksen pohjatta ilman iskunvaimentimen hillintää voi kuormitushuippu renkaalle tällaisessa kohdassa olla liikaa.

Pyörän epätasapaino aiheuttaa kosketusvoiman vaihtelun, renkaan epätasaisen kulumisen ja voimakkaana jopa ajoneuvon hallinnan menetyksen. Viimemainittu on mahdollista silloin, kun iskunvaimennus on heikko ja takapyörän sisäpinnalle paksumana kerroksena kertynyt kura lohkeaa aiheuttaen pyörän voimakkaan epätasapainon. Tällaisen pyörän sivuttaispito voi olla melkein olematon ja se aiheuttaa auton muuttumisen äkillisesti yliohtautuvaksi. Lisäksi epätasapainoiset pyörät aiheuttava pyörien tuennan nopean kulumisen.

Matala rengaspaine on kaikkein vaarallisin auton hallittavuuden kannalta. Tärkeätä olisi jo autokoulussa opettaa ne oireet, joista kuljettaja voi auton käyttäytymisestä tuntea vajaan rengaspaineen. Yleisohjeena voidaan sanoa, että jäykentynyt ohjaus ja hidas ohjauksen totteleminen merkitsevät vajaata eturengasta (aliohtautuminen). Takarenkaan painevajaus aiheuttaa taas suuntavakavuuden heikkenemisen ja takapään epäselvän heilumisen (yliohtautuminen). Auton alkupe-



räiset ohjautumismahdollisuudet voivat vaikeuttaa oireiden huomaamista.

Vajaapaineinen rengas lämpiää nopeasti ja mikäli ajoa jatketaan voi seurauksena olla renkaan räjähtäminen. Seurauksena on myös aina oleellinen muutos ajo-ominaisuuksissa erityisesti voimakkailla jarrutuksilla ja ohjausliikkeillä. Mikäli vanne tällöin koskettaa tien pintaa on tuloksena yleensä auton kaatuminen. Takarengkaan painevajaus on vaarallisempi normaaliajossa.

Väärät pyöräkulmat aiheuttavat ajoneuvon ohjattavuuden heikkenemistä, mutta koska muutos ei yleensä ole äkillinen osaa kuljettaja varautua tähän. Äkillisissä hätätilanteissa voi se kuitenkin johtaa onnettomuuteen. Vika on havaittavissa renkaiden vinosta kulumisesta.

Renkaan räjähtäminen on äkillinen tapahtuma, joka helposti aiheuttaa ajoneuvon suistumisen ajoradaltaan. Tutkimukset ovat osoittaneet, että takarengas aiheuttaa huomattavasti helpommin ajoneuvon hallinnan menettämisen. Eturenkaan menetys johtaa ohjauksen puoltamiseen ja aliohjautumiseen, takarengkaan räjähdys sensijaan aiheuttaa voimakkaan yliohjautumisen ja auton heittelemisen.

## 6. Renkaiden valinta

Renkaita ostettaessa tulisi huomioida kaikki mitä edellä on sanottu. Lisäksi on aina pyrittävä siihen, että kaikki renkaat ovat samanlaiset; parittainkin erilaiset renkaat harvoin parantavat auton ominaisuuksia, sekarengastus ei koskaan. Tämä koskee myös talvirenkaita, vaikka auto pysyisikin tiellä muillakin ratkaisuilla on hätätilanteissa ajoneuvon hallinta enemmän tai vähemmän kyseenalaista. Vyörenkaita ja normaali-

renkaita ei pidä koskaan asentaa sekaisin samaan autoon.

Kovaan ajoon sopivat vyörenkaat, mieluummin ei kuitenkaan tulisi asentaa teräskudoksisia renkaita autoon, jossa on hidas ohjaus, koska niiden irtoaminen on varsin äkillinen ja vaatii nopeita ohjausliikkeitä. Mikäli ei haluta vyörenkaita päästään matalaprofiilirenkailla myöskin hyvään tulokseen.

Erillisiin pieniin osiin leikattu kulutuspinna antaa parhaan pidon märällä tiellä ja pyöreät olat vähentävät raideherkkyyttä, samoin leveä kulutuspinna.

Talvirenkaan valinta on vielä vaikeampaa. Myös paljaalla tiellä käytettävää rengasta ei kannata nastoittaa keskeltä ja liika nastoitus vie suuntavakavuuden kovalla tiellä. Paras pito lumessa saavutetaan porrastetulla kulutuspinalla, jonka tulee lisäksi "elää" riittävästi, jotta kuvio tyhjenisi lumesta. Vyörenkaiden jäykkä kulutuspinna täyttyy helposti lumella ja veto heikkenee. Kovalla tiellä on nastoitettu vyörengas kuitenkin hyvä sekä paljaalla että jäisellä pinnalla, koska se ei ole raideherkkä ja koko kulutuspinna pysyy kiinni tiessä myöskin rasitettuna.

Sopivin nasta on sellainen, jossa on riittävästi laippoja, jotta sora ei tunkeudu nastojen reikiin. Nastoitus on suoritettava riittävän syvään, jotta nastat pysyisivät, mieluummin vain 2 - 3 mm saa olla kulutuspinnan ulkopuolella. Nastat pysyvät parhaiten jos niitä "sisäänajetaan" n. 500 - 1000 km paljaalla kovalla tiellä.



Tekn. lisensiaatti Sulevi Lyly:

## LIIKENNETURVALLISUUSTUTKIMUKSISTA ENGLANNIN TIELABORATORIOSSA

Englannin tielaboratorio, viralliselta nimeltään Road Research Laboratory, lienee maailman suurin tiealan tutkimuslaitos. Se perustettiin v. 1933 ja aluksi tutkittiin lähinnä tienrakennusmateriaaleja, mutta liikenteen kasvaessa oli 1940-luvun lopulla ryhdyttävä kiinnittämään huomiota myös liikenneerityisesti liikenneturvallisuusongelmiin. Nykyään laboratoriossa on neljä osastoa, nimittäin suunnittelu-, (lähinnä päällysrakenne ja sillat) rakennus-, liikenne-, liikenneturvallisuus- ja hallinto-osasto. Erikoislaboratorioita on yhteensä n. 200 ja koko laitoksessa työskentelee n. 800 henkeä, joista noin puolet on varsinaisia erikoiskoulutuksen saaneita tutkijoita, insinöörejä, matemaatikkoja, fyysikkoja, psykologeja jne. Viime vuonna laitos pääsi muuttamaan uusiin tiloihin Crowthorpeen noin 50 km päähän Lontoosta lounaaseen toimittuaan ennen sitä miltei parakinomaisissa tiloissa lähellä Lontoon lentokenttää; laboratorion yhteydessä oleva koe-rata valmistui tosin jo v. 1960. Liikenneturvallisuusosastossa on jaostot, jotka ovat erikoistuneet ajoneuvoihin, tienkäyttäjiiin ja tiensuunnitteluun kohdistuviin sekä yleisluontoisiin tilastotutkimuksiin.

Laboratorion toimintaa esittelevässä julkaisussa mainitaan liikenneturvallisuusosaston toiminnasta mm. seuraavaa. Liikenneturvallisuus riippuu ennen muuta tienkäyttäjien käyttäytymisestä. Kuljettajan kyky nähdä edessä oleva tie, havaita muut tienkäyttäjät ja liikennemerkit, tehdä nopeita päätöksiä ja hallita ajoneuvo, riippuu liikenneväylien, liikennemerkkien ja ajoneuvon suunnittelusta, kuljettajan henkilökoh-

taisista ominaisuuksista ja lisäksi sellaisista tekijöistä kuin väsymys- ja nautintoaineet. Näiden seikkojen lisäksi osasto tutkii erilaisia suojakaiteita ja on ollut uranuurtaja kehitettäessä kiinteiden rakenteiden, kuten valaisinpylväiden rakennetta sellaiseksi, että ne mahdollisimman tehokkaasti vaimentaisivat yhteentörmäystä. Samasta syystä tutkitaan myös suojakypärien ja turvavöiden parantamismahdollisuuksia. Edelleen tutkitaan teiden ja ajoneuvojen valaistuskysymyksiä, samoin kuin erilaisten tienpäällysteiden heijastusominaisuuksia. Erityisen pitkälle on laboratorio päässyt päällysteiden kitkaominaisuuksien tutkimisessa. Erityisesti kiinnitetään huomiota myös jalankulkijoiden ongelmiin ja tärkeä merkitys on liikenneonnettomuuksien yleisillä tilastotutkimuksilla.

Yksityiskohtaisia tietoja Englannin tielaboratorion tutkimuskohteista ja -tuloksista on esitetty 600-sivuisesta teoksesta "Research on Road Safety" sekä laitoksen vuosikertomuksissa ja erikoisjulkaisuissa.

#### Kuva 1.

Englannin tielaboratorion rakennukset ja koerata, jolla on mahdollisuus suorittaa monipuolisia tutkimuksia tarkasti kontrolloiduissa olosuhteissa. Osa radasta voidaan automaattisesti kostuttaa päällystyksen alle sijoitettujen vesijohtojen avulla märän kelin kitkakokeita varten. Radassa on käytetty sekä tummia että vaaleita päällysteitä katuvalaistuksen ja ajoneuvon valaisimien parantamismahdollisuuksien selvittämiseksi. Eräessä kohdassa on päällysrakenne läpinäkyvää materiaalia ja sen alle on sijoitettu laboratorihuone, josta voidaan valokuvata ajoneuvon renkaan kosketuskuvio. Suoralla osuu-



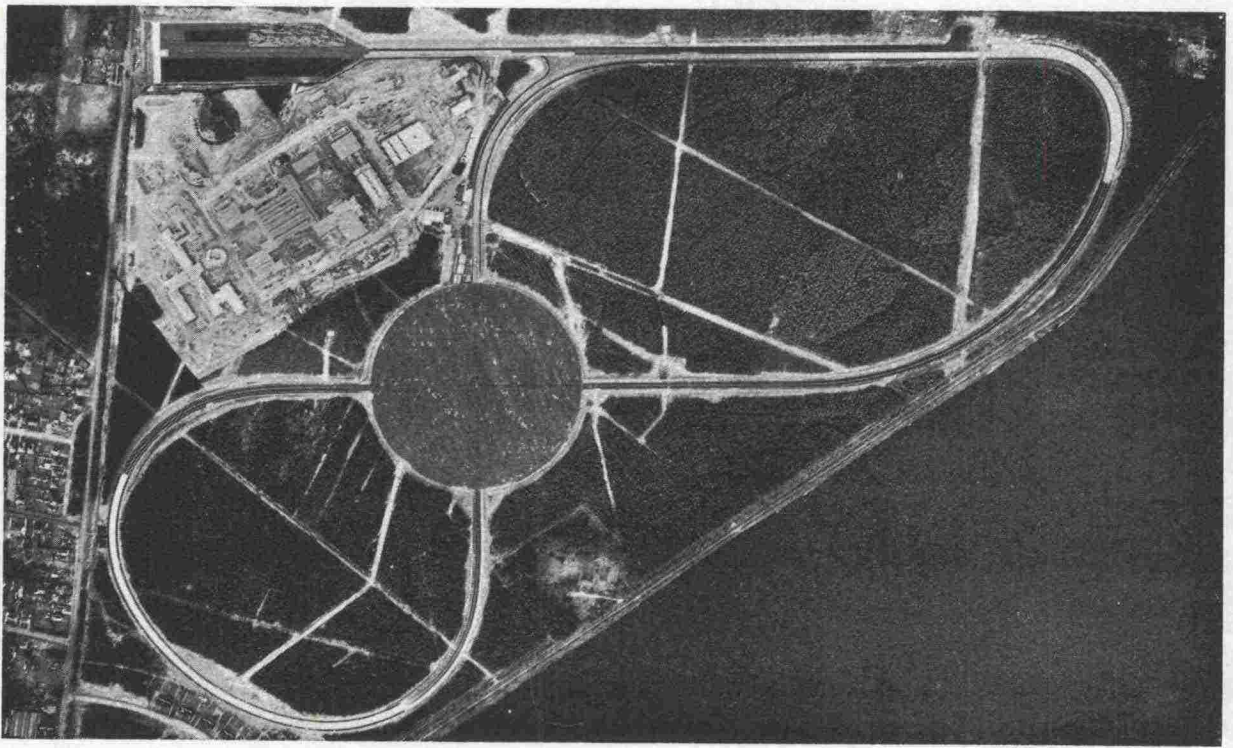
della voidaan ajaa nopeudella 160 km/h. Suurta tilaa vaativia kokeita voidaan suorittaa 300 m:n läpimittaisella keskuskentällä.

### Kuva 2.

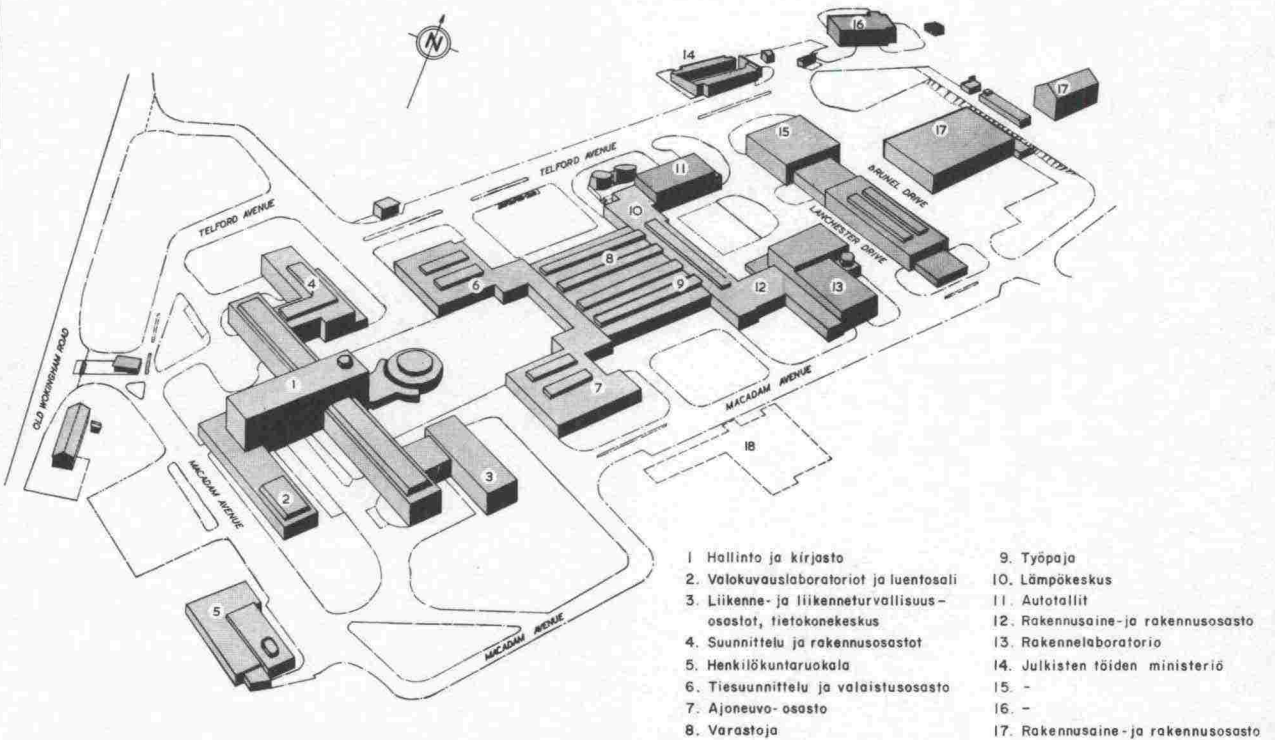
Liikenneturvallisuustutkimuksissa on tärkeätä selvittää, voitaisiinko ajoneuvon rungon ja laitteiden rakennetta parantaa siten, että törmäyksen voima vaimentuisi ja sisälläolevat säilyisivät mahdollisimman vahingoittumattomina. Sitä varten jäljitellään todellisia yhteentörmäystilanteita ajamalla vanhoja autoja toisilla autoilla sivusta ohjaten betonimöhkäleitä päin. Sisälle on sijoitettu paino-ominaisuuksiltaan ihmistä muistuttavia nukkeja, joiden avulla voidaan tutkia myös turvavöiden tehokkuutta. Joissakin maissa on autoista ennen koetta poistettu ovet, mutta Englannissa on todettu, että olosuhteet silloin poikkeavat olennaisesti todellisesta tilanteesta. Törmäys filmataan nopeilla kameroilla ja jälkeenpäin on mahdollisuus nähdä koko tapahtumaketju hidastettuna.

### Kuva 3.

Laboratorion lähialueilla sattuneista liikenneonnettomuuksista saa laboratorio välittömästi tiedon ja paikalle lähtee ryhmä onnettomuuskohteiden ja ajoneuvojen tutkimista varten. Tarkoitusta varten on rakennettu erityinen auto, josta nostolaitteiden avulla voidaan laajakulmakamera kohottaa 15 m:n korkeuteen ja näin saadaan yksityiskohtainen kuva onnettomuusalueesta. Oheinen kuva on otettu juuri tällä kameralla ja sitä kannattava masto näkyy oikealla.

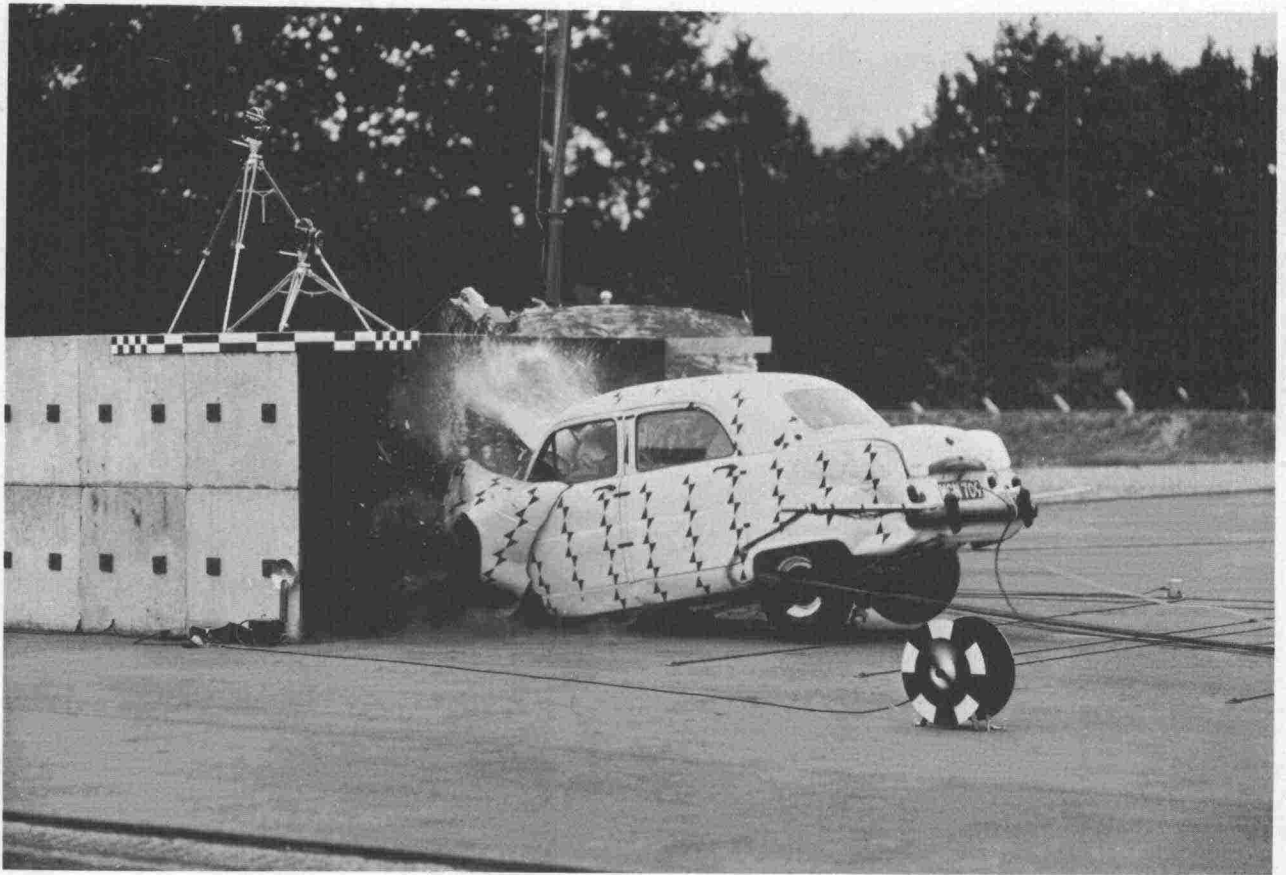


Front cover photograph: Aerial view of the Road Research Laboratory buildings from the west.



Kuva 1.





Kuva 2.



Kuva 3.

Dipl.ins. Seppo Sanaksenaho:

## KAUPUNKISUUNNITTELU JA LIIKENNETURVALLISUUS

### 1. Yleistä

Viime aikoina on julkisuudessa paljon puhuttu liikenneturvallisuuden parantamisesta. On julkaistu ministeriön asettaman komitean mietintö inhimillisen tekijän osuudesta liikenneturvallisuuteen. Poliisille on hankittu keräyksillä lisää autoja liikennevalvonnan tehostamiseksi. Kolmas tekijä, liikenneympäristö ja sen vaikutus turvallisuuteen on jäänyt edelleen lähes käsittelemättä, vaikka sillä viimeisten amerikkalaisten tutkimusten mukaan ehkä on suurin merkitys liikenneturvallisuuteen. Mikäli tätä ei tarpeeksi perustellusti voida esittää ei myöskään julkisia varoja saada riittävästi todella turvallisten liikennesuunnitelmien aikaansaamiseksi. Arvioissa, että liikenneympäristöstä johtuu vain 5-10 % kaikista onnettomuuksista, ei ilmeisesti ole riittävästi paneuduttu tutkimaan onnettomuuksien perimmäisiä syitä. Ihminen ja liikenneympäristö ovat aina saumattomassa vuorovaikutuksessa toistensa kanssa. Ehkä ennen pitkää suunnittelijan on otettava suurin henkilökohtainen vastuu liikenneturvallisuuden parantamisesta huolimatta siitä, että onnettomuustapauksissa autoilija pitääkin tuomita syylliseksi.

### 2. Kaupunkisuunnittelun periaatteita

Liikenneonnettomuudet ovat suuresti riippuvaisia liikennemääristä, joten kaupunki- ja yhdyskuntasuunnittelulla olisi liikenneverkon kuormitus pyrittävä saamaan mahdollisimman vä-



häiseksi. Tämä saavutetaan parhaiten sijoittamalla liikennettä synnyttävät ja vastaanottavat toiminnot jalankulun- tai polkupyöräetäisyyden päähän toisistaan. Niinpä asunto, työpaikat, koulut, ostospaikat, virkistysalueet, vapaa-ajan viettopaikat ym. toiminnot olisi sijoitettava toistensa läheisyyteen, mikä edellyttää melko tiivistä kaupunkiyksikköä. Nimenomaan työpaikkaomavaraisten kaupunginosien ja yhdyskuntien luomiseen olisi pyrittävä entistä selväpiirteisemmin. Tästä puhutaan nykyisin paljon, mutta edelleen syntyy suurten kaupunkiemme liepeille hengettömiä nukkumataajamia. Pienemmissä kaupungeissa ei ongelma ole vielä kovin selvästi havaittavissa.

Maankäytön ohjaamisen lisäksi tehokas ja palvelukyvyltään korkealuokkainen julkisen liikenteen verkosto, metro, rautatiet ja linja-autot, pystyvät vähentämään oman auton käytön halukkuutta ja siten edistämään liikenneturvallisuutta kaupunkiseudulla. Julkinen liikenne olisi erotettava kokonaan yksilöllisestä liikenteestä palvelun tason kohottamiseksi. Metroverkossa tämä on luonnollista, mutta myös linja-autoliikenteelle on tarjottava kehittyneessä kaupunkiverkossa erilliset kaislat, joita voivat liikennöidä esimerkiksi pitkät bussijunat.

Henkilöauton valtavan lisääntymisen vuoksi maamme ja kaupunkiseutujemme tie- ja katuverkot joutuvat välittämään yhä suurempia liikennemääriä. Liikenneverkon suunnittelu kapasiteetiltaan riittäväksi taloudelliseksi ja ennen kaikkea turvalliseksi on yhä laajempia tutkimuksia ja tehokasta kokonaisuunnittelua vaativa tehtävä.

### 3. Väylähierarkia

Kaupunkien ja myös maaseutualueiden liikenneverkkojen on

liikenneturvallisuutta ajatellen oltava selvästi jäsennöityjä. Tämä tarkoittaa sitä, että koko liikenneverkko jaetaan palvelukyvyltään eriasteisiin väyliin. Kaupunkiseudulla eri väyläryhmiä edustavat esimerkiksi moottoritiet, moottorikadut, pääkadut, kokoojakadut ja asuntokadut.

1. M o o t t o r i t i e t välittävät valtakunnallista kaukoliikennettä ja niille ei pitäisi johtaa lyhytmatkaista paikallisliikennettä. Tällaisia teitä ovat Helsingin ympäristössä Tarvontie ja tulevaisuudessa Hämeenlinnan ja Lahden moottoritiet. Moottoritiet suunnitellaan kaupunkialueiden läheisyydessä ohjenopeudelle 100 km/t. Nelikaistaisena sen välityskyky on 45 000 henkilöautoyksikköä vuorokaudessa, mikä vastaa palvelun tasoa D ja lähenee jo autoilijan sietokyvyn rajoja. Eritasoristeysten keskinäisen välimatkan olisi oltava vähintään 2 500 m.

2. M o o t t o r i k a d u t välittävät pääasiassa kaupunkiseudun eri osien välistä liikennettä. Esimerkkinä mainittakoon Jorvaksentie ja Itäväylä. Moottorikadut suunnitellaan ohjenopeudelle 80 km/t ja nelikaistaisena sen liikenteenvälityskyky on 40 000 hay/vrk. Risteykset ovat yleensä eritasoisia, joiden välimatka on vähintään 750 m. Mikäli joudutaan käyttämään myös tasoliittymiä, on sivutieltä tulevilla ehdoton väistämisvelvollisuus, ja kaupunkialueella risteyksiin on asetettava progressiivisesti toimivat liikennevalot. Ajoradat on erotettu keskikaistalla, ja käytön yhteydessä ei sallita jalankulkuliikennettä.

3. P ä ä k a d u t välittävät kaupunginosien ja moottorikatujen sekä kaupunginosien sisäistä liikennettä. Esimerkkinä mainittakoon Mannerheimintie ja Mechelininkatu. Ohjenopeus on 65 km/t ja nelikaistaisena kadun liikenteenvälityskyky on



20 000 hay/vrk. Risteykset ovat yleensä tasoristeyksiä, jotka kaupunkialueilla on kytketty progressiiviseen liikennevalojärjestelmään. Risteysten pienin välimatka on 250 m. Ajokaistoja on neljä tai kuusi, ja ajoradat on yleensä erotettu toisistaan keskikaistalla. Pääkadulla on pysähtyminen kielletty ja väylän yhteydessä ei sallita jalankulkuliikennettä.

4. K o k o o j a k a d u t keräävät asuntokatujen liikenteen ja välittävät sen pääkadulle sekä palvelevat asuntoalueiden sisäistä liikennettä. Kokoojakadut ovat 2-kaistaisia ja pituudeltaan korkeintaan 1 000 m. Ohjenopeus on 40 - 50 km/t ja liikenteenvälityskyky 10 000 hay/vrk. Risteykset ovat yleensä T-liittymiä, joiden minimivälimatka on 50 m. Kokoojakadulla on pysäköinti kielletty, ja korotetut jalkakäytävät ovat vähintään 1.0 m etäisyydellä ajoradasta. Kadulta ei ole suoraa pääsyä tonteille.

5. A s u n t o k a d u t välittävät lyhyinä 150 - 200 m pituisina pussikatuina pääsyn tonteille ja pysäköintipaikoille. Ohjenopeus on 30 km/t, ja kadulla on pysäköinti kielletty. Pysäköinti tapahtuu kadun suulla olevilla erillisillä pysäköintipaikoilla tai pientaloalueilla tonteilla.

6. J a l a n k u l k u on hyvin jäsenöidyssä liikenneverkossa erotettu täysin autoliikenteestä. Samassa tasossa ne saavat risteillä vain hiljaisilla kokooja- ja asuntokaduilla.

Liikenne katuverkossa tapahtuu siirtymällä asteittain väyläryhmästä toiseen. Sellainen matkanteko, takaa turvallisimman ja usein nopeimman ajon, koska kaikki liikenne käyttää likimain samoja nopeuksia, ja väylät on suunniteltu vastaamaan määrättyjä ohjenopeuksia ja liikennemääriä.

Eri väyläryhmät on suunniteltava yleisstandardiltaan, ku-

ten poikkileikkauksiltaan, risteystyypeiltään ja näkemiltään mahdollisimman yhtenäisiksi, jotta väylän käyttäjät eivät joudu yllättäviin ajotilanteisiin. Eriasteisten väylien liittyminen toisiinsa on oltava joustava ja turvallinen, jotta mahdollisimman suuri osa liikenteestä hakeutuu niille tarkoitetuille väylille. Tutkimuksilla on voitu todeta, että vilkkaasti liikennöidyillä pääväylillä sattuu onnettomuuksia ajoneuvokilometriä kohden huomattavasti vähemmän kuin tavallisilla kaduilla.

#### 4. Asutustaajaman liikenteellinen toimintakaavio

Diasarjalla on esitetty eräs asutustaajaman toimintakaavio, joka liikenteellisesti on mahdollisimman turvallinen. Liikenneverkko jäsentyy nopealiikenteiseen ohikulkuväylään, sisääntuloväylään, kokoojakatuihin ja asuntokatuihin. Päivittäisiin toimintapisteisiin, kuten työpaikkaan, kouluun, ostos- ja asiointikeskukseen sekä virkistysalueille päästään kotoa erillisiä jalankulkuteitä myöten. Taajaman yhteiset palvelupisteet, kuten virastot ja suuret ostoskeskukset on keskitetty sisääntuloväylän läheisyyteen taajaman sydämeen. Mikäli ostos- tai asiointimatkoilla joudutaan ylittämään kokoojaitai pääkatu, tapahtuu se eritasoisena.

Kuvassa 1 on esitetty muunnos edellisestä taajamakaavioista. Siinä sisääntuloväylä päättyy liikekeskukseen, johon saapuu myös julkinen liikenne. Asutuskeskusta kiertää kehänä kokoojaväylä, jonka sisäpuolelle keskittyy kaikki toiminta. Kehäväylään liittyvät sisäpuolelta pussimaiset asuntokadut. Asunnosta työpaikoille, liikekeskukseen ja kouluihin voidaan kävellä tai pyöräillä keskuspuistossa kulkevia jalankulkuväyliä



myöten. Virkistysalueet ja teollisuuden työpaikat voivat sijaita välittömästi kehäväylän ulkopuolella. Niille johtavat pääjalankulkuväylät risteävät eritasoisina kehämäisen kokoojakadun kanssa.

##### 5. Helsingin seudun tie- ja katuverkon turvallisuus

Helsingin kaupunkiseudun liikennetutkimuksen yhteydessä on laskettu kaikkien Helsingin, Espoon ja Helsingin maalaiskunnan pääteiden ja -katujen onnettomuustiheydet. Onnettomuudet on laskettu suhteessa liikennemääriin, mikä parhaiten kuvaa tien liikenteellistä vaarallisuutta (onnettomuuksia/1 milj. ajoneuvokm).

Tutkimuksen perusteella tiet ja kadut voitiin jakaa turvallisuudeltaan neljään toisistaan melko selvästi eroavaan ryhmään. Vaarallisimpia olivat H e l s i n g i n k e s k u s - t a n l i i k e k a d u t , joilla läpikulkuliikenne ja kadun varrella olevissa liikkeissä asioivien aiheuttama paikallinen liikenne olivat samalla kadulla. Jalankulku, ajoneuvojen pysäköiminen ja läpikulkuliikenne häiritsivät huomattavasti toisiaan ja lisäsivät onnettomuusvaaraa. Vaarallisimpaan katuryhmään kuuluvat mm. Aleksanterinkatu 35.0 onn./1 milj. ajon.km, Fredrikinkatu, Bulevardi ja Albertinkatu n. 25 onn./1 milj. ajon.km.

Seuraavan ryhmän muodostivat H e l s i n g i n p ä ä - v ä y l ä t , joilla on pääasiassa läpikulkuliikennettä. Näillä väylillä onnettomuustiheys oli keskimäärin 10 onn./ 1 milj. ajoneuvokm eli puolet liikekatujen onnettomuustiheydestä. Tämän ryhmän katuja olivat mm. Mannerheimintie, Kaisaniemenkatu, Siltasaarenkatu ja Hämeentie.

Kolmannen ryhmän muodostivat Helsingin s i s ä ä n t u -  
l o t i e t, kuten Lahdentie ja Hämeenlinnantie. Näillä teill-  
lä sattui enää 3-5 onn./1 milj.ajon.km. Tiet välittävät lähes  
yksinomaan läpikulkuliikennettä, ja kaupallista toimintaa ei  
niiden varrella ole.

M o o t t o r i t i e t ja - k a d u t, kuten  
Tarvontie ja Itäväylä, ovat turvallisuudeltaan ylivoimaisia  
onnettomuustiheyden ollessa 0.6 - 1.0. Moottoritiet ovat myös  
ulkomaisten tutkimusten mukaan ehdottomasti turvallisimpia,  
sillä liikenneympäristö on suunnittelulla pyritty tekemään  
niin yksinkertaiseksi ja harvoja liikenteellisiä ratkaisuja  
vaativaksi kuin mahdollista.

Edellä selostettu onnettomuustutkimus Helsingin seudun  
tie- ja katuverkossa osoittaa selvästi, että turvallisuuden  
kannalta liikenneverkko olisi jäsennoitävä nykyistä paljon  
selväpiirteisemmin. Niinpä läpikulkuliikenne olisi sijoitetta-  
va omille korkealuokkaisille väylilleen, kuten moottoriteille  
tai -kaduille sekä selvät kauppa- ja asuntokadut rauhoitetta-  
va läpikulkuliikenteeltä. Täyteen rakennetussa kaupungissa  
tällainen on taloudellisesti vaikeasti toteutettavissa.

Rakennetuissa kaupungeissa olisikin saneerattava suurem-  
pia alueita yhdellä kertaa, jotta myös liikenneverkko voidaan  
jäsennöidä riittävän turvalliseksi. Tiheän asutuksen läpi ei  
suurta väylää pidä johtaa, koska se usein muuttaa alueen luon-  
netta ja katkaisee sen toisistaan vieraantuviin osiin. Yhte-  
näinen kaupungin osakokonaisuus on pyrittävä säilyttämään.

Pienemmässä mittakaavassa liikenneverkkoa voidaan jäsen-  
nöidä katkaisemalla katuja pussikaduiksi, jotta tarpeeton  
läpikulkuliikenne saadaan estettyä. Alempiluokkaiset kadut  
eivät saa olla kovin pitkiä, koska ne houkuttelevat käyttämään  
tarpeettoman suuria nopeuksia.



6. Ulkomailla suoritettuja taajamaverkon turvallisuustutkimuksia

Eräät Yhdysvalloissa ja Ruotsissa suoritettut tutkimukset tukevat edellä esitettyjä periaatteita turvallisen kaupunkimallin ja katuverkon kehittämiseksi. Suoritetuissa tutkimuksissa on yleensä verrattu vanhaa ruutukaavaa nykyaikaisempaan kaavaan, jossa on suoritettu liikenteen erottelu, ja jossa asuntokadut ovat pussikatuja ja risteykset yleensä T-liittymiä. Marks on v.1957 tutkinut 86 asuntoaluetta Los Angelesin seudulla ja todennut, että ruutukaava-alueilla oli 7.7 kertaa niin suuri onnettomuustiheys kuin nykyaikaisemmassa katuverkossa. Ruutukaavassa onnettomuudet olivat jakaantuneet tasaisesti lukuisiin neljän kadun risteyksiin, kun taas jälkimmäisessä ne olivat keskittyneet muutamiin harvoihin kohtiin.

Samantapaisia tuloksia on saatu Kaliforniassa sekä Göteborgin läheisyydessä, missä Scaft on v.1962 tutkinut Kortedalan ja Södra Guldhedenin onnettomuustiheyksiä.

Englannissa (Tanner) on todettu, että päätielle tulevien liittymien vähentäminen lisää liikenneturvallisuutta kaavan  $1/\sqrt{n}$  suhteessa. Esimerkiksi kahden sivukadun yhdistäminen yhdeksi liittymäksi vähentää onnettomuuksia 30 %.

Oregonissa U.S.A:ssa on maanteillä pyritty selvittämään eri liikenneympäristötekijöiden vaikutusta turvallisuuteen. Tulokset on esitetty kaavana

$$X = a_0 + a_1Q + a_2N_A + a_3N_B + a_4N_C + a_5N_D + a_6V + a_7B ,$$

missä

X = onnettomuustiheys (onn./ 1 milj. ajon.km)

Q = vuoden keskimääräinen vuorokausiliikenne tuhansina

$N_A$  = kaupallisten liikkeiden lukumäärä kilometriä kohden

$N_B$  = kaupallista toimintaa palvelevien liittymien lukumäärä kilometriä kohden

$N_C$  = risteysten lukumäärä kilometriä kohden

$N_D$  = liikennevalojen lukumäärä kilometriä kohden

$V$  = suurin sallittu nopeus km/t

$B$  = ajoradan leveys

$a_0 \dots a_7$  = empiirisiä kertoimia, jotka saadaan taulukosta.

Korrelaatiotarkastelu osoitti, että onnettomuustiheys kasvaa, kun kaupallisten palvelupisteiden, liikennevalojen ja risteysten lukumäärä kilometriä kohden nousee tai suurin sallittu nopeus ja tien liikennemäärä kasvavat tai ajoradan leveys pienenee.

Lontoon sisääntuloväylillä on tutkittu (Smeed 1955) henkilövahinkojen määrää erityyppisillä kaduilla.

Nopeusrajoitus 48 km/t

Liikekadut	8.4 onn/1 milj.ajon.	
Osaksi liike- ja osaksi asuntokadut	4.5	km
Asuntokadut	3.0	---

Ei nopeusrajoitusta

Tiheän asutuksen alueella olevat tiet	5.2	---
Asutuksen reunamilla	---	3.9
Asutuksen ulkopuolella	---	3.6

## 7. Eräiden liikennejärjestelyjen vaikutus turvallisuuteen

Seuraavassa käsitellään eräiden sellaisten liikennejärjestelyjen vaikutusta turvallisuuteen, joita ei viime vuoden vastaavilla neuvottelupäivillä tarkemmin tarkasteltu ja jotka kuitenkin vaikuttavat koko liikenneverkkoon.



### 7.1 Keskusohjattu liikennevalojärjestelmä

Helsingissä liitettiin kesällä 1967 47 risteystä keskusohjattuun liikennevalojärjestelmään. Ulkomaisten tutkimusten mukaan tämä ns. "vihreä aalto" parantaa liikenneturvallisuutta verrattuna erillisiin liikennevaloihin. Tämä johtuu siitä, että autojen tarvitsee pysähtyä valo-ohjatulla katujaksolla ehkä vain kerran, mikä vähentää peräänajojen vaaraa.

Helsingin keskusohjatussa valojärjestelmässä on jalankulkijoiden turvallisuuden parantamiseksi jätetty lyhyt aika jalankulkuvaiheen jälkeen, jolloin sekä autoille että jalankulkijoille palaa punainen valo. Tämä aika on tarkoitettu risteuksen tyhjentämiseen. Mikäli jalankulkija on lähtenyt ylittämään kadun vihreän valon aikana, hän voi turvallisesti ylittää ajoradan huolimatta siitä, että valo matkalla vaihtuu punaiseksi. Ulkomaisten tutkimusten mukaan tyhjennysvaihe lisää liikenneturvallisuutta.

Punaista valoa vasten ei "vihreän aallon"kaduilla pidä kulkea, sillä autot voivat yllättävän nopeasti saapua risteukseen. Autoilijoiden tarkkaavaisuus on keskittynyt seuraamaan valojen vaihtumista, joten ajoradalle pyrkivä jalankulkija jää helposti huomaamatta.

### 7.2 Katujen yksisuuntaistaminen

Viime aikoina on sekä Helsingissä että muissa kaupungeissamme ryhdytty yksisuuntaistamaan yhä enemmän katuja. Tämä lisää kadun liikenteenvälityskykyä ja turvallisuutta.

Helsingissä on tutkittu 9 katuosuutta. Yleensä toimenpiteen jälkeen onnettomuudet ovat selvästi vähentyneet (esim. Fredrikinkatu 39 % ja Hietalahdenkatu 33 %). Aineisto oli

kuitenkin liian pieni selvien johtopäätösten tekemiseksi.

Italiassa Genovan kaupungissa toteutettiin v.1962 laaja katuverkon yksisuuntaistaminen. Toimenpiteen vaikutuksesta onnettomuudet vähenivät 23 % vuodessa (1338 1071). Tavallissilla kaksikaistaisilla kaduilla oli väheneminen 60 % (292 118), kolmikaistaisilla kaduilla 17 % (248 204), neli- tai useampikaistaisilla kaduilla 4 % (571 548) sekä risteyksissä 27 % (277 201). Yksisuuntaistaminen lisäsi Genovassa katujen kapasiteettia 32-44 % ja ajansäästö eri kohteisiin oli keskimäärin 40 %.

Lontoossa suoritetaan 14 kadun yksisuuntaistaminen, jonka vaikutuksesta henkilövaurioihin päättyneet onnettomuudet vähenivät 49 % ja jalankulkuonnettomuudet 36 %. Ajoneuvojen keskinopeus lisääntyi eräillä kaduilla jopa kaksinkertaiseksi.

### 7.3 Risteysonnettomuuksista

Kuvassa 2 on esitetty kaavio (Pucher 1960) risteysten suunnittelemiseksi ottaen huomioon liikenneturvallisuuden vaatimukset. Mikäli päätien liikenne on 500 ajoneuvoa vuorokaudessa ja liittävän tien 400 ajon/vrk, on suosituksen mukaan sivutielle rakennettava koroke. Mikäli päätien liikenne on 4 000 ja sivutien 1 200 ajon/vrk, on korokkeen lisäksi vasemmalle kääntyville varattava oma kaista. Risteykseen on asennettava liikennevalot, kun esimerkiksi päätiellä on 2 000 ja sivutiellä 1 500 ajon/vrk.

Helsingissä on v.1965-66 aikana toteutettu eräitä risteysjärjestelyjä, joiden vaikutusta liikenneturvallisuuteen on voitu alustavasti tutkia. Esimerkiksi Hakaniemen liikennelympyrässä torilta tuleva liikenne johdettiin sillan alitse



Sörnäisten rantatielle. Toimenpide poisti kaksi vaarallista kolaripistettä, ja onnettomuudet vähenivät keskimäärin 70 % kahden seuraavan vuoden aikana (28 8). Lönnrotinkadun ja Hietalahdenkadun risteykseen asennettujen liikennevalojen ansiosta onnettomuudet vähenivät n. 60 %.

1.9.1966 10 vaaralliseen risteykseen asetettiin vaarallista risteystä osoittavat liikennemerkit. Suurimmassa osassa risteyskiä onnettomuudet ovat toimenpiteen ansiosta vähentyneet. Yhteensä vauriot vähenivät 25 % vuodessa, mikä tilastollisesti on jo merkittävä (todennäköisyys 95 %). Mahdollista on, että autoilijoiden tottuessa merkkiin sen teho vähitellen laskee.

Kuvassa 3 on esitetty v.1966 poliisin tietoon tulleet liikenneonnettomuudet Topeliuksenkadun ja Tukholmankadun risteyksessä. Lähes kaikki onnettomuudet olivat yhteenajoja risteäviltä kaduilta tulevien kanssa. Yleensä vasemmalta tullut on asetettu syytteeseen (merkki ) huolimatta siitä, että ajaa leveämpää ja vilkkaampaa Tukholmakatua myöten. Tämä perustuu tieliikenneasetuksen 17 § 2 mom., jonka mukaan yhtä aikaa risteykseen saapuvista oikealta tulevalla on oikeus ensiksi ylittää risteyskohta. Liikennevaloilla voitaisiin onnettomuuksia huomattavasti vähentää. Onnettomuustutkimuksiin perustuvalla valistustyöllä voisi olla merkitystä oikean ajotavan opettamisessa ja siten liikenneturvallisuuden parantamisessa.

Kuvassa 4 on esitetty Mannerheimintien ja Nordenskiöldinkadun vuotuiset onnettomuudet. Suurimman ryhmän muodostivat saman vihreän vaiheen aikana molemmista Nordenskiöldinkadun haaroista risteykseen saapuvat ajoneuvot, joiden liikennesuunnat leikkaavat toisensa. Muita merkittäviä ryhmiä olivat

peräänajot liikennevaloissa sekä yhteenajot autojen ja oikealle kääntyvien raitiovaunujen kanssa. Auton kuljettajat on aina asetettu syytteeseen, sillä kääntyvillä raitiovaunuilla on etuajo-oikeus. Pohjoisella suojatiellä sattuneissa jalankulkijoiden yliajoissa kuoli yksi henkilö ja kolme loukkaantui.

Risteys uudistetaan Mannerheimintien parantamisen yhteydessä siten, että Mannerheimintien ylittäminen tapahtuu suoraan ja jokaisella risteävällä liikennesuunalla on oma vaihevaloissa.

Mannerheimintien ja Kaivokadun risteys on tyypillinen esimerkki valo-ohjattujen risteysten jalankulkuonnettomuuksista. Sattuneissa yliajoissa v.1965-66 kuoli 1 henkilö ja loukkaantui 16. Yleensä jalankulkijat on asetettu syytteeseen, mikä johtuu kulkemisesta punaista liikennevaloa vasten. Yliajettuista 45 % oli alkoholin vaikutuksen alaisena, mikä on arveluttavan suuri. Ennen pitkää Suomessakin eurooppalaisen käytännön mukaan kiellettäneen kokonaan käveleminen punaista valoa vastaan, mikä yleensä parantaa liikenneturvallisuutta.

### 8. Loppupäätelmä

Hyvän liikennejärjestelmän tarkoituksena on turvallisen ajon takaaminen ja liikennesuuhkautumien estäminen. Mikäli järjestelmä ei täytä näitä vaatimuksia, se on epäonnistunut.

Tärkeänä tekijänä on aina otettava huomioon kustannukset, jotka usein pakottavat tinkimään em. perusvaatimuksista. Tie- ja katuverkon turvallisuuden alenemisen joutuvat maksamaan tien käyttäjät, jotka vaikeasti hallittavassa tilanteessa tekevät onnettomuuteen johtavan inhimillisen erehdyksen. Vastaa sitten voidaan puhua yksinomaan valistukseen ja valvontaan

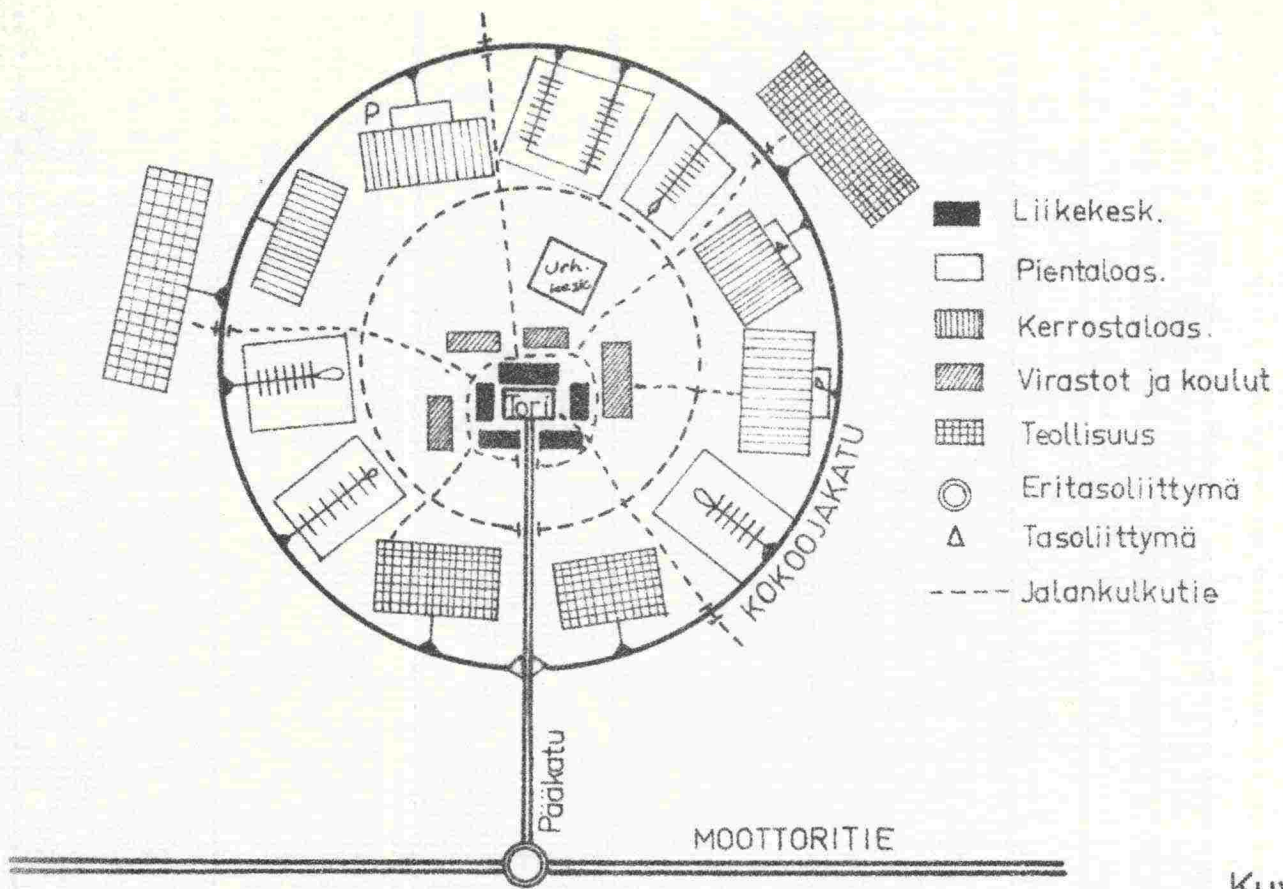


perustuvasta liikenneturvallisuustyöstä, kun tie- ja katuverk-  
komme on laadultaan sellainen, että onnettomuuksia aiheutta-  
vat ulkoiset tekijät on kokonaan poistettu. Tämä saavutettai-  
siin likimain moottoriteiden, eritasoliittymien, automaatti-  
ohjauksella varustettujen teiden, erillisten jalankulkuväyli-  
en ja sellaisten tietokoneilla ohjattujen liikennevalojärjes-  
telmien avulla, joissa kaikilla risteävillä liikennevirroilla  
on omat vaiheensa. Täysin turvallista liikenneverkkoa tuskin  
olemme valmiit kustantamaan. Kun poliittisia ratkaisuja teh-  
dään liikenneverkon kehittämiseksi, olisi nykyistä voimakkaam-  
min painotettava hyvien liikennejärjestelyjen positiivista  
vaikutusta turvallisuuteen. Olisi luovuttava ajatuksesta, että  
lähes kaikki onnettomuudet aiheutuvat vain inhimillisestä te-  
kijästä. Tosiasiassahan liikenneympäristö aina vaikuttaa rat-  
kaisevasti, tekeekö tien käyttäjä oikean vai väärän päätelmän  
lukemattomissa eri liikennetilanteissa. Luonnollisesti autoi-  
lija itse viime kädessä on vastuussa toiminnastaan ja erehdyk-  
sistään alati vilkastuvan liikenteen paineessa.

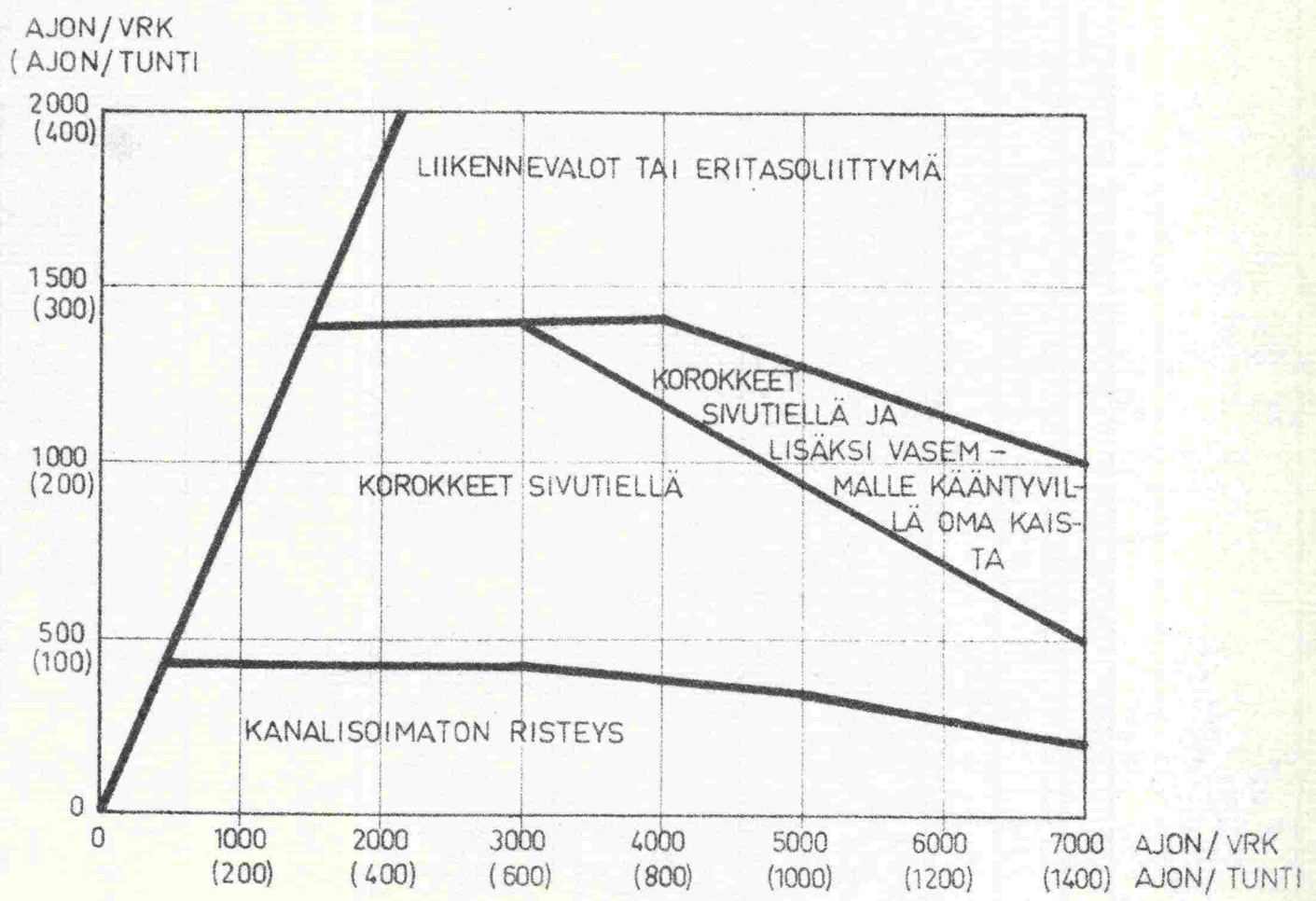
Lähdtekirjallisuutta

1. Chalmers Tekniska Högskola. Meddelande 8 - 1964: Trafikolyckor-  
nas samband med trafikmiljön.
2. Automobile Safety Foundation: Traffic Control and Roadway  
Elements, Their Relationship to Highway Safety.  
Washington 1963.
3. S. Sanaksenaho: Liikenneonnettomuustutkimuksia Helsingissä.  
1966.
4. S. Sanaksenaho: Onnettomuustutkimukset ja niiden soveltaminen  
liikennesuunnitteluun. Esitelmä Insinöörijärjestöjen  
Koulutuskeskuksen jatkokoulutuskursseilla. Moniste  
1967.

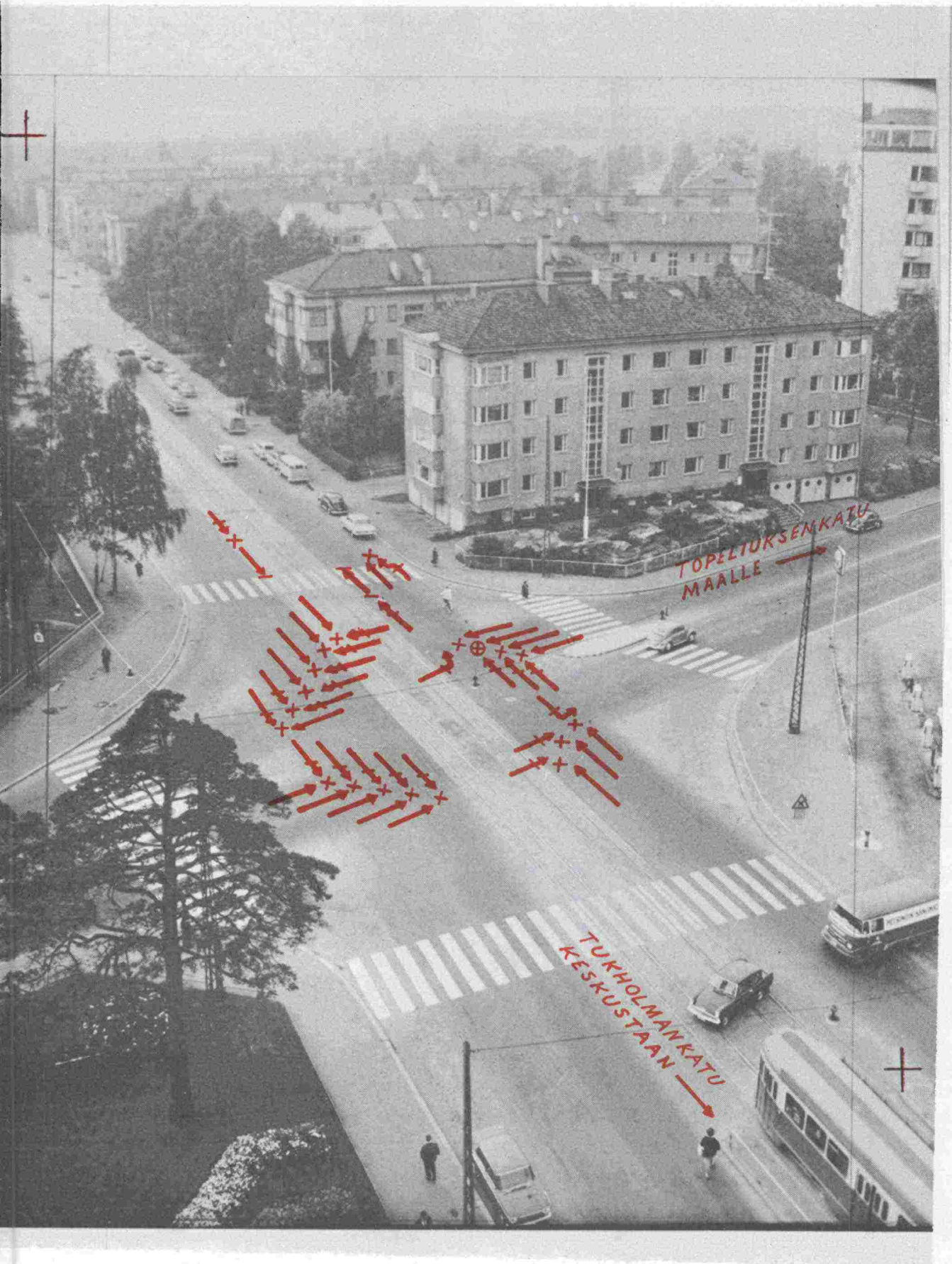




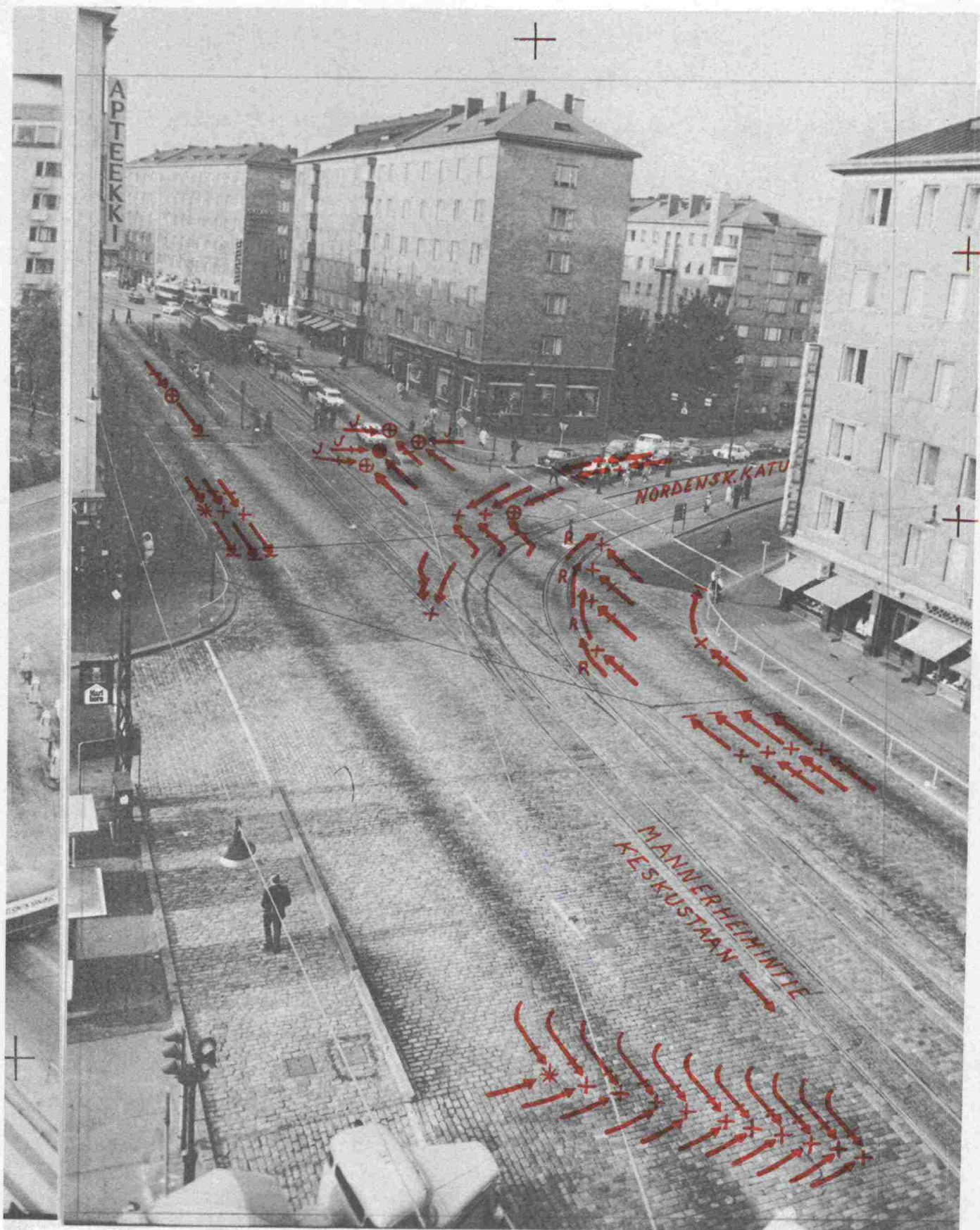
Kuva 1



Kuva 2









Tstoins. Jorma Hintikka:

## TEIDEN KUNNOSSAPITO JA LIIKENNETURVALLISUUS

Teiden kunnossapitoa voidaan lyhyesti luonnehtia toimintana, jonka tarkoituksena on pitää yleiset tiet liikennettä tyydyttävässä kunnossa. Nopeasti lisääntyvä ajoneuvokantamme ja erityisesti viime vuosina suuresti kasvaneet ajonopeudet asettavat kuitenkin myös tien kunnossapitäjät uusien ongelmien eteen. Enää ei riitä, että tie talvella esim. vain aurataan vaan on myös huolehdittava liikenteen sujuvuudesta ja turvallisuudesta auratulla tiellä. Nopeutuneen liikenteen vaatimuksista ovatkin sellaiset työt kuten liukkauden torjunta, eräät päällysteiden pintakäsittelyt, ajoratamaalaukset, turvallisemmat aurasmenetelmät jne. saaneet entistä suuremman merkityksen yleisten teiden kunnossapidossa.

Erikoisesti on huomattava kunnossapitotöiden muista tietöistä poikkeava luonne sikäli, että ne joudutaan tekemään lähes poikkeuksetta jo yleisen liikenteen alaisilla teillä, jolloin töiden järjestely, liikenneturvallisuus ja liikenteen sujuvuus liittyvät elimellisesti kaikkeen kunnossapitotoimintaan. Tämän mukaisesti on aikanaan otettu käyttöön nykyisin jo kaikkien kp-työkoneiden katolla olevat vilkkuvalot, kp-työntekijöiden joukossa on erityisten heijastavien turvaliivien käyttöä alettu lisätä, työkoneet maalataan nykyisin entistä paremmin erottuvalla ns. huomiokeltaisella värillä ja radiopuhelimen käyttö myös liikenteen ohjauksessa työmailla on jo käytössä lähes koko maassa. Myös työn suoritus on pyritty ajoittamaan niin, että työ mahdollisimman vähän häiritsisi muuta liikennettä eli suorittamaan hankalat työt muuna kuin



ruuhkatunteina toisaalta niin, että esim. liukkaudentorjunta olisi suoritettu aamulla jo ennen aamuruuhkatuntien alkamista.

Tämän esityksen puitteissa ei luonnollisestikaan ole mahdollista puuttua lähemmin kovin moneen yksityiskohtaan. Tällä hetkellä ajankohtaisimpina aiheina on tarkoitus käsitellä yleisten teiden äskettäin uusittuja liukkaudentorjuntaohjeita, ajoratamaalauksia viimeaikaisine kehityksineen sekä tien puutteellisesta kunnosta tai kunnossapitotyön suorituksesta aiheutuneiden korvausanomusten määrää ja laatua.

### Liukkauden torjunta

Liukkaudentorjuntatyö, kuten ajoratamaalaukset kesällä, palvelee lähes yksinomaan liikenneturvallisuutta ja liikenteen sujuvuutta. Liukkaudentorjuntaa varten jaettiin tiet aikaisemmin niiden liikenteellisen merkityksen mukaisesti kolmeen luokkaan (I, II ja III) ja liukkaudentorjuntatyö tapahtui levittämällä tielle tarvittaessa suolahiekkaa. Aluksi käytettiin pelkkää hiekkaa, mutta kun vilkastuva liikenne pyyhki kuivan hiekan nopeasti pois tieltä jouduttiin hiekan sekaan sekoittamaan suolaa (NaCl). Tämän ansiosta hiekkajyvät kiinnittyvätkin paremmin tienpintaan ja kun suola sekoitettiin hiekkaan jo sen kasoihin varastoinnin yhteydessä piti suola myös hiekan läpi talven sulana.

Liikenteen lisääntyessä alkoi myös suolahiekan vaikutusaika lyhentyä. Kun liikenne nykyisin vilkkaammilla teillä on jopa yli 10.000 ajoneuvoa vrk:ssa ei edes suolahiekka pysy tiellä kuin n. 1/2 - 1 tunnin. Tie jouduttaisiin hiekoittamaan jopa 6-8 kertaa päivässä, jotta edes jonkinlainen ajovarmuus tiellä säilyisi. Tämä ei käytännössä ole mahdollista edes nykyisten liikennemäärien vallitessa. Mm. tästä syystä

on uusissa liukkaudentorjuntaohjeissa siirrytty pelkän suolan käyttöön vilkkaimmilla ja liikenteellisesti merkityksellisimmillä teillä. Liukkaudentorjuntaa sulatussuoloja käyttäen voidaankin hyvällä syyllä pitää luonnollisimpana tapana, sillä poistaahan suola itse liukkauden syyn eli lumen ja jään kun taas hiekka ainoastaan hiukan lisää liukkaan tien kitkakerrointa.

Pelkän suolan avulla pidetyn tien hyvä liikenneturvallisuus tulee ehkä parhaiten esiin, jos tarkkaillaan asiaa erilaisissa olosuhteissa saavutettujen tien pinnan ja auton renkaan välisten kitkakertoimien avulla. Kuivalla asfalttitiellä vaihtelee kitkakerroin yleensä 0,7-0,9 välillä ja märällä 0,5-0,7 välillä. Jäepinnalla on kitkakerroin n. 0,1-0,2 ja lumipinnalla n. 0,2-0,3. Runsaallakaan hiekoituksella ei kitkakerrointa jäepinnalla saada nousemaan suuremmaksi kuin n. 0,15-0,35 ja lumipinnalla n. 0,20-0,45. Hiekkaa käyttäen aikaansaatu kitkakerroin on siis verraten pieni ja parhaassakin tapauksessa pienempi kuin paljaan asfalttipinnan kitkakerroin.

Ajovarmuutta liukkaalle tielle on mahdollista lisätä myös esim. käyttämällä liukuesterenkaita, joista meillä yleisimmin käytettyjä ovat nastarenkaat. Mm. Ruotsissa on tutkittu nastarenkaiden kitkaominaisuuksia. Suurin osa kokeista on tehty sileällä, ei liikennöidyllä jäällä, jolloin on selvitetty ajoneuvon nopeuden sekä nastojen määrän, sijoituksen ja kuluneisuuden vaikutusta kitkakertoimen suuruuteen. Tuloksista voidaan lyhyesti todeta seuraavaa. Kun kitkakerroin nastoitattomalla renkaalla on jäällä 0,10, voidaan kitkakerroin hiekoituksella nostaa 0,25-0,30:een. Samaan päästään renkaalla, jossa on 100-170 nastaa. Pakkautuneessa lumessa, jossa kitkakerroin nastoitattomalla renkaalla on 0,30, voidaan 100 -200 nastalla va-



rustetulla renkaalla päästä kitkakertoimen arvoon 0,35-0,45. Jos hyvinhiekoitetun jääpinnan kitkakerroin on 0,40 päästään 100 - 200 nastalla varustetulla renkaalla arvoon 0,45 -0,50. Em. arvot on saatu käyttämällä mittauksen yhteydessä ihanteellista luistoa. Jos pyörät jarrutuksessa lukkiutuvat täydellisesti jäävät ko. arvot n. 20-40% alhaisemmiksi.

Nastojen määrän lisäys lisää yleensä myös kitkakertoimen arvoa joskaan lisäys ei ole suoraviivainen. Nastojen määrän lisäys vaikuttaa enemmän lukkiutuneilla pyörillä saatuihin arvoihin. Esimerkiksi nastojen lisäys 116:sta 174 antoi merkityksettömän pienen lisäyksen "ihanteellisen luiston" kitkarvoihin.

Mitä autojen ohjauskyvyn paranemiseen tulee on kitkakertoimen lisäys sivusuunnassa nastoja käyttäen likipitään sama kuin jarrutuksessa saavutettu kitkakertoimen lisäys.

Nastojen kulumisen vaikutusta renkaan kitkakertoimeen on myös tutkittu Ruotsissa, kuten eräissä muissakin maissa. Tulokset ovat kuitenkin ristiriitaisia, joten niihin ei kannattane tässä lähemmin puuttua.

Nastojen määrän kasvu vaikuttaa kitkakerrointa alentavasti paljaalla päällysteellä. Kun nastoja on 150 - 250 kpl. on kitkakerroin 15-20% alempi kuin samalla renkaalla ilman nastoja.

Nastarenkaan vaikutuksesta liukkaan tien kitkakertoimeen suoritetuista tutkimuksista mainittakoon vielä eräs englantilaisten suorittama. Sen tulokset muodostuivat seuraaviksi:

Kitka ilman nastoja	Kitkan lisäys nastojen avulla
0,62	2 %
0,46	10 %
0,35	29 %
0,22	40 %

Edellisestä jo ilmenee, ettei hiekoitus tai nastarenkaiden käyttö pysty kilpailemaan sulatussuoloja vastaan asiaa liikenneturvallisuuden kannalta tarkasteltaessa. Edellisten lisäksi voidaan pelkän suolan käytön eduista tässä mielessä myös mainita käsittelyn nopeus ja mahdollisuus suorittaa ennalta ehkäisevää liukkaudentorjuntaa. Käsittelyn nopeus johtuu siitä, että koska suolaa tarvitaan tielle km-kohden vähemmän kuin hiekkaa niin yhdellä suolakuormalla voidaan käsitellä vastaavasti pidempi matka kuin hiekkakuormalla ja hukka-ajo vähenee. Erittäin huomionarvoinen on myös mahdollisuus suorittaa ennaltaehkäisevää liukkaudentorjuntaa.. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että kun tiemestari esim. illalla säätiedoitusta kuunnellessaan saa tietää pakkasen olevan tulossa hän voi ryhtyä toimintaan heti odottamatta liukkaan kelin syntymistä. Koska suolan vaikutus tiellä säilyy, suolalaadusta riippuen, 1:stä jopa 4:ään vuorokaudteen pitää siis illalla tielle levitetty suola tien sulana vielä aamullakin, vaikka ilman lämpötila olisi yön aikana laskenut  $0^{\circ}\text{C}$  alapuolelle. Ennaltaehkäisevä suolakäsittely onkin ainoa edellämainituista liukkaudentorjuntatavoista, jolla voidaan välttää mm. jaksyiset "pääkallokelit". Mainittakoon esimerkkinä, että Saksassa on 6,5 % suolanlevityksestä ennaltaehkäisevää toimintaa.

Uusissa liukkaudentorjuntaohjeissa on I luokka jaettu kahteen luokkaan I A ja I B, joten luokkia on nyt kaikkiaan neljä. I A luokkaan kuuluvat moottoritiet sekä ns. Eurooppatiet eli tieosat Turku-Hki-Vaalimaa, Hki-Tampere-Vaasa ja Hki-Jyväskylä-Tornio. Näillä teillä on kehoitettu torjumaan liukkautta yksinomaan pelkkää suolaa käyttäen. Poikkeuksen muodostavat vain öljysoratiet sekä ajankohdat, jolloin ilman lämpötila on tiettyjen rajojen alapuolella, jolloin käytetään



suolahiekkaa. I B luokkaan kuuluvat mm. kaikki valtatie eräitä itä- ja pohjois-Suomen hiljaisempia valtateitä lukuunottamatta. Nämä tiet pyritään kestopäällysteiden osalta pitämään lumettomana ja jäättömänä lähinnä pelkkää vuorisuolaa käyttäen.

Useissa muissa maissa on pelkän suolan käyttöä liukkauden torjunnassa harrastettu jo useiden vuosien aikana. Näissä maissa on suoritettu onnettomuustarkkailuja sellaisilla tieosilla, joilla on siirrytty hiekoituksesta sulatussuolojen käyttöön. Esim. Saksassa ja Itävallassa on todettu, että kun hiekkaa käytettäessä n. 25-30% vuotuisista liikenneonnettomuuksista sattui talviaikaan väheni tämä prosenttiluku alle 10 kun siirryttiin käyttämään sulatussuoloja. Tierakennus-aloitteen/osasto tuleekin tekemään/vastaavanlaisen tutkimuksen suorittamisesta myös meillä nyt kun siirtyminen lisääntyvään sulatussuolojen käyttöön tapahtuu.

#### Ajoratamaalaukset

Ajoratamaalausten vaikutusta liikenneturvallisuuteen on tutkittu useissa eri maissa suoritetuissa selvityksissä. Yksityiskohtaisemmin ei niihin ole tässä yhteydessä tilaisuutta puuttua. Esimerkkinä voidaan kuitenkin mainita eräs Illinoisissa v. 1957 suoritettu tutkimus reunaviivan vaikutuksesta liikenneonnettomuuksien määrään. Onnettomuustarkkailu suoritettiin enne ja jälkeen reunaviivan käyttöönottoa. Tuloksista todetaan onnettomuuksien kokonaisuudessaan vähentyneen 21 %, kuolemantapaukset 40 % ja loukkaantumiset 16 %. Pimeän aikana sattuneiden onnettomuuksien määrä väheni 18 %, valoisan ajan samsijaan 25 %. Tieltä suistumiset ja väärällä kaistalla ajosta johtuvat onnettomuudet lisääntyi-

vät vastoin odotuksia ajoratamerkinnoistä huolimatta. Vaikka näin suppean tutkimuksen perusteella ei em. prosenttilukuihin kannata panna kovin suurta painoa, antavat ne kuitenkin jonkinlaisen suuntaa osoittavan kuvan asiasta.

Tässä esityksessä on tarkoitus kosketella lähinnä kolmea maanteillämme yleisemmin käytettyä ajoratamerkintää, nim. keskiviivaa, reunaviivaa ja sulkuviivaa. Meillä maalataan asfaltteille yleensä sekä keskiviiva sulkuviivoineen että reunaviivat kun taas öljysorateille maalataan yleensä vain keskiviiva ja sulkuviivat.

Keskiviiva maalataan siten, että rajoittamattoman nopeuden alueella viivan pituus on 4 m ja viivojen väli 8 m sekä tiellä joilla ajonopeus on rajoitettu, viivan pituus on 2 m ja viivojen väli 4 m. Keskiviivan erottaa toisistaan samalla ajoradalla vastakkaisiin suuntiin tapahtuvat liikenteet ja samalla se jakaa ajoradan kummallekin liikennevirrälle. Keskiviiva sijaitsee yleensä ajoradan geometrisessa keskustassa.

Reunaviiva puolestaan osoittaa ajoneuvoliikenteelle tarkoitettun ajoradan reunan. Tvh:n ohjeissa sanotaan reunaviivan käytöstä seuraavaa: "Reunaviivaa käytetään milloin se katsotaan liikenneturvallisuussyistä tarpeelliseksi, erottamaan ajorata pientareesta tai vastaavanlaisesta rakenteesta sekä milloin näitä ei ole osoittamaan ajoradan reunaa". Reunaviivan käytöstä on siis liikenneturvallisuusnäkökohdille annettava ensisijainen merkitys.

Sulkuviivaa käytetään, kun halutaan estää ajoneuvon siirtyminen ajokaistalta toiselle tai osoittamaan paikallista ajosuunnan muutosta. Sen paikka voi vaihdella eri tilanteista riippuen. Sulkuviivaa käytetään kaksikaistaisella tiellä yleisemmin estämään ajoneuvojen siirtyminen keskiviivan yli pai-



kassa missä vapaa näkemä on rajoitettu. Sulkuviivan paikat määrätään näkövälitutkimuksen perusteella, josta tvh on antanut erilliset ohjeet. Sulkuviivan paikkaa ja pituutta määrätessä käytetään ohjeena kohtaamisnäkemää, joka on saatu kertomalla tien ohjenopeuden ja kitkakertoimen avulla laskettu pysähtymisnäkemä kahdella. Tvh:ssa käytetään pysähtymisnäkemän laskemisessa kaavaa:

$$b = tr \times \frac{v}{3,6} + \frac{v^2}{3,6^2 \times 2g (t \pm s)} \quad \text{jossa}$$

b = pysähtymisnäkemä (m)

tr = reaktioaika (s)

v = ohjenopeus

g = maan vetovoiman kiihtyvyys = 9,81 m/5<sup>2</sup>

f = kitkakerroin

s = pituuskaltevuus (m/m)

kitkakerroin ja reaktioaika ovat ohjenopeudesta riippuvia.

Kun laskelmat suoritetaan saadaan ohjenopeuden ja kohtaamisnäkemän riippuvaisuudeksi seuraavat arvot:

ohjenopeus km/h	40	50	60	70	80	90	100	110	120
kohtaamisnäkemä m	90	120	150	180	220	260	300	360	440

Jos sulkuviivan teoreettinen pituus on alle 20 m ei sitä tehdä. Teoreettisen pituuden ollessa 20-50 m se tehdään 50 m pituiseksi ja sen loppupään tulee olla kohdassa mistä alkaen vapaa näkemä on suurempi kuin kohtaamisnäkemä.

Ajoratamaalausten suoritus tapahtuu periaatteessa seuraavasti. Ensimmäisen ryhmän muodostavat 2-3 miestä, jotka merkitsevät näkövälitutkimuksen mukaiset sulkuviivojen alkamis- ja

päättymiskohdat näkyviin sekä tarpeen vaatiessa merkitsevät myös keski- ja reunaviivojen paikat. Näillä miehillä on turvallivien käyttö välttämätön, sillä esim. kaukaa ajoneuvosta käsin on muuten mahdotonta tietää ovatko nämä keskellä tietä kulkevat miehet vain tavallista varomattomampia jalankulkijoita.

Myöhemmin tulee maalaus kone, jota hoitaa yleensä vain yksi mies. Kone pysyy tarvittaessa maalaamaan kolme viivaa yhtä aikaa, joka onkin tarpeen keski- ja sulkuviivoja maalattaessa. Maalaus koneen jäljessä kulkevasta autosta miehet asettavat maalattujen viivojen kohdalle muoviset kartiot, joilla liikenne ohjataan kulkemaan vielä kosteiden maaliviivojen sivuitse.

Ajoratamerkintöjen vaikutus liikenneturvallisuuteen on erikoisen huomattava pimeällä, sumussa ja sateessa ajettaessa. Ulkomailla käytetäänkin ajoratamerkinnöissä yleisesti pieniä lasihelmiä, jotka tekevät merkinnät valoa heijastaviksi. Suomessa on lasihelmien käyttöä kokeiltu laajemmin vuodesta 1964 lähtien. Saatujen kokemusten mukaan on merkintöjen näkyvyys valoilla ajettaessa hyvä, ne saattavat olla jopa selvempiä kuin päiväsaikaan. Tämä johtuu siitä, että lasihelmien alla oleva maali näkyy heijastettuna valolähteeseen päin. Vastantulevien ajoneuvojen valot ja sadeilmat haittaavat kuitenkin jonkin verran heijastusilmiöitä. Sumussa lasihelmien heijastuskyky on todettu hyväksi. Päivällä on lasihelmillä varustettujen maalausten havaittu näkyvän heikommin kuin tavallisten maalausten, mikä johtuu siitä, että lasihelmimaalaukset ovat arempia likaantumiselle. Käytettyjen lasihelmien koot vaihtelevat yleensä 0,1.....0,6 mm. välillä. Koon vaihtelevuus sen vuoksi, että maaliviivan kuluessa ensin vain isommat helmet



lentävät pois, joten viivan heijastavuus säilyy lähes sen loppuunkulumiseen saakka. Maaliviivan kestävyys ei lasihelmillä näytä olevan savottavimmin vaikutusta.

Lasihelmimaalauksen suorittamisessa käytetään meillä ns. "sirottelu" menetelmää, jossa lasihelmet sirotellaan välittömästi tuoreen maaliviivan pinnalle. Käytännössä tämä tapahtuu siten, että maalaus koneessa on lasihelmiä varten erillinen säiliö, josta ne omalla painollaan valuvat sopivasti säädettynä kumiletkeä myöten ja levitetään sirotinsuuttimen avulla maaliviivan pinnalle. Menetelmän eduista mainittakoon se, että maaliviiva on heijastava välittömästi työn suorittamisen jälkeen.

Lasihelmimaalaus voidaan suorittaa myös ns. "sekoitus" menetelmää käyttäen, jossa lasihelmet sekoitetaan maaliin ennen työn varsinaista suorittamista. Tämän menetelmän yhteydessä maalin pitää ensin jonkin verran kuluä ennenkuin heijastusvaikutus alkaa näkyä.

Kuluvana vuonna käytetään lasihelmillä varustettuja ajoratamerkintöjä Uudenmaan, Turun, Hämeen sekä Kymen piireissä ja näissäkin vain syysmaalauksen yhteydessä sellaisilla teillä joissa maalaus joudutaan uusimaan.

### Korvaukset

Vuonna 1966 saapui tvh:lle 241 sellaista korvausanomusta jotka koskivat yleisten teiden kunnossapitoa. Tvh:n tekemiä päätöksiä ko. vuonna oli 85 kpl. joista 41 johti korvauksen maksamiseen. Vastaava korvaussumma oli 22.600 mk eli keskimäärin 550 mk korvausta kohden. Kuluvan vuoden tammi-heinäkuussa tehtiin päätöksiä 103 kpl, joista 64 johti korvauksiin.

Korvausten yhteissumma oli 17.800 mk ja siis keskimäärin 280 mk korvausta kohden.

Liikennevaurioiden syiden mukaan jaoteltuina muodostavat tiellä olevat kivet suurimman ryhmän (25 % kaikista korvauksista). Kivi voi joutua ajoradalle esim. höylän tai lanan nostamana, roudan nostamana kuormasta putoamalla tai ilkivallantehtäjöiden siirtämänä. Vaikeutena on varsinkin kovin paljon onnettomuuden jälkeen selvittää miten vaurion aiheuttanut kivi oli tielle joutunut. Se ei kuitenkaan vaikuta ratkaisuun.

Seuraavaksi suurimman ryhmän (18 %) muodostavat tielle syntyneet kuopat. Asfalttitiiehen syntynyt kuoppa on teräväreunaisena vaarallisin. Vesisade yhdessä liikenteen kanssa on pahin kuoppien aiheuttaja ja sateen jälkeen joudutaankin aina lähtemään kuoppien paikkaustyöhön myös asfalttiteille.

Kolmanneksi suurimman ryhmän (9%) muodostaa auraustyön aiheuttamat vauriot. Näistä mainittakoon auran heittämän lumen ja hiekan aiheuttamat tuulilasi- ja peltivauriot. Nämä voidaan melko tehokkaasti välttää käyttämällä yhä yleisemmäksi tullutta toispuoleista etuauraa, joka heittää lunta vain yhteen (ojan) suuntaan. Suuren kokonsa vuoksi toispuoleiset aurat eivät kuitenkaan sovi kovinkapeille ja mutkaisille teille. Auraustyön aiheuttamia vaurioilmoituksia tulee myös rikkoutuneista ikkunoista, huoltoasemien jakelumittareiden laseista, teiden varsilla olevien pensas- ja säleaitojen vaurioitumisista jne. Erityistä varovaisuutta joudutaan noudattamaan moottoriteiden ylikulkusilloilla aurauksessa, jottei alapuolella kulkevalle liikenteelle aiheuteta vaaraa.

Seuraavat ryhmät muodostuvat siltalaitteiden epäkuntoisuudesta (7%), lumiaurasta irronneista kappaleista (5%), painumista (4%), lautalla sattuneista vaurioista (4%), ojan pääl-



le aurauksista (3%), tuulilasivaurioista (3%), maantierummun sortumisista (2%) sekä muista syistä (20%), johon sisältyy mm. hiekoitustyö, tietyö, liikennemerkkien kaatuminen, tien mutkaisuus, tien liukkaus ja tiereunan pettäminen.

Lopuksi lienee paikallaan myös lyhyesti tarkastella liikenneturvallisuutta parantavien laitteiden vaikutusta kunnossapitotöihin. Ensin suurimman ryhmän muodostavat liikennemerkit.

Aurauksen on viime vuosina havaittu vaurioittavan varsin pahoin etenkin suuria opaskilpiä. Tämän vuoksi joudutaan liikennemerkkejä sijoittamaan jonkin verran nykyistä etäämmälle tien reunasta. Nykyisten määräysten mukaan sijoitetaan merkki n. 1,5 m:n päähän tien reunasta. Myös suurien opaskilpien tukirakennetta on entisestään vahvistettu. Auraslumi aiheuttaa haittaa myös merkin likaantumisen muodossa. Merkkiin jäänyt sohjolumi joudutaan poistamaan vesihöyryä käyttäen. Lisäksi joudutaan merkit pesemään n. 1-2 kertaa kesässä..

Tien reunakaiteet aiheuttavat tien kunnossapitäjille melkoisesti huolta sekä talvella että kesällä. Talvella kaiteilla on taipumus kinostaa lunta tielle etenkin jos lumi pääsee täyttämään kaiteen ja maanpinnan välisen tilan. Kaiteen alustan ja osittain kaiteen taustan puhdistamiseksi lumesta joudutaan tois- taiseksi turvautumaan käsityöhön. Kesäkunnossapidossa vaikeuttavat kaiteet erikoisesti pientareiden ruohonleikkuutyötä. Nykyisin tämä työ voidaan kuitenkin myös kaiteiden kohdalla suorittaa koneellisesti.

Ruohonleikkuutyötä vaikeuttavat myös mm. tien suunnassa olevat sumupaalut. Ellei käytössä ole erikoiskoneita, joudutaan leikkuutyö keskeyttämään ennen paalua ja aloittamaan se uudelleen heti paalun jälkeen. Katko hidastaa leikkuutyötä

melkoisesti. Haitta on pyritty eräissä osin Saksaa välttämään tekemällä sumupaalut rakenteeltaan sellaisiksi, että ne voidaan käsin kevyesti nostaa pois paikaltaan leikkuutyön ajaksi.

Teiden risteykset ja niissä olevat liikennesarakkeet lisäävät varsinkin talvikunnossapitoa. Niihin aurouksessa joutunut lumi joudutaan nostamaan kuormaajalla tms. pois useita kertoja talvessa, jotta näkyvyys olisi esteetön risteävälle tielle.



Jaostopääll. Matti Vuorio:

LIIKENNETURVALLISUUSTYÖSTÄ RANSKASSA

Opintomatvani tavoitteena oli jonkinlaisen käsityksen saaminen Ranskan tielaitoksesta. Tutkimuskenttä oli täten erittäin laaja, joten varsinainen liikenneturvallisuus tuli esille vain muiden asioiden yhteydessä. Tämän takia yhtenäisen esityksen laatiminen liikenneturvallisuustyöstä onkin toivoton yritys, joten joudun tässä yhteydessä vain keräämään saamani hajatie-dot ja vaikutelmani epäyhtenäisesti kasaan. Pyrin kuitenkin valottamaan liikenneturvallisuustyötä eri puolilta nähtynä.

Autokantaa Ranskassa voidaan verrata seuraavan taulukon perusteella eräisiin muihin valtioihin:

Maa	Autokanta		Asukasta autoa kohti		Asukasluku
	1964	1965	1964	1965	
Ruotsi	1.809.500	1.945.000	4.3	3.9	7.7
Ranska	10.120.600	10.719.000	4.8	4.5	48.7
Iso-Britannia	9.135.500	10.444.400	5.8	5.0	52.7
Suomi	464.400	544.900	9.8	8.4	4.6
USA	82.580.400	86.311.000	2.3	2.2	193.5

Voidaan siis todeta, että Ranska sijoittuu Euroopassa hopealle autojen lukumäärään nähden asukaslukuun verrattuna. Pariisia pidetään eräänä eniten autoistuneena kaupunkina Euroopassa ja Pariisin Ooppera-aukiota maailman vilkkaimman liikenteen omaavana paikkana. Tämä on ranskalaisten käsitys. Kaikki muutkin suurkaupungit voivat luonnollisesti vaatia it-

selleen samaa "epäilyttävää kunniaa".

Autoistumisen ennusteesta on Ranskassa laadittu Yleis-  
ten Töiden Ja Kuljetusten Ministeriössä taulukko vuosille  
1960 - 1985. Tämä taulukko (Tableau n° 5) jakautuu kol-  
meen arvioon:

- 1) Hypothèse basse = matala arvio
- 2) " moyenne = keskinkertainen arvio
- 3) " haute = korkea arvio

Tableau n° 5

PREVISIONS D'EVOLUTION DE LA CIRCULATION MOTORISEE POUR LA PERIODE 1960-1985

(1) indice de la circulation  
(2) composition moyenne (R.N.) (%)

	1960		1965		1970		1975		1980		1985	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
<b>Hypothèse basse</b> (probabilité 0,25)												
Véhicules légers (catégories c à f) . . . . .	100	87,7 %	145	89,4 %	209	90,6 %	263	91,3 %	307	91,5 %	342	91,2 %
Véhicules lourds (catégories g à j) . . . . .	100	12,3 %	125	10,6 %	155	9,4 %	178	8,7 %	205	8,5 %	238	8,8 %
Ensemble des véhicules (catégories c à j) . . . . .	100	100 %	142	100 %	202	100 %	252	100 %	294	100 %	329	100 %
<b>Hypothèse moyenne</b> (probabilité 0,50)												
Véhicules légers (catégories c à f) . . . . .	100	87,7 %	165	90,0 %	238	91,3 %	313	91,4 %	388	91,9 %	455	91,5 %
Véhicules lourds (catégories g à j) . . . . .	100	12,3 %	128	10,0 %	165	8,7 %	200	8,6 %	244	8,1 %	300	8,5 %
Ensemble des véhicules (catégories c à j) . . . . .	100	100 %	161	100 %	229	100 %	279	100 %	370	100 %	436	100 %
<b>Hypothèse haute</b> (probabilité 0,25)												
Véhicules légers (catégories c à f) . . . . .	100	87,7 %	178	90,7 %	268	91,8 %	374	91,4 %	495	91,9 %	610	91,9 %
Véhicules lourds (catégories g à j) . . . . .	100	12,3 %	131	9,3 %	171	8,2 %	256	8,6 %	313	8,1 %	380	8,1 %
Ensemble des véhicules (catégories c à j) . . . . .	100	100 %	172	100 %	256	100 %	359	100 %	472	100 %	582	100 %

- 1) indice de la circulation = liikenneindeksi
- 2) véhicules légers = kevyet ajoneuvot
- " lourds = raskaat "



Keskinkertaisen arvion taulukosta voidaan todeta, että liikenneindeksi muuttuu 20 vuoden aikana (1965 - 1985) arvosta 161 arvoon 436 eli 2.71 kertaiseksi, jolloin siis autokanta kohoaa  $2.71 \times 10.719.000 \text{ kpl} = 29.000.000 \text{ kpl}$ :seen. Tämä tietää sitä, että jos väkiluku ei muuttuisi yksi auto olisi noin 1.66 asukasta kohti. Jos väkiluku kohoaa noin 60 miljoonaan tulee joka toisella ihmisellä olemaan auto vuonna 1985. Kun jo nyt Ranskassa kiinnitetään melkoista huomiota liikenneturvallisuuteen, on aiheellista kysyä kuinka paljon enemmän tätä työtä on tehtävä parinkymmenen vuoden kuluttua, kun autokanta on melkein kolminkertaistunut.

Tiesuunnitelmat hyväksytään Ranskassa ministeriössä. Suunnitelmiin on aina liitettävä kannattavuuslaskelmat, jotka tarkastetaan huolella. Yhtenä laskentakohteena on aina otettava huomioon myös onnettomuudet.

Seuraavalla sivulla olevasta taulukosta N:o 1 "Yksikköhinnat" selviävät vuodelta 1964 peräisin olevat arviot eri tekijöiden yksikköhinnoista Frangeina.

Ranskassa on arvioitu yhdessä vakuutusyhtiöiden kanssa (Valeur collective) yhteiskunnalle aiheutuneet menetykset ja päädytty taulukossa n:o 1 esitettyihin arvoihin.

Valeur pour l' usager (=arvo käyttäjän kannalta) on huomioimatta, koska kokemus on osoittanut, että tienkäyttäjät erittäin harvoin panee arvoa omalle turvallisuudelleen, tai joka tapauksessa arvostaa turvallisuutensa liian mitättömäksi tehdessään ajon aikana valintojaan ajotavasta.

Tableau n°1  
VALEURS UNITAIRES

	Unité	Valeur pour l'utilisateur (F) (1964)	Valeur collective (F) (1964)
<b>Carburant</b>			
- Essence	litre	0,98	0,35
- Gas-oil		0,67	0,31
<b>Huile</b>	kg	2	2
<b>Pneumatiques</b>	kg	10	10
<b>Temps</b>	kg		
- V.L. (1)	heure	8	8
- P.L. (1)	de véhicule	15	15
<b>Accident corporel</b>			
- 1 tué	-	-	150 000
- 1 blessé	-	-	5 500
- dégats matériels	accident	-	2 500
<b>Bonus autoroute (2)</b>	véhicule-kilomètre	0,03	0,03

(1) V.L. = véhicules motorisés légers (catégories c à f du recensement de la circulation)

P.L. = véhicules motorisés lourds (catégories g à j)

(2) Confort sur autoroute (par rapport à la route ordinaire)

tué = kuollut

blessé = loukkaantunut

dégats matériels = aineelliset vahingot

### Hyödyn määrä turvallisuuden osalta

Laskelmissa huomioidaan ainoana hyötynä ruumiillisten onnettomuuksien lukumäärän pienentäminen, joten puhtaat materiaalimenetykset suljetaan pois laskelmista.

Ruumillisten onnettomuuksien keskimääräinen lukumäärä, ennen parannustyötä, määritellään lähtien vuotuisista tilastoista 5:n vuoden aikajaksolta. Tämän aikajakson pituutta voidaan lyhentää, jos liikenteen tai alueen tila (asumistiheys ym.) muuttuvat huomattavasti. Joka tapauksessa tilaston tulee kattaa useamman perättäisen vuoden ajanjakso.

Määriteltäessä jokapäiväistä käyttöä varten ruumiillisen onnettomuuden "käypää hintaa" käytetään seuraavaa taulukkoa



N:o 3. Ainoastaan täysin erikoisissa olosuhteissa käytetään suoraan taulukossa N:o 1 annettuja yksikköhintoja. Näissä erikoistapauksissa suoritetaan kaksi perättäistä laskentaa, joissa toinen käyttää taulukon N:o 3:n ja toinen taulukon N:o 1:n yksikköhintoja.

Tableau n° 3  
VALEUR D'UN ACCIDENT CORPOREL SUR ROUTE NATIONALE  
(moyenne générale : 26 000 F. en 1962)

	Accidents à un véhicule	Accidents contre piéton	Accidents à 2 véhicules ou plus
Hors agglomération . . . . .	30 000	45 000	30 000
Agglomération de moins de 5.000 habitants.	30 000	30 000	20 000
Agglomérations de plus de 5.000 habitants.	20 000	20 000	16 000

- agglom<sup>r</sup>ération = taajama
- hors agglomération = taajaman ulkopuolella
- habitant = asukas
- piéton = jalankulkija

Laskenta turvallisuuden lisääntymisestä tien parantamisesta johtuen suoritetaan erikseen yksityisille pisteille (liittymät) ja erikseen tiejaksoille.

1. Yksityiset pisteet:

Nämä koskevat lähinnä teiden risteyksiä ja on todettu, että tasoliittymän muuttaminen eritasoiseksi pienentää onnettomuuksien määrää enemmän kuin kolmella neljäsosalla.

2. Tiejaksot:

Tiejakson pituutta ei ole mitenkään rajoitettu johonkin yksikköpituuteen. Ne voivat sisältää tai olla sisältämättä tien erikoiskohtia sekä tien <sup>n</sup>liigauksessa että pituusprofiilissa (vaaralliset mutkat, korkeat mäet).

Tutkittaessa tiejakson onnettomuusherkkyyttä, verrataan

Tableau n° 4

	Taux "normaux" d'accidents corporels hors intersection (tous accidents par million de véhicules-km) (2)
Zones rurales, y compris petites agglomérations . . . . .	0,7
Agglomérations de 5.000 à 40.000 habitants . . . . .	1,6
Agglomérations de plus de 40.000 habitants . . . . .	1

ruumiillisten onnettomuuksien todellista onnettomuusprosenttia (taux d' accidents corporels) taulukossa N:o 4 annettuun normaaliseen onnettomuusmäärään risteysten ulkopuolelle (onnett./milj.ajon.km).

Jos tiejaksoon sisältyy erikoinen piste (tienristeys) on tämän aiheuttamat onnettomuudet poistettava lukumäärästä ja käsiteltävä "yksityisen pisteen" kannattavuuslaskelmalla.

Tiejaksolaskennassa varmistutaan ensiksi, että ero todettujen onnettomuuksien ja "normaalien onnettomuuksien" (taulukko N:o 4) välillä on selvä ja kiistaton (todennäköisyys 90 %, Poisson-laki).

Laskenta jatkuu kannattavuuden puitteissa siten, että parannustyön jälkeen tilanne tulee normaaliksi onnettomuuksiin nähden. Parannustyön suuruuden määrittelee siis yhtenä osatekijänä parannustyön jälkeisessä tilanteessa sallittavien onnettomuuksien lukumäärä.

#### Yhteistoiminta poliisin kanssa

Ranskassa on tapana, että poliisi tekee ilmoituksen tieviranomaisille kaikista tietoonsa tulleista onnettomuuksista. Nämä ilmoitukset ovat sen luonteisia, ettei niitä saa käyttää



oikeusistuimessa todistusaineistona. Poliisi näet kertoo tällöin melko suurin sanoin oman käsityksensä onnettomuuden mahdollisista syistä. Erikoisesti korostetaan niitä kohtia, joissa käsitellään tien geometrista muotoa, pinnan tasaisuutta, liukkautta, näkyvyyttä ym. teknillisiä ominaisuuksia. Ilmoituksessa tosin käsitellään myös muita onnettomuuden mahdollisia syitä kuten ajoneuvon kuntoa, ajo-olosuhteita, ajotapaa ym.

Näitä ilmoituksia pitävät tieviranomaiset itselleen erittäin hyödyllisinä, koska niiden perusteella saadaan viitteitä tulevaisuuden työkohteista.

### Ajotapa

Silmiinpistäväänä piirteenä varsinkin kaupungissa on ajotavan varmuus ja toistenkin ajoneuvojen huomioon ottaminen. Tämä on luonnollinen seuraus liikennevaloista mutta ennen kaikkea ajoneuvojen runsaudesta, joka pakottaa ottamaan huomioon myös muut tiellä tai kadulla liikkujat. Myös jalankulkijat tottelevat erittäin tarkasti liikennevaloja. He tietävät, että on todella hengenvaarallista törmätä ajotielle vasten punaista valoa. Tämän takia poliisit valvovatkin erittäin ankarasti myös jalankulkijoita. Kukaan ei lisäksi yritäkään ylittää katua muualta kuin sallituista paikoista. Liikenteen runsaus täten toiselta puolen rauhoittaa liikennettä.

Normaalisia ruokajuomia Ranskassa ovat olut ja viini. Väkevempien juomien käyttö on suhteellisen vähäistä. Alkoholin vaikutuksesta ajotaitoon puhutaan melko paljon ja mielipiteet menevät huomattavasti ristiin. Kevyet juomat ja lämmin ilmasto poistavat todennäköisesti alkoholin vaikutuksen suhteellisen nopeasti väittävät viinien puoltajat. En ryhdy ratkomaan mikä on Ranskan olosuhteissa paras tapa suhtautua alkoholiin.

Ranskan autoilijat pelkäävät erikoisesti lyhyen talven muutamia liukkaita kelejä. Varsinaista auras- ja muuta talvikunnossapitokalustoa ei maassa vuoristoja lukuunottamatta löydy. Ruuhkia ja kolareita sattuu tällöin erittäin runsaasti osittain liukkaisiin keleihin tottumattomuuden ja osittain nastojen puutteen takia. Myös aika ajoittain sattuvat erittäin rannat sateet vaikuttavat ajotapaan ja onnettomuuksien lukumäärään.

### Tilastotietoutta

Seuraava taulukko osoittaa Ranskassa sattuneet liikenneonnettomuudet vuosina 1954 - 1963.

	kuolleet	loukkaantuneet
1954	7700	162 000
1961	9140	213 604
1962	9928	229 322
1963	10027	240 954

Kuolleiden määrä on laskettu niiden kuolemantapausten perusteella, jotka ovat tapahtuneet kolmen päivän kuluessa onnettomuudesta.

Kaikkien onnettomuuksien (sekä henkilö- että vaunuvahingot) määrä on noin 1.500.000 kappaletta vuodessa ja näiden rahallinen arvo on noin 3 mrd Frangia vuosittain.

Onnettomuuksien syitä tutkittaessa on päädytty seuraavaan prosentuaaliseen tulokseen, jolloin on huomattava että kuhunkin onnettomuuteen on tavallisesti syyn enemmän kuin yksi syy:

kuljettajan syy	95 %
jalankulkijan syy	15 %



kuljettajan voipuneisuus	6 %
jalankulkijan voipuneisuus	2 %
ajoneuvon huono kunto	12 %
tien geometrinen puute	52 %
tien pinnan vetisyys, liukkaus j.n.e.	22 %
epäsuotuisa ilmastollinen tila	15 %
epätyydyttävä valaistus	31 %

Tiemiesten tulee kiinnittää erikoisesti huomionsa tien geometriaan (52 %), tien pintaan (22 %) ja epätyydyttävään valaistukseen (31 %) pyrkiessään alentamaan onnettomuuksia. On todettu, että siirryttäessä moottoritien käyttöön on saavutettu peräti 60 %:n aleneminen onnettomuuksissa ajokilometriä kohti.

Erikoisesti tulee kiinnittää huomio n.k. "Mustiin pisteisiin" (points noirs) joiden parantaminen on pienentänyt jopa 77 % onnettomuuksia ja 85 % kuolleita suhteellisen pienin investoinnein.

Lisäksi on todettu, että kaksipyöräiset ajoneuvot ovat kolme kertaa vaarallisempia kuin nelipyöräiset. Kaikesta edellisestä johtuen on suoritettava eri liikennöintimuotojen erottamista toisistaan.

#### Teiden rakenteista.

Tierakennustoiminnan keskittyessä nykyään pääasiassa moottoriteihin ja niihin liittyvään tiestöön ja koska tällöin liikenne myös yhä voimakkaammin suuntautuu näille valtavyylille, vanha tieverkko kykenee täysin tyydyttävästi palvelemaan sille suuntautuvaa liikennepainetta. Tämän takia ei vanhaa tieverkkoa ollakaan Ranskassa ryhdytty suuremmin parantamaan normaalin kulutuksen aiheuttamaa kunnossapitoa lukuunottamatta.

Suurimmassa osassa maata on roudan syvyys 5-20 cm, joten ei ole ihme, että myös vanhojen teiden säilyminen tasaisina on silmiinpistävä. Yleisluonteeltaan tämä vanha tiestö muodostuu erittäin pitkistä suorista tieosista, jolloin riittävä näkyvyys on taattu ja ohitukset melko turvallisia teiden kapeudesta huolimatta. Vanhat tiet ovat yleensä puurivein reunustettuja ja runkojen osittaista maalaamista valkoiseksi käytetään paljon. Valkoiset rungot auttavat kuulemma ajoa paljon sumun tai voimakkaan sateen ja samanaikaisen pimeyden yllättäessä.

Tasatakseen teollisuutensa toimintaa käyttävät Ranskan tieviranomaiset myös betonia huomattavan paljon päällysteenä (eräs arvio oli noin puolet kokonaismäärästä). Eräänä syynä tähän mainitsivat viranomaiset olevan myös turvallisuuden lisääntymisen pimeäajossa teiden pinnan vaaleuden takia.

Valaistuksen järjestämistä moottoriteiden vilkkaille osille pitävät tieviranomaiset erittäin tärkeänä samoinkuin vastaan tulevien autojen valojen häikäisyn estämiseksi pensasistutuksen järjestämistä keskikaistalle. Autotunneleiden valaistuksen asteittaista säätämistä ulkoilman valoisuuteen nähden sopivaksi katsotaan myös tärkeäksi. On todettu, että päivällä tunnelit on valaistava kirkkaammin kuin yöllä ja että tunnelin sisällä valoisuuden on muututtava niin hitaasti että silmä ennättää tottua muutokseen.

Erikoisesti painostetaan nykyään tien tai ainakin vaarallisten tieosien kunnollista valaisemista, liikennemerkkien näkyvyyttä kaikissa olosuhteissa, mutkittilevilla teillä ohituspaikkojen rakentamista, tien pinnan jatkuvaa tarkkailua sekä kesä- että talviolosuhteissa, vaurioituneiden ajoneuvojen saantia pois ajoradalta ym.

Ranskassa on kokeilumielessä asennettu erääseen pienisä-



teiseen moottoritien kaltevaan siltaan lämmityslaitteet jään poistamiseksi. Miten tämä jään poisto on onnistunut en tiedä enkä myös sitä onko vastaavia konstruktioita myös muualla Ranskassa käytössä. Talven leutous ja lyhyys tekee nämä järjestelyt ehkä mahdollisiksi.

Vilkaasti liikennöidyillä moottoritien osilla on asennettu tien yläpuolelle televisiolaitteita, joilla poliisi voi valvoa liikennettä ja suorittaa täten liikenteen ohjausta ruuhkautumisten estämiseksi. Noin 50 km:n välein on alettu rakentaa moottoriteiden varsille erikoisia valvonta-asemia, joihin on sijoitettu tien hoitoon liittyvän konekeskuksen ja henkilöstön lisäksi myös maantiepoliisin tukikohta. Tähän tukikohtaan saadaan yhteys hätäpuhelimella (n. 2km:n välein tien molemmin puolin) pelkästään nappia painamalla. Hätäpuhelimissa on myös puhemahdollisuus, mutta jollei osaa kieltä niin oikea apu tulee välittömästi paikalle painamalla vain sitä tarvitsemaansa nappia, johon on merkitty joko punaisen ristin, poliisin tai jokoavaimen kuva.

Jalankulkijoiden, lasten tai eri kokoisten eläinten pääsyn estämiseksi moottoriteille rakennetaan aitoja. Näitä on tutkittu paljon ja siksi onkin olemassa kokonainen piirustuskansio eri tarkoituksiin suunniteltuja aitatyyppejä.

Moottoriteiden korjaustöiden saattamiseksi liikentelle turvalliseksi on myös suunniteltu ohjeeksi työvaihesarjoja vastavine väliaikaisine viitoitusohjeineen riippuen siitä, mitä kaistaa tai kaistoja on korjattava. Tämä vaiheittaisuus ja vastava viitoitus katsotaan niin tärkeäksi turvallisuuden kannalta, että täydellinen suunnitelma on hyväksyttävä ministeriössä.

Mehän olemme tottuneet siihen, että parkkeeraus kaupungin kaduilla voi tapahtua vain kadun oikeaan laitaan. Ranskassa näyttää voitavan parkkeerata myös vasempaan laitaan jos siellä

on vapaa paikka. Tällä nähtävästi pyritään estämään mahdollisimman paljon turhaa ajoa, joka vain lisää omalta osaltaan jo ennestäänkin suurta liikenneruuhkaa. Miten turvallista tämä parkkeeraustapa on jääköön omaan arvoonsa, ehkä itse tietävät mitä sallivat. Sivumennen voidaan mainita, että toimistoajan alettua on melkein toivotonta löytää Pariisin keskeisiltä alueilta parkkeerauspaikkaa, jonka takia lienee myös kehitetty n.s. "sininen vyöhyke"-järjestelmä, jonka alueen sisäpuolella on tuulilasiin kiinnitettävä erikoinen kortti, johon kukin merkitsee parkkeerauksen alkuaajan. Kuinka pitkä on tällöin sallittu parkkeerausaika en tullut kysyneeksi.

Lopuksi voidaan vielä mainita, että auton vakuuttaminen on huomattavan monivivahteinen ja salakuoppia kätkevä toimenpide.

Suurkaupungeissa sattuu tuhka tiheään pieniä peltikolareita, joihin poliisit näyttävät suhtautuvan poissaolevan näköisesti, ilmeisesti ei ole halua tehdä kaikista autoilijoista virallisesti rikollisia, vaan annetaan osapuolille mahdollisuus ensin yrittää omatoimista sopimista. Pienien peltikuhmujen merkitykseen ei tosin myös reagoida yhtä suuriäänisesti kuin meillä



Tstoins. Jussi Sauna-aho:

## HAVAINTOJA LIIKENNETURVALLISUUSTYÖSTÄ USA:ssa

### 1. Johdanto

Tässä esityksessä tarkastellaan liikennekuolemien kehitystä USA:ssa ja verrataan niitä kehitykseen Suomessa, eri järjestöjen ja autoteollisuuden tekemää liikenneturvallisuustyötä, työn muotoja, onnettomuuksien tilastointia ja vuoden 1966 tieturvallisuuslakia. Lopuksi esitetään pari esimerkkiä liikennetekniikkaan liittyvistä turvallisuustoimenpiteistä, jotka koskevat nopeusrajoituksia moottoriteillä ja toimenpiteitä sumun aiheuttaman vaaran torjumiseksi. Esitys perustuu kirjoittajan USA:ssa tekemiin havaintoihin, kirjallisuuteen, ja keskusteluihin Taljan edustajien kanssa.

### 2. Liikennekuolemien kehityksestä USA:ssa ja Suomessa

Vuoden 1966 Labor Day:nä, yleisenä vapaapäivänä, 636 ihmistä menetti henkensä liikenneonnettomuuksissa USA:ssa. Samana päivänä loukkaantuneet, mutta myöhemmin vammoihinsa menehtyneet nostivat kuolleiden kokonaismäärän 850:een (1). Tämä luku näyttää monelle teistä suurelta, sillä sehän on lähes yhtä suuri kuin maassamme vuosittain liikenneonnettomuuksissa kuolleiden määrä. Kuitenkin henkilöt, jotka ovat osallistuneet Labor Dayn, joulun tai muun yleisen juhlapäivän viettoon USA:ssa käsittävät nämä luvut helposti. USA:ssa on tapana mennä juhlimaan ravintolaan ynnä muihin paikkoihin omalla autolla ja palata sieltä myös omalla autolla. Kun yleisinä juhlapäivinä suurin osa ihmisistä on "juhlatuulella"

ajelulla, näkyvät seuraukset suurina onnettomuuslukuina.

Huolimatta korkeista hetkellisistä kuolleisuusluvusta on liikenneonnettomuuksissa kuolleiden määrä 10 000 rekisteröityä ajoneuvoa kohti huomattavasti pienempi USA:ssa kuin meillä Suomessa. USA:ssa määrä on vaihdellut 6:n ja 5:n välillä vv. 1955-64, kun taas Suomessa se on ollut 24:n ja 17:n välillä, ks. kuva 1. Samoin kuolleiden määrä 100 milj. ajon. km:ä kohti on USA:ssa huomattavasti pienempi kuin meillä. Luku on noin  $\frac{1}{4}$  meidän vastaavasta luvusta, ks. kuva 2. Kun autotiheys on USA:ssa noin kaksi kertaa meidän autotiheytemme on liikenneonnettomuuksissa kuolleiden määrä 100 000 henkeä kohti suurempi USA:ssa kuin meillä, tosin meidän vastaava luku on lähestynyt viime vuosina USA:n lukua kuten kuva 1 osoittaa (2, 3).

Näyttää siis siltä, että kuolleiden lukumäärä ajoneuvo-km:ä tai ajoneuvoa kohti, samoin kuin onnettomuusaste yleensä on pienempi USA:ssa kuin meillä Suomessa. Syyt tähän ovat ilmeisesti löydettävissä paremmista tieolosuhteista ja liikennekulttuurista ja ehkä ajoneuvojen ominaisuuksistakin.

### 3. Eri järjestöjen ja autoteollisuuden tekemä liikenneturvallisuuksuustyö<sup>x)</sup>

Liikenneturvallisuuksuustyötä tekevästä järjestöistä voidaan mainita National Safety Council (NSC), American Automobile Association (AAA) ja vakuutusyhtiöt.

National Safety Council on luonteeltaan konsultoiva keskusjärjestö. Se antaa ohjeita paikallisille safety-councilleille, muttei voi pakottaa niitä toimimaan yhtenäisten periaatteiden mukaan. National Safety Council on keskittynyt lähinnä tilastointiin, jota käytetään hyväksi valistustyössä. National

<sup>x)</sup> Perustuu kirjoittajan havaintoihin USA:ssa, sekä keskusteluihin Taljan edustajien kanssa.



Safety Council on autoteollisuuden rahoittama, mikä on rajoittanut sen toimintaa autoteollisuuteen kohdistuvassa turvallisuustyössä.

NSC:n valistustoiminta käsittää liikenneturvallisuuteen liittyviä tv- ja radio-ohjelmien laadintaa sekä koulutustoimintaa. Tv-ohjelmat ovat yleensä yksityisten rahoittamia (öljy-yhtiöt) ja ne tavoittavat usein suuria katselijamääriä. Paikalliset radioasemat ovat velvollisia lähettämään NSC:n liikenne-radio-ohjelmia, mutta lähetysajat saattavat sattua sopimattomiin aikoihin, joten monikaan autoilija ei voi kuunnella niitä. Koulutustoimintaan liittyy ryhmäopetusta esim. teollisuuslaitoksissa. Opetus on teollisuuslaitosten rahoittama ja hyvin organisoitua ja siten erittäin tehokasta.

Yhteenvedona NSC:n toiminnasta voidaan sanoa kuitenkin, että keskitys on vähäistä ja toiminta on hajanaista.

American Automobile Association on keskittynyt lähinnä autoihin ja jalankulkijoihin kohdistuvaan turvallisuustyöhön.

Työ jakautuu kolmeen ryhmään:

- valistustyö
- jalankulkijoita varten tapahtuvaa suunnittelua kaupungeille
- koulupartioiminta.

AAA:n opetusohjelmat eroavat NSC:n opetusohjelmista, mikä kuvastaa keskityksen puutetta.

NSC:n, AAA:n ja vakuutusyhtiöiden liikenneturvallisuustyön lisäksi tehdään paljon vapaaehtoista työtä paikallisella tasolla.

Autoteollisuuden tekemä turvallisuustyö ilmenee kolmessa muodossa:

- autoteollisuus rahoittaa autoteollisuuden ulkopuolella tapahtuvaa turvallisuustyötä ja -tutkimusta
- autoteollisuus hankkii ilmaista opetusmateriaalia kouluille
- autoteollisuus suorittaa tutkimuksia omilla turvallisuusosastoillaan.

Autoteollisuuden lahjoittama opetusmateriaali kouluille käsittää autoja, filmejä, rainoja ja muuta opetusmateriaalia. Esimerkiksi v. 1966 saivat koulut n. 6 000 autoa yksiomaan Ford yhtymältä, joten autoteollisuuden avustustoiminta kouluille on huomattavaa.

Autoteollisuuden suorittama turvallisuustutkimus käsittää kuljettajain kolarialttius- sekä kuljettajainvalintamenetelmätutkimuksia sekä itse autoon kohdistuvia tutkimuksia. Koskien autoon kohdistuvia tutkimuksia on ilmeistä, että autovalmistajat tietävät hyvin kuinka tehdään turvallinen auto. Mutta turvalliset autot tulevat maksamaan paljon ja lisäksi turvallisuus ei näytä olevan myyntivaltti autoalalla. Eräs autoyhtiö kärsi huomattavan takaiskun muutama vuosi sitten käyttäessään turvallisuutta menekinedistämiskeinona. Näin ollen autoteollisuus ei ole kiinnittänyt vakavaa huomiota autojen turvallisuuteen. Vasta viime vuosina on autoteollisuus lainsäädännön pakottamana ryhtynyt valmistamaan autoihin turvalaitteita. Vaikka näistä laitteista kohutaan paljon, lisäävät ne turvallisuutta suhteellisen vähän. Koska aikaisemmassa yhteydessä on näytetty autoteollisuuden tutkimustyöstä (kolarikokeista) filmi ei tässä yhteydessä tarvinne kokeista puhua enempää.



#### 4. Liikenneturvallisuustyön muodot

Tässä yhteydessä mainitaan liikenneturvallisuustyöstä:  
liikenneturvallisuuskampanjat  
liikenneopetus  
valvonta  
liikenneturvallisuustutkimukset.

Liikenneturvallisuuskampanjoissa käytetään hyväksi pääasiassa televisiota, radioa ja lehdistöä. Ollaan selvillä suurin piirtein kuinka kampanja saavuttaa yleisön, mutta kampanjain vaikutukset itse turvallisuuteen ovat toistaiseksi epäselviä.

Esimerkkinä mainittakoon turvavöiden mainostuskampanja televisiossa. Vuonna 1960 oli USA:ssa vähemmän kuin 2 milj. turvavyötä autoissa. Saman vuoden Labor Dayn viikonloppuna eräs televisioyhtiö valmisti filmin liikenneonnettomuuksista eri puolilla USA:ta. Tämän filmin, jonka nimi vapaasti käännettynä oli "Suuri lomateurastus", esittäminen aiheutti valtavien turvavöiden kysynnän ja v. 1965 oli jo 30 milj. h-autossa turvavyöt. Vuoden 1966 puolivälissä oli turvavyöt yli puolessa kaikista autoista. Ja vuoden 1966 automalleihin on mahdollista kiinnittää turvavyöt myös takaistuimiin (4).

##### 4.1 Liikenneopetus ja ajokortti

Tutkimukset ovat osoittaneet, että autoilijain kasvatus- ja valistustyöllä on huomattavia mahdollisuuksia onnettomuuksien vähentämiseksi. Tämä pätee lähinnä nuoriin autoilijoihin. Onnettomuustilastot USA:ssa osoittavat, että nuorten autoilijain (alle 24 v) onnettomuusaste on huomattavasti korkeampi

kuin muissa ryhmissä. Tämän vuoksi on alettu antaa ajo-  
o p e t u s t a o p p i k o u l u i s s a I luokalta alkaen.  
Opetus vaihtelee osavalttiosta toiseen siirryttäessä. Kun kaikki  
nuoret eivät kuitenkaan tule osallisiksi oppikoulun ajo-opetuk-  
sesta, on toimintaa laajennettu. On perustettu kouluja, joissa  
halukkaat autoilijat voivat parantaa ajotaitoaan ja kohentaa  
tietämystään liikenteestä. Nämä koulut jakautuvat kolmeen ryh-  
mään.

- Poliisin turvallisuusjaostojen pitämät koulut, joissa  
liikenne rikkomuksia tehneiden henkilöiden täytyy paran-  
taa ajotaitoaan, ja joissa lisäksi kuka tahansa voi va-  
paaehtoisesti parantaa ajotaitoaan.
- Kaupunkien ja kuntain pitämät koulut, joissa vapaaeh-  
toisesti saa opetusta erikoisolosuhteita, kuten moot-  
toritiellä ja vaikeissa sääolosuhteissa ajamista var-  
ten.
- Amerikan Autojärjestön paikallisosastojen järjestämät  
erikoisseminaarit, joissa annetaan opetusta moottori-  
tiellä ajamista varten.

On siis syytä huomata, että moottoritiellä ajaminen, var-  
sinkin kun liikennemäärät ovat suuret, vaatii erikoista taitoa.  
Taito hankitaan parhaiten käymällä moottoritiellä ajamiseen  
tarkoitettu erikoiskurssi.

Autoilijain kasvatus- ja valistustyöllä on saatu lupaavia  
tuloksia: Onnettomuudet vähenevät - on arvioitu, että v:sta  
1936 lähtien on autoilijain kasvatus- ja valistustyö ehkäissyt  
USA:ssa n. 11 000 kuolemantapausta ja 380 000 loukkaantumista  
liikenteessä. Onnettomuuksien väheneminen aiheuttaa huomatta-  
via taloudellisia säästöjä, kasvatus- ja valistustyö kehittää



autoilijoista parempia kansalaisia ja autoilijat, jotka ovat käyneet täydellisen ajokoulun oppikoulussa saavat yleensä 10 - 15 % alennuksen vakuutusmaksuista (5).

Ajokortti: Vaatimukset ajokortin saantia varten ovat periaatteessa samat kuin meillä. Vaatimukset eliminoivat sopimattomat henkilöt pois liikenteestä ja ehkäisevät siten onnettomuuksien syntyä.

Ikäraja on yleensä 16 v. Ajokorttia eivät saa henkisesti tai ruumillisesti sopimattomat, huumausainetta säännöllisesti nauttivat tai alkoholistit eivätkä myöskään henkilöt, joilla on "huono" menneisyys. Tutkinto vaaditaan uusilta autoilijoilta. Tutkintovaatimukseen sisältyy liikennemerkit, tieliikennelaki, ajotaito sekä psykofyysiset testit. Henkilöt, jotka eivät täytä kaikkia vaatimuksia saavat ajokortin rajoitetuin ajo-oikeuksin.

Ajokortin menetys tapahtuu luonnollisesti pahojen liikenne rikkomusten seurauksena tai kun henkilö tulee kykenemättömäksi hallit<sup>semaan</sup> autoa liikenteessä. Eräissä valtioissa on menettely, jonka mukaan liikenne rikkeistä saa virhepisteitä. Kun virhepisteiden summa ylittää tietyn rajan seuraa ajokortin menetys. Tämä on erittäin tehokas menettely eräiden asiantuntijoiden mielestä. Nykyisin vielä vallitseva epäkohta, että ajokortin menettänyt voi hankkia uuden toisessa osavaltiossa, on poistumassa, sillä ollaan pyrkimässä keskusrekisteriin, joka estää ajokortin saannin, jos henkilö on menettänyt sen alkoholin takia (6).

#### 4.2 Valvonta

Lyhyesti sanottuna valvonta tuntuu meidän mittapuumme mu-

kaan kovaotteiselta ja tehokkaalta. Liikennepoliisin toiminta on suoraviivaista. Minkäänlaiset selittelyt eivät auta, jos on tehnyt rikkomuksen. Highway-patrollit tuntuvat lukuisilta. Autojen halpuuden ja ihmistyövoiman kalleuden takia on usein vain yksi mies autoa kohti. Siellä täällä sovelletaan ns. a v o i n t a v a l v o n t a a. Tien reunaan on merkitty "Tämä tie on tutkavartioitu", mutta aina ei tutkaa kuitenkaan ole tien reunassa.

#### 4.3 Liikenneturvallisuustutkimukset

Turvallisuustutkimuksia suorittavat autoteollisuus, yliopistot ja liikennesuunnittelua suorittavat elimet. Tutkimusten rahoituksesta huolehtivat lähinnä autoteollisuus, öljy-yhtiöt ja erilaiset säätiöt. Tutkimustyötä luonnehtii keski-tyksen ja jatkuvuuden puute. Tutkimuksia on suoritettu paljon ja varoja on käytetty runsaasti, mutta tulokset ovat heikkoja. Yliopistot suorittavat tutkimuksia tietämättä mitä on aikaisemmin tehty tai mitä parast'aikaa tehdään muissa yliopistoissa. On ilmeistä, että liikenneturvallisuustutkimus yhtenäistyy ja tehostuu USA:ssa lähiaikoina, sillä vuoden 1966 Tieturvallisuuslaki vaatii osavaltioita kehittämään perusteellisia tieturvallisuusohjelmia yhtenäisten standardien pohjalta. Ennenkuin tarkastellaan lyhyesti vuoden 1966 Tieturvallisuuslakia esitetään muutamia piirteitä onnettomuustietojen tilastoinnista.

#### 5. Onnettomuustietojen tilastointi

National Safety Council's Committee on Uniform Traffic Accident Statistics valmisti v. 1962 käsikirjan onnettomuus-



tietojen yhtenäistä tilastointia varten (The Manual on Classification of Motor Vehicle Traffic Accidents). Sama komitea on valmistellut vakiolomakkeet ja yhteenvetolomakkeet onnettomuuksia varten sekä kehitellyt määritelmiä turvallisuustyön käsitteistä. Näitä lomakkeita on pyritty soveltamaan tilastointityössä. Kuitenkin on havittu, että lomakkeet ja käsikirjan antamat ohjeet kaipaavat eräitä parannuksia. Niinpä National Safety Council muodosti kesällä 1965 Traffic Accident Data Project'in edelleen kehittämään onnettomuustilastointia. Projektin pääasiallinen tarkoitus on parantaa onnettomuustilastointisysteemiä kehittämällä yhtenäiset, kaikkia osavaltioita koskevat standardit ja menettelytavat. Lisäksi projektiin kuuluu uusien menetelmien kehittäminen tutkimus- ja koetoimintaa varten. Tietääkseni eräs uusi idea on po. projektin kehittämä kahden tason raportointimenetelmäluonnos. Menetelmä on lyhyesti sanottuna seuraava: Mitään onnettomuutta ei raportoida täydellisesti yksityiskohtia myöten. Onnettomuudesta kerätään kahdenlaisia tietoja:

- perustiedot (basic level) jokaisesta onnettomuudesta
- täydentävät tiedot (supplementary level) otantamenetelmää käyttäen.

Perustiedot käsittävät minimi-informaation kaikista onnettomuuksista, jotka lain mukaan tulee raportoida. Perustietoja käytetään raportin laatimiseen tietystä onnettomuudesta, onnettomuusryhmästä sekä joukkotilastointiin ja erillisanalysointiin. Perustiedot sisältävään raporttiin kuuluu mm. kuljettajan, ajoneuvon, kuolleiden ja loukkaantuneiden identifiointi.

Täydentävät tiedot käsittävät yksityiskohtaista informaatiota henkilöistä (kuljettajasta jne.), ajoneuvosta ja varus-

teista sekä tieolosuhteista. Täydentäviä tietoja käytetään joukkotilastointiin ja erillisanalysointiin.

Näin ollen yhdestä onnettomuudesta kerätään perustiedot ja täydentävät tiedot henkilöistä, toisesta onnettomuudesta kerätään perustiedot ja täydentävät tiedot ajoneuvoista ja varusteista, kolmannesta perustiedot ja täydentävät tiedot tieolosuhteista jne. Kun tarpeeksi paljon onnettomuuksia on tällä tavalla raportoitu voidaan tilastollisin keinoin selvittää onnettomuuksiin vaikuttavat eri tekijät.

Tämä kahden tason raportointimenetelmä vaatii hyvää koordinaointia ja yhteistyötä eri alueiden kesken. Ilman koordinaointia saatetaan kaikilla alueilla kerätä täydentäviä tietoja esim. vain tieolosuhteista muiden lisätietojen jäätyä keräämättä. Kuva 3 esittää Traffic Accident Data Projectin suunnittelemaa raporttikaavaketta, johon liittyy täydentävä raportti ajoneuvovaurioita varten (7).

Eräänä yksityiskohtana onnettomuustietojen keruusta USA:ssa mainittakoon x - y koordinaatiston kokeilu onnettomuuksien paikantamisessa. Kokeilu näyttää lupaavalta.

## 6. Vuoden 1966 Tieturvallisuuslaki

Syyskuussa 1966 annettu Tieturvallisuuslaki (Highway Safety Act of 1966) velvoittaa kaikki osavaltiot tieturvallisuusohjelmien laadintaan yhtenäisten standardien perusteella (8). Laki velvoittaa kulkulaitossihteeriä (Secretary of Transportation) ryhtymään tieturvallisuustutkimuksiin ja tieturvallisuuden kehittämiseen. Lisäksi lain tuloksena syntyi neuvoa antava komitea tutkimaan tieliikenneturvallisuutta (National Highway Safety Advisory Committee). Seuraavassa



kiinnitetään huomiota vain tieturvallisuusohjelmien laadintaa varten luotuihin yhtenäisiin standardeihin.

Standardit julkaistiin kesäkuussa 1967 (9). Standardeja on yhteensä 13 alkaen kausittaisesta moottoriajoneuvojen tarkastuksesta ja päätyen liikenteenohjaimiin. Muutamasta standardista esitetään eräitä näkökohtia.

Jokaisella osavaltiolla tulee olla ohjelma kausittaista kaikkien rekisteröityjen ajoneuvojen tarkastamista varten. Kauden pituus on yksi vuosi, mutta siitä on mahdollisuus poiketa.

Jokaisella osavaltiolla tulee olla moottoriajoneuvojen rekisteröintiohjelma ja rekisteröintisysteemi, joka takaa nopean tietojen saannin ajoneuvosta, kuljettajasta ja näiden tietojen käytön onnettomuustutkimuksissa ja turvallisuusohjelmien kehittämisessä.

Jokaisella osavaltiolla tulee olla ohjelma sellaisten kohteiden paikantamiseksi ja valvomiseksi, joissa sattuu usein onnettomuuksia.

Maantiet ja kadut tulee ylläpitää liikenneturvallisuutta edistävässä kunnossa. Taajama-alueiden moottoritiet ja tärkeät liikenneväylät, tärkeät liittymät sekä paikat, joissa sattuu paljon onnettomuuksia tulisi valaista.

Jokaisella osavaltiolla yhteistyössä kreivikuntien ja kuntain kanssa, tulee olla koko maata käsittäviin standardeihin perustuva ohjelma liikenneohjaimia (liikennemerkkejä, liikennevaloja, ajoratamerkintöjä jne) varten.

## 7. Esimerkkejä liikennetekniikkaan liittyvästä turvallisuustyöstä

Esitetyt kaksi esimerkkiä koskevat nopeusrajoituksia

moottoriteillä ja turvallisuustoimenpiteitä sumua varten.

### 7.1 Nopeusrajoitukset moottoriteillä

Euroopassa ovat nopeusrajoitukset harvinaisia moottoriteillä. USA:ssa sovelletaan nopeusrajoituksia kaikkiin moottoriteihin. Osavaltioiden lainsäädäntöviranomaiset päättävät yleensä nopeusrajoituksista.

Eräät nopeusrajoitukset ovat ehdottomia maximirajoituksia, joiden ylittäminen on laitonta, toiset taas ovat ns. prima-facie-rajoituksia, jotka osoittavat vain sen nopeuden, mikä on turvallinen lähes kaikissa olosuhteissa. Autoilija saa ylittää prima-facie-rajoituksen, jos hän haluaa ottaa riskin ja todistusvelvollisuuden siitä, että olosuhteet olivat suotuisat sallimaan korkeamman nopeuden. Prima-facie-rajoituksia käytetään useissa osavaltioissa. Moottoriteillä sovelletaan nopeusrajoitukseen sekä ylä- että alarajaa. Osittaisena perusteena nopeusrajojen säätämiseen voidaan pitää tutkimustuloksia, jotka osoittavat, että onnettomuusalttiusaste kasvaa erittäin jyrkästi, kun nopeus laskee alle 40 mailia/h (64 km/h) ja alkaa nousta myös, kun nopeus ylittää 75 mailia/h (120 km/h), ks. kuva 4. Lisäksi on todettu, että loukkaantuneiden lukumäärä 100 onnettomuuteen joutunutta autoa kohti kasvaa jyrkästi, kun nopeus ylittää 50 mailia/h (80 km/h), ks. kuva 5 (10). Kun nämä kaksi tulosta yhdistetään todetaan, että loukkaantumisalttius on pienimmillään nopeuksien 40 ja 70 mailia/h (64 ja 113 km/h) välillä, ks. kuva 6. Nopeusrajoituksen yläraja onkin usein 70 mailia/h ja mikäli alarajaa sovelletaan se on usein 40 mailia/h (64 km/h).



## 7.2 Turvallisuustoimenpiteet sumua varten

Vaihtelevat ilmasto- ja maasto-olosuhteet aiheuttavat äkillistä sumun muodostumista eräin paikoin USA:ssa. Liikennemäärien ollessa suuria saattavat seuraukset sumusta olla vakavia. Ei aiheudu vain viivästyksiä alhaisen liikenteen nopeuden takia, vaan syntyy myös pahoja ketjukolareita. Onnettomuuksien estämiseen on pyritty seuraavin toimenpitein (11):

liikennemerkkein  
ajoratamerkein  
poliisipartiotoimintaa tehostaen  
yleisön informointia hyväksikäyttäen.

Ensimmäisen ryhmän, nimittäin liikennemerkkien vaikutusta on tutkittu ja todettu, että järkeväntuntuiset nopeusrajoitukset pienentävät nopeutta ja vähentävät siten onnettomuusvaaraa sumupaikoilla. Lisäksi nopeusrajoitusten ansiosta lyhyiden aikavälien määrä vähenee, mikä pienentää myös onnettomuusvaaraa.

Muut ryhmät ovat tutkimusasteella. Toimenpiteiden vaikutuksista tehdyt olettamukset, joita tutkitaan, ovat seuraavat:

Ajoratamerkinnät

- ajoradan reunaviiva vähentää tieltä-pois-onnettomuuksia
- erkanemisramppien etumerkinnät (pitkänomainen V) vähentää onnettomuuksia
- kohotetut kaistaviivat erottuvat helpommin sumussa ja ehkäisevät onnettomuuksia
- induktioradion käyttö, joka ilmaisee autoilijan lähestyvän sumualueetta ehkäisee onnettomuuksia.

#### Poliisitoiminnan tehostaminen

- tehostettu partiointi vaikuttaa onnettomuuksia vähentävästi
- violettia valomerkkiä näyttävä pysäköity poliisiauto vaikuttaa onnettomuuksia vähentävästi
- violettia valomerkkiä näyttävien poliisiautojen partiointin tehostaminen ehkäisee onnettomuuksia.

#### Yleisön informointi

- paikallisen radioaseman lähettämät tiedonannot autoilijoille (Esim. "Tämä on sumuvaroitus. Käyttäkää valoja, pienentäkää nopeutta ja pelastakaa henkenne".) vähentävät onnettomuusvaaraa.

### 8. Yhteenveto

Onnettomuusaste USA:ssa ei ole kovin korkea, mutta suuret liikennemäärät nostavat onnettomuuksien absoluuttisen määrän suureksi. USA:ssa tehdään paljon työtä liikenneturvallisuuden hyväksi. Työtä tekevät erilaiset järjestöt (National Safety Council, American Automobile Association ja vakuutusyhtiöt), vapaaehtoiset ja tieviranomaiset. Liikenneturvallisuustyö kokonaisuutena ottaen on vaikuttanut onnettomuusasteen pienenemiseen huomattavasti. Kuitenkin tuntuu siltä, että oltaisiin päästy vieläkin parempaan tulokseen, jos turvallisuustyö olisi koordinoitu tehokkaammin. Lukumattomia tutkimuksia on tehty päällekkäisinä. Myös erillisiä tutkimuksia on runsaasti, mutta niiden käyttö laajempien johtopäätösten tekoon on vaikea tutkimuksissa vallinneen koordinoinnin puutteen takia. Tulevaisuudelta voitaneen toivoa kuitenkin parempaa. Vuoden 1966 Tieturvallisuuslaki tehostanee huomattavasti



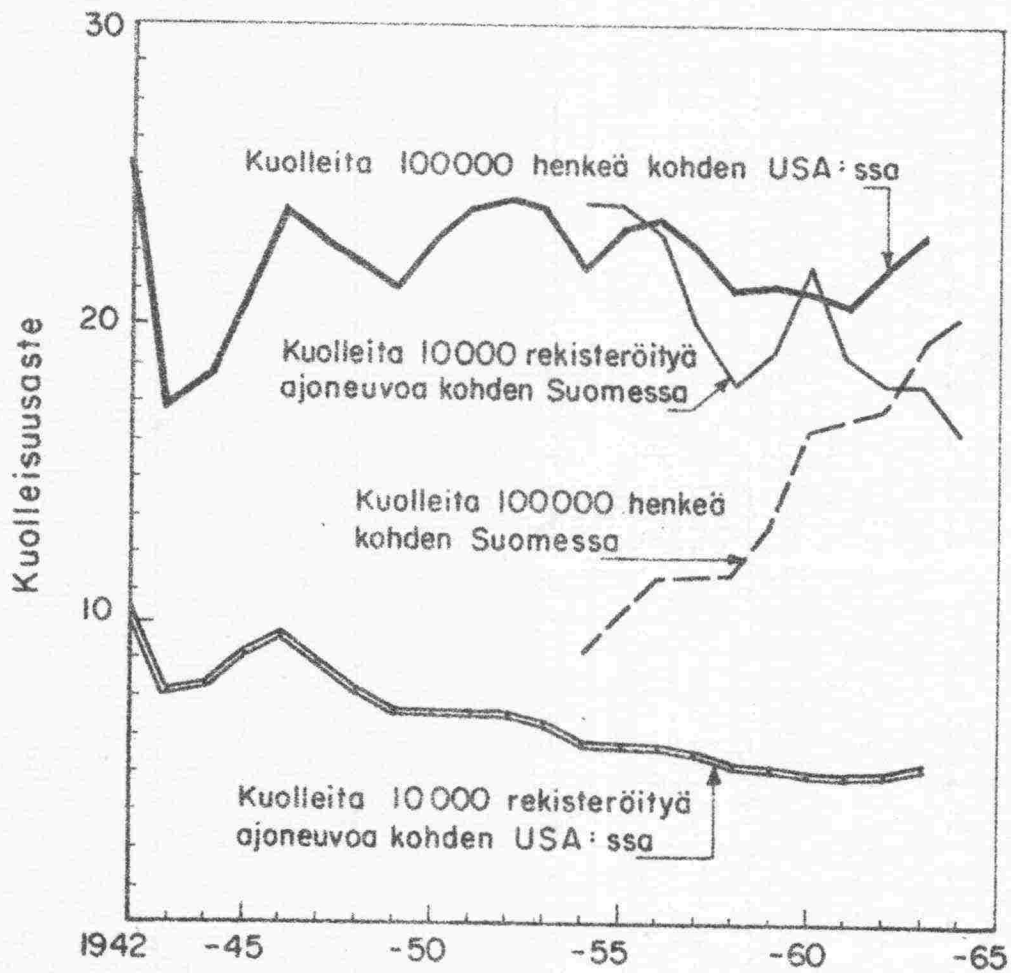
liikenneturvallisuustyön koordinoitua, taanue turvallisuu-  
tutkimusten jatkuuuden ja siten edistää liikenneturvallisuu-  
ta koko maassa.

Lähdeluettelo

1. "Traffic Accident Facts, 1967 Edition", Traffic Safety, A National Safety Council Publication, August 1967, ss. 15-18.
2. J.E. Baerwald (editor), Traffic Engineering Handbook, Washington, D.C. Third Edition 1965 ss. 235-38.
3. Suomen Tieyhdistys: Auto ja Tie 1965, s. 55.
4. "Nation's Driving Community Buckling Down With Safety Belts", Traffic Engineering, Vol. 35, August 1965, No 11, ss. 11 ja 40.
5. C. Sielsky, "The Problem of the Young Driver", 1966 International Road Safety Congress, Theme 5.
6. J.E. Baerwald, op. cit. ss. 70-75.
7. Ch.S. Michalski, "The Accident Data Project" Traffic Engineering Vol. 37. March 1967, No 6. ss. 18-23.
8. "Highway Safety Act of 1966", Public Law 89-564, 89th Congress, S. 3052. September 9.1966, United States, Washington.
9. "Federal Government Issue Standards for State Programs" Traffic Safety, A National Safety Council Publication, August 1967, ss. 8-10,
10. Ch.W. Prisk, "Accident Rates on Motorways", International Road Safety and Traffic Review Vol. XV, Spring 1967, No 2, s. 29.
11. J.E. Wilson, "California's Reduced Visibility Study Helps Cut Down Traffic Accidents when Fog Hits Area", Traffic Engineering Vol.35, August 1965, No11, ss.12-14. 44-51 ja 53-55.

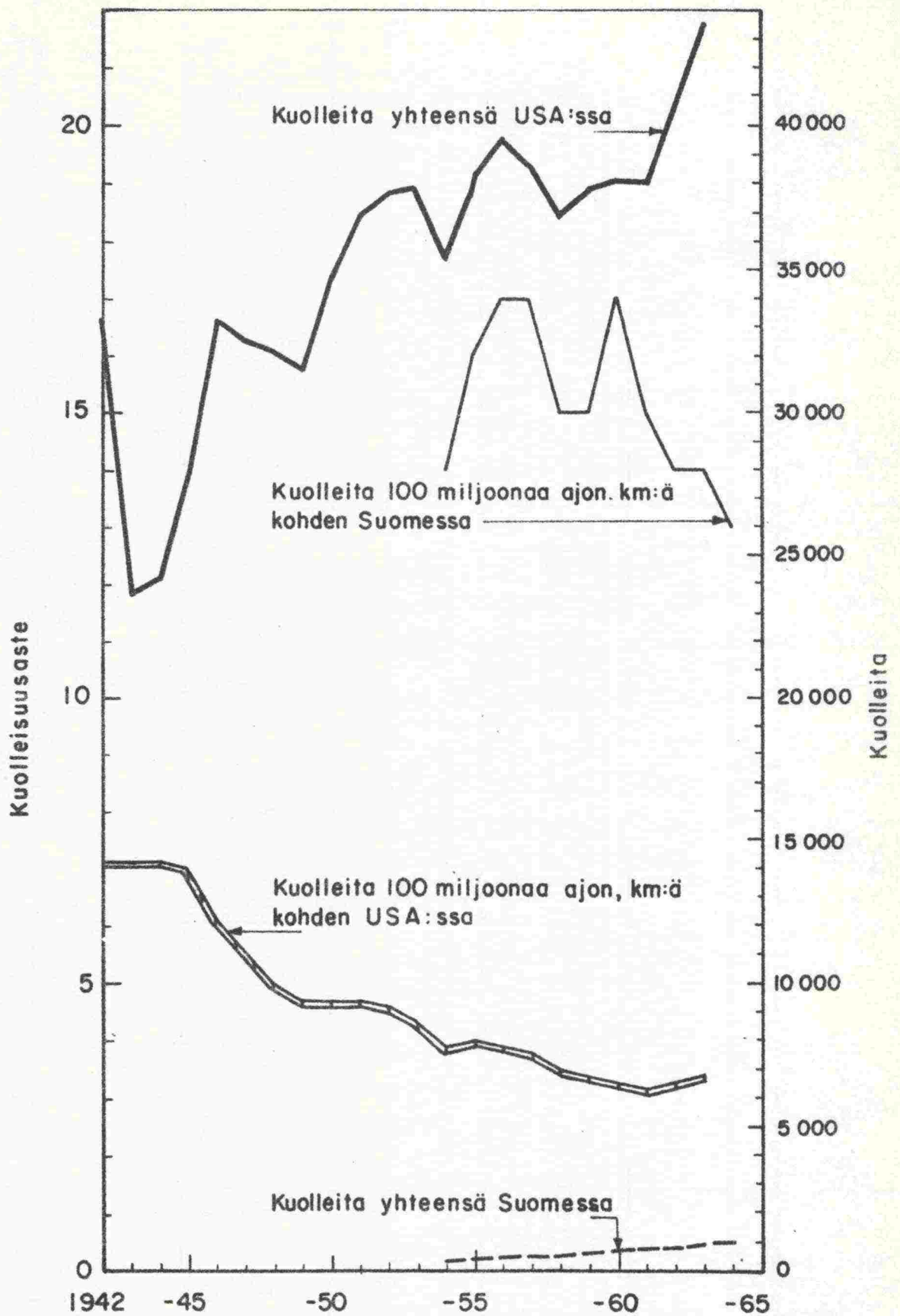
Kirjoittajalla oli lisäksi tilaisuus haastatella TALJAn edustajia toiminn.joht. A.Linnoilaa sekä myyntipäällikkö Lehtosta, joille kirjoittaja on suuresti kiitollinen.





Kuva 1. Kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien kehitys väestöön ja autokantaan nähden USA:ssa ja Suomessa

Lähde: J.E. Baerwald, Traffic Engineering Handbook, 1965, ss. 236-38 ja Auto ja Tie, 1965 s. 55.



Kuva 2. Onnettomuksissa kuolleiden määrän ja onnettomuusasteen kehitys USA:ssa ja Suomessa.

Lähde: J.E.Baerwald, Traffic Engineering Handbook, 1965, ss.236-38, ja Auto ja Tie, 1965, s.55.



**TRAFFIC ACCIDENT REPORT**

OFFICIAL CASE NO. \_\_\_\_\_

REPORT ..... OF ..... REPORT(S)

**PERSONS INJURED**

DATE OF ACCIDENT 19 _____	TIME <input type="checkbox"/> A.M. <input type="checkbox"/> P.M.	CITY OR COUNTY
OCCURRED ON (Highway No. or Name)		
AT INTERSECTION OF (Highway No. or Name)		
IF NOT AT INTERSECTION <input type="checkbox"/> FEET <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> W OF _____ (Intersecting highway, highway structure, house no., or landmark) MILEPOST _____		

VEH. NO. 1	DRIVER'S FULL NAME	SEX	VEH. NO. 2	DRIVER'S FULL NAME	SEX
DRIVER'S ADDRESS	DRIVER'S ADDRESS		DRIVER'S ADDRESS	DRIVER'S ADDRESS	
DRIVER LICENSE NO.	STATE TYPE DATE OF BIRTH		DRIVER LICENSE NO.	STATE TYPE DATE OF BIRTH	
VEHICLE MAKE	YEAR BODY STYLE		VEHICLE MAKE	YEAR BODY STYLE	
LICENSE PLATE NO.	STATE YEAR EXTENT OF DAMAGE IS VEHICLE OPERABLE? YES <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		LICENSE PLATE NO.	STATE YEAR EXTENT OF DAMAGE IS VEHICLE OPERABLE? YES <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
OWNER'S NAME			OWNER'S NAME		
OWNER'S ADDRESS			OWNER'S ADDRESS		
DISPOSITION OF VEHICLE			DISPOSITION OF VEHICLE		

1. NAME OF INJURED	SEX	AGE	ADDRESS	INDUSTRY CODE
DISPOSITION				VEH. NO. <input type="checkbox"/> Pedestrian <input type="checkbox"/> Bicyclist
2. NAME OF INJURED	SEX	AGE	ADDRESS	INDUSTRY CODE
DISPOSITION				VEH. NO. <input type="checkbox"/> Pedestrian <input type="checkbox"/> Bicyclist
3. NAME OF INJURED	SEX	AGE	ADDRESS	INDUSTRY CODE
DISPOSITION				VEH. NO. <input type="checkbox"/> Pedestrian <input type="checkbox"/> Bicyclist
4. NAME OF INJURED	SEX	AGE	ADDRESS	INDUSTRY CODE
DISPOSITION				VEH. NO. <input type="checkbox"/> Pedestrian <input type="checkbox"/> Bicyclist
5. NAME OF INJURED	SEX	AGE	ADDRESS	INDUSTRY CODE
DISPOSITION				VEH. NO. <input type="checkbox"/> Pedestrian <input type="checkbox"/> Bicyclist

**SUPPLEMENTARY REPORT**

DAMAGE TO VEHICLES  
(Indicate degree of damage to parts of vehicle by symbol)

		Reserved for other passenger car body style
Veh. No. _____	Veh. No. _____	Veh. No. _____
Gross wt. _____ Axles _____	Gross wt. _____ Axles _____	Model No. _____
Overall length _____	Overall length _____	Seated capacity _____
Veh. No. _____	Veh. No. _____	Pass. Seated _____ Pass. Standing _____
		Veh. No. _____

**Description & Diagram of Accident**

NORTH

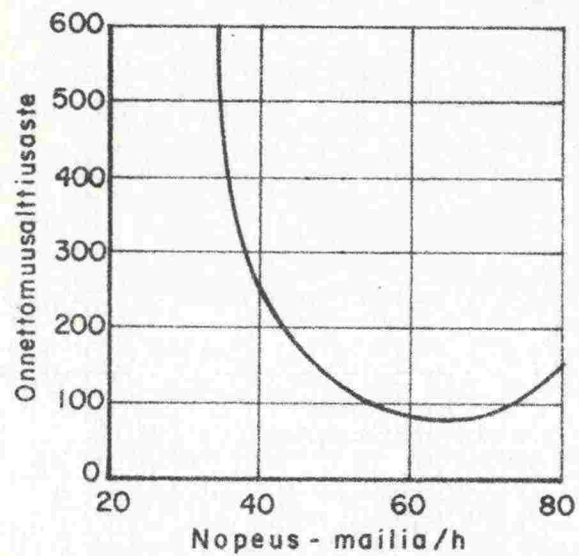
WITNESSES

NAME \_\_\_\_\_ ADDRESS \_\_\_\_\_

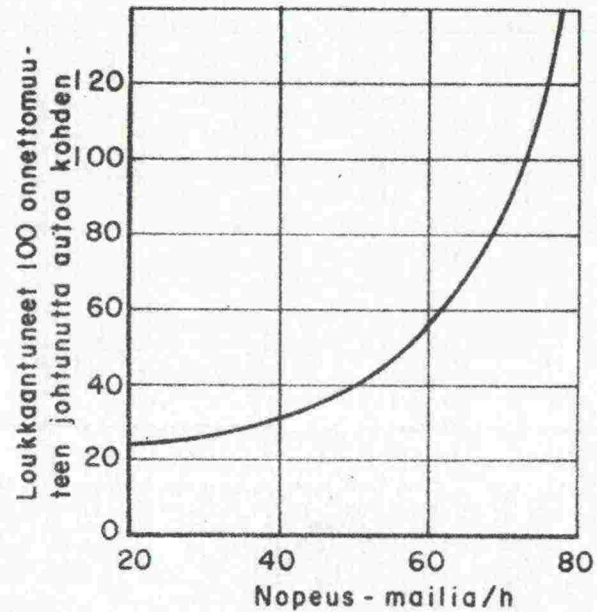
NAME \_\_\_\_\_ ADDRESS \_\_\_\_\_

WEATHER \_\_\_\_\_ ROAD SURFACE CONDITION \_\_\_\_\_ LIGHT CONDITION \_\_\_\_\_ ADMINISTRATIVE ITEMS (Arrests, etc.) \_\_\_\_\_

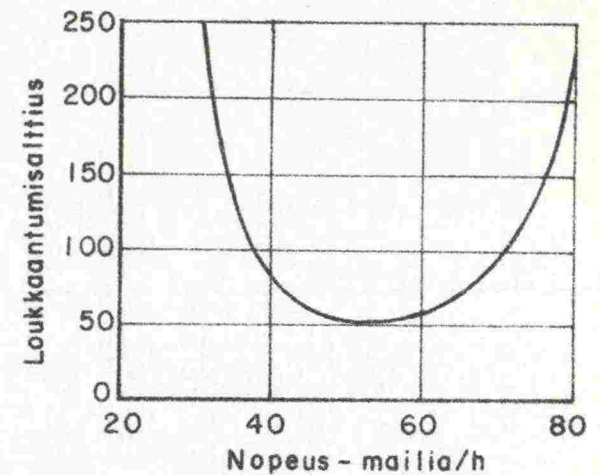
REPORTING OFFICER \_\_\_\_\_



Kuva 4. Onnettomuusalttiusasteen riippuvuus nopeudesta - päivääika.



Kuva 5. Loukkaantuneiden henkilöiden lukumäärä 100 onnettomuuteen johtunutta autoa kohden nopeuden funktiona - päivääika.



Kuva 6. Loukkaantumisalttiisuuden riippuvuus nopeudesta.



Dipl.ins. Timo Eränne:

Taloustutkija Veikko Salovaara:

## LIIKENNEONNETTOMUUSTIHEYDEN RIIPPUVUUS TIETEKIJÖISTÄ

### 1. Johdanto

Liikenteen kasvaessa yhä vain lisääntyvät liikenneonnettomuudet muodostavat koko yhteiskuntaa koskevan vakavan ongelman. Onnettomuuksien syitä pohtivan keskustelun yhteydessä esitetään usein kysymys siitä, missä määrin on mahdollista erilaisten teiden teknillisiä ominaisuuksia koskevien parannusten ja järjestelyjen avulla vaikuttaa onnettomuuksia vähentävästi. Näin muotoiltuna liikenneonnettomuuskyseminen koskettaa läheisesti nimenomaan teiden suunnittelusta, rakentamisesta ja kunnossapidosta vastuussa olevaa tie- ja vesirakennuslaitosta.

Ennenkuin tähän kysymykseen voidaan perustellusti vastata, tarvitaan luonnollisesti tutkimustyötä. Tämän oivaltaen on tvh:ssa pyritty kehittämään sekä tutkimusorganisaatiota että -menetelmiä. Tvh:n teknillistaloudellisessa toimistossa on vuoden 1967 alusta aloitettu onnettomuustietojen tehostettu kerääminen. Tämän aineiston perusteella aikanaan tehtävien selvityksien toivotaan tuovan selvyyttä käsillä olevaan ongelmaan.

Viime vuosina on tvh:n Mala-toimisto selvittänyt tiesuunnittelun yhteydessä eri tiehankkeiden taloudellista kannattavuutta. Liikenneonnettomuuksista johtuvat onnettomuuskustannukset muodostavat näissä selvityksissä tärkeän kustannuserän. Tämän vuoksi on Malassa kerätty onnettomuustietoja eräiltä pääasiassa Etelä-Suomessa sijaitsevilta valta- ja kantateiltä.

Malassa käsitelty liikenneonnettomuusaineisto tarjosi mahdollisuuden tarkastella onnettomuuksien ja liikennesuorit-

teen sekä erilaisten tietekijöiden (tien geometria, risteys- ja liittymäjärjestelyt, liikennemäärä jne.) välistä riippuvuutta. Tätä mahdollisuutta haluttiin käyttää hyväksi, vaikkakin aineistoon liittyvät puutteellisuudet tekivät hyvien tulosten saavuttamisen epätodennäköiseksi.

Koska saadut, em. syistä lähinnä vain suuntaa-antavat tutkimustulokset saattavat kiinnostaa liikenneturvallisuuskysymysten kanssa työskenteleviä, on ne haluttu esittää. Tutkimuksella lienee merkitystä myös sikäli, että se saattaa antaa uusia ideoita ja virikkeitä vastaavia tutkimuksia suunnitteleville.

Tutkimukseen liittyvästä koneellisesta tietojenkäsittelystä on huolehtinut Tiesuunnitteluosaston matemaatikko Risto Sirkiä. Tietojen käsittelyssä on käytetty Valtion tietokonekeskuksen Elliot 503 tietokonetta.



## 2. Tehtävän määrittely

Eräänlaisena teoreettisena ihannetapauksena voidaan pitää tilannetta, jossa tiesuunnittelijan käytettävissä on liikenneonnettomuusmalli, joka kertoo, mitkä hänen hallittavanaan olevista tietekijöistä (= instrumenttimuuttajat, esim. ajoradan ja pientareiden leveys, vaaka- ja pystytason säteet jne.) vaikuttavat liikenneonnettomuuksiin (selitettävät muuttajat) ja minkälaisilla painoilla. Suunnittelija voi nyt esimerkiksi taloudellisten mahdollisuuksiensa asettamissa rajoissa valita suunnittelun kohteena olevalle tielle onnettomuusmäärät sopivia instrumenttimuuttajien arvoja käyttämällä. Liikenteeseen osallistuvasta ihmisestä, poikkeuksellisista luonnonolosuhteista yms. johtuvat onnettomuudet eivät tietenkään ole suunnittelijan hallittavissa, joten onnettomuuksien täydelliseen eliminointiin ei suunnitteluvaiheessa ole realistisia edellytyksiä. Lisäksi on onnettomuusmalli luonnollisesti luonteeltaan stokastinen, ts. siihen sisältyy tietty satunnaiskomponentti.

Edellä kuvailtua ihannetapausta ei ehkä koskaan pystytä toteuttamaan täydellisesti. Liikenneonnettomuusmalli voidaan joka tapauksessa estimoida, jolloin tulos lähinnä riippuu siitä, kuinka hyvä ja monipuolinen havaintoaineisto on käytettävissä. Aineistossa olisi liikenneonnettomuudet voitava jakaa riittävän moneen, tärkeimpiin syyuuttujiin (selittävät muuttajat) nähden homogeeniseen ryhmään. Muodostetuista, onnettomuuksia esittävistä selitettävistä muuttujista ja selittävistä muuttujista olisi saatava havaintoja mahdollisimman laajalta muuttajien arvojen vaihtelualueelta.

Tässä tarkastelussa ei ole päästy kovinkaan lähelle em. ihannetapausta, mikä ensikädessä johtuu käytettävissä olleen

havaintoaineiston heikkoudesta. Aineisto oli hankittu ennenkuin ajatus mallikokeilusta oli syntynyt, joten aineiston ryhmittelyt olivat osittain tarkasteluun soveltumattomia ja liian karkeita. Lisäksi oli käytettävissä vain rajoitettu määrä syy-  
muuttujia ja osa näiden arvoista jouduttiin arvioimaan mittaus-  
ten puuttuessa.

Käytetty tarkasteltavan ongelman lähestymistapa oli lyhyesti seuraava: Onnettomuuden syyn ja vakavuusasteen mukaan tieosittain ryhmitellyt onnettomuusluvut suhteutettiin tieosan liikennesuoritteeseen. Näiden onnettomuustiheyslukujen rinnalle kerättiin vastaavilta tieosilta saatavissa olevien ja järkeviltä tuntuvien syy-  
muuttujien numeroarvot. Näin oli pakko menetellä, koska teoreettista liikenneonnettomuusmallia ei tunneta niin hyvin, että sen selittävät muuttujat olisi voitu nimetä. Nyt ne sensijaan oli haettava kokeilemalla. Syy-  
muuttujiksi valittiin lähinnä vain tiesuunnittelijan instrumenttimuuttujia ja inhimilliset yms. onnettomuustekijät jätettiin tarkastelun ulkopuolelle.

Tehtävänä oli muodostaa malli, joka mahdollisimman hyvin selittäisi em. onnettomuustiheyslukuja ja estimoida tämän mallin parametrien arvot. Aineiston laatua koskevien epäilysten vuoksi ei mallin ennustamiskykyyn eikä sen soveltuvuuteen ohjelmointimalliksi asetettu suuria toiveita.



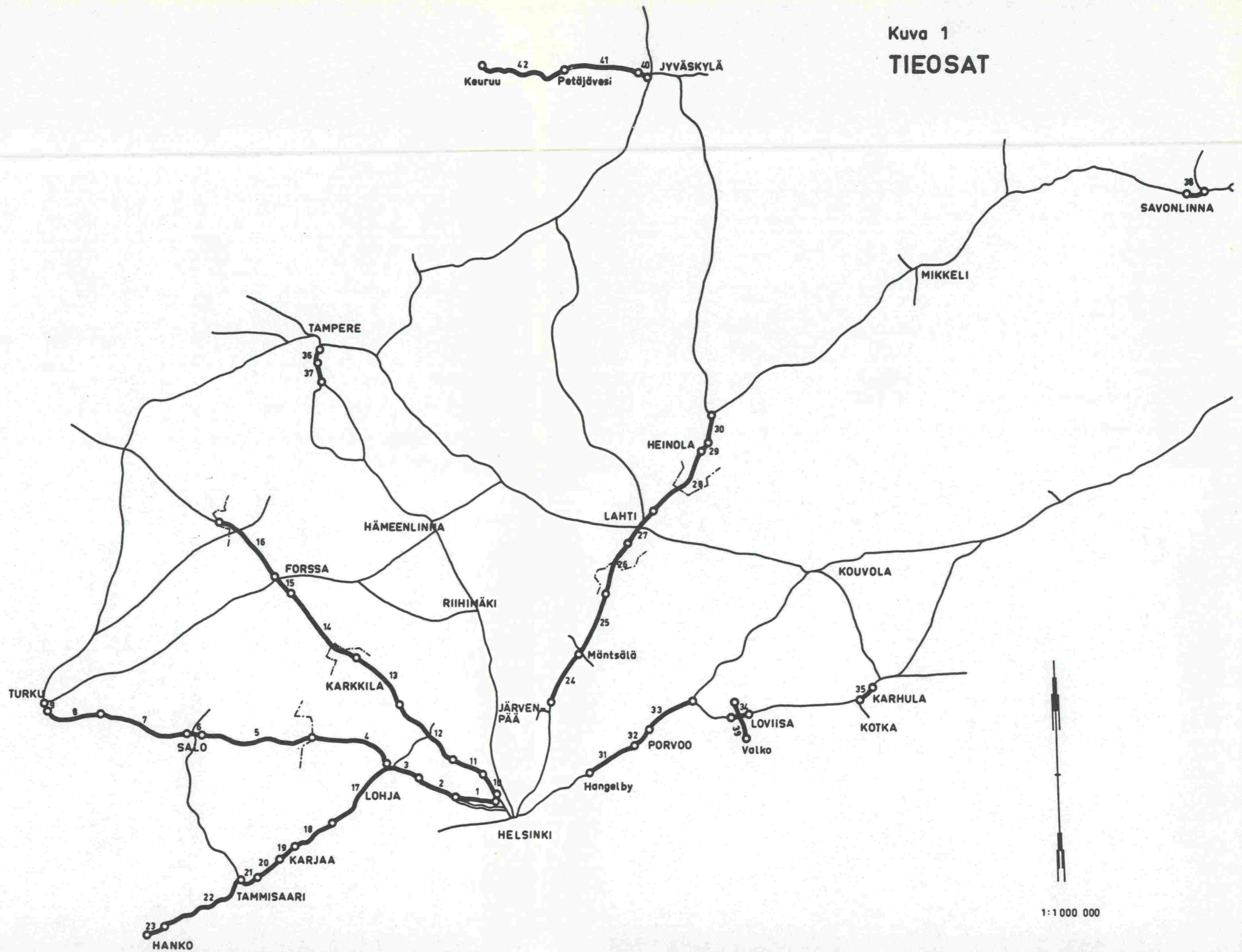
### 3. Tutkimusaineisto ja liikenneonnettomuusmallien muuttajat

Tutkimuksessa käytetyt liikenneonnettomuustiedot koskevat poliisin tietoon tulleita onnettomuuksia. Ne on saatu Sosiaaliministeriön sosiaalisen tutkimustoimiston liikennevahinkolomakkeista, jotka Tapaturmantorjunta ry Talja luovutti Malan käyttöön. Taljassa suoritettiin tarkasteltavia tiejaksoja koskevien lomakkeiden erottelu koko maata koskevasta aineistosta.

Kukin tiejakso jaettiin tieosiin (ks. kuva 1 s. 91). Tieosat oli yleensä pakko muodostaa kuntarajojen perusteella lomakkeisiin merkityn ylimalkaisen tapahtumapaikan yksilöinnin takia. Näin eivät tieosat yleensä ole syymuuttujiin nähden homogeenisia, mikä seikka lisää aineiston hajontaa. Toisaalta melko pitkät tieosat olivat tarpeen siksi, että kullekin tieosalle tulisi riittävästi tapauksia liian suuren satunnaisvaihtelun eliminoimiseksi.

Tieosia saatiin kaikkiaan 42 kappaletta. Havaintoja oli kerätty vuosilta 1962-65 ja tieosahavaintojen kokonaismäärä on 128. Tieosien 24-26 onnettomuuksia ei saatu jaettua risteys-, päälleajo- ja linjaonnettomuuksiin, joten osittain tieosahavaintoja on vain 119 (vert. taulukko 1, s. 92). Kaikkiaan käsiteltiin 3 802 liikenneonnettomuustapausta. Tarkastellut tiejaksot käsittivät yhteensä noin 630 km teitä ja tieosien keskipituus oli noin 15 km.

Kuva 1  
TIEOSAT



1:1 000 000



Taulukko 1

Liikenneonnettomuudet ja onnettomuustiheydet (100 miljoonaa auto-kilometriä kohti) tutkimusaineiston mukaan vuosina 1962 - 1965

	Risteysonnet.		Päälleajot		Linjaonnett.		Onnett. yht.		Tie- osia
	Määrä ja tiheys	%	Määrä ja tiheys	%	Määrä ja tiheys	%	Määrä ja tiheys	%	
Vuosi 1962									
Kaupunki	135 274	55	63 128	26	48 98	19	246 500	100	21
Maaseutu	92 47	30	93 47	30	125 64	40	310 158	100	
Yhteensä	227 92	41	156 63	28	173 71	31	556 226	100	
Vuosi 1963									
Kaupunki	225 225	54	100 100	24	88 88	21	413 413	100	39
Maaseutu	112 32	21	171 49	31	263 75	48	546 156	100	
Yhteensä	337 75	25	271 60	28	351 78	37	959 213	100	
Vuosi 1964									
Kaupunki	260 273	58	81 85	18	110 116	24	451 474	100	32
Maaseutu	127 33	21	176 45	29	305 78	50	608 156	100	
Yhteensä	387 80	37	257 53	24	415 85	39	1059 218	100	
Vuosi 1965									
Kaupunki	215 244	60	67 76	19	78 88	21	360 408	100	27
Maaseutu	101 26	16	218 56	36	293 76	48	612 158	100	
Yhteensä	316 66	33	285 60	29	371 78	38	972 204	100	
Vuodet 1962 - 1965 yhteensä									
Kaupunki	835 251	57	311 94	21	324 97	22	1470 442	100	119
Maaseutu	432 33	21	658 50	32	986 74	47	2076 157	100	
Yhteensä	1267 77	36	969 58	27	1310 79	37	3546 214	100	
Onnett.tie- osaa kohti keskim.	10.7		8.1		11.0		29.8		

### 3.1 Selitettävät muuttujat

Tieosittaiset liikenneonnettomuudet jaettiin, sen perusteella minkälaisilla seikoilla oletettiin voitavan vaikuttaa näihin, seuraaviin kolmeen ryhmään:

- risteysonnettomuudet
- päälleajot
- linjaonnettomuudet

Risteysonnettomuuksiin kuuluvat risteyksissä sattuneet yhteenajot (ei kuitenkaan jalankulkijan yliajot, jotka on aina luettu tienvarsi-onnettomuuksiin). Risteysonnettomuuksia ovat myös risteysten välittömässä läheisyydessä sattuneet yhteenajot, joissa risteys on ollut päätekijänä, esimerkiksi päälleajot risteykseen hidastavaan tai sen eteen pysähtyneeseen ajoneuvoon, sikäli kun ne liikennevahinkoilmoituksen mukaan on voitu tunnistaa tällaisiksi. Yksinäisen ajoneuvon suistuminen tieltä tai kumoonajo risteyksessä on sitävastoin luettu linjaonnettomuudeksi. Tontti-, viljelys- ja vähäliikenteisten yksityisteiden liittymiä ei ole luettu risteyksiksi vaan niissä sattuneet onnettomuudet ovat päälleajoja.

Päälleajoja ovat kaikki jalankulkijoiden yliajot samoin kuin ne polkupyöräilijöiden yliajot, jotka eivät satu risteyksissä. Moottoriajoneuvojen yhteenajot, jotka ovat tapahtuneet puutteellisten piennarten takia on luettu päälleajoihin. Näitä ovat lähinnä ajot pysähtyneen ajoneuvon perään.

Linjaonnettomuuksia ovat tieltäsuistumiset, kumoonajot ja ne liikkuvien ajoneuvojen yhteenajot, jotka eivät ole risteysonnettomuuksia.



Edellä oleviin ryhmiin on suoraan voitu sijoittaa yli 95 % onnettomuuksista ja tästä syystä epäselvät ja tulkinnanvaraiset onnettomuudet on pyritty sijoittamaan sopivimpaan, eikä ryhmään "muut onnettomuudet" ole käytetty.

Edellä esitetyn tieosittaisten onnettomuuksien kolmijaon alaryhmittelyä käytettiin jakoa:

- henkilövahinkotapaukset
- ainevahinkotapaukset

Ensimmäiseen ryhmään kuuluvat ne liikenneonnettomuudet, joissa yksi tai useampi henkilö on kuollut tai loukkaantunut. Jälkimmäiseen ryhmään kuuluvat ne tapaukset, joiden seurauksena on ollut vain ainevaurioita.

Edellisten lisäksi muodostivat oman ryhmänsä liikenneonnettomuuksissa kuolleiden ja loukkaantuneiden henkilöiden määrä.

Näitä jakoperusteita käyttäen muodostettiin liikenneonnettomuusmallien selitettävät muuttujat, joita saatiin kaikkiaan 16 kappaletta. Kansainvälistä käytäntöä noudattaen käytettiin selitettävinä muuttujina tiheyslukuja, jotka saatiin jakamalla onnettomuusluvut vastaavan tieosan liikennesuoritteella. Suorite saatiin kertomalla käytettävissä olevien liikennelaskentojen ja -tutkimusten perusteella arvioitu tieosan keskimääräinen vuorokausiliikenne (KVL) tieosan pituudella ja luvulla 365. Mittayksikkönä käytettiin 100 miljoonaa autokilometriä.

Selitettävät muuttujat ja niiden numeroarvot on esitetty liitteessä 1. Taulukossa 2 (s. 97) on esitetty muuttujia koskevia tunnuslukuja.

### 3.2 Selittävät muuttajat

Selittävien eli syyuuttujien osalta jouduttiin tyytymään niihin tietoihin, joita oli tieosittain saatavissa jälkikäteen. Muuttajat sekä niiden numeroarvot on esitetty liitteessä 1 ja niitä koskevia tunnuslukuja taulukossa 2 (s. 97). Selittäviä muuttujia saatiin konstruoitua kaikkiaan 8 kappaletta.

Koko maata koskevien tietojen valossa oli odotettavissa että onnettomuustiheysluvut pienenevät jonkin verran vuodesta toiseen.<sup>1</sup> Tämän vuoksi yhdeksi selittäväksi muuttujaksi otettiin vuosiluku, muuttuja (17). Tämän trendimuuttujan mukaanottoa perusteli toisaalta myös se, ettei muille selittäville muuttujille, muuttujaa (18) lukuunottamatta, saatu eri vuosilta eri arvoja, vaikka nämä muuttajat epäilemättä ovat osaltaan syynä em. trendin syntyyn.

Tarkasteluajanjakson lyhydestä (2-4 vuotta) johtuen ei trendin mahdollinen epälineaarisuus aiheuttanut huolta koska tavoitteena oli lähinnä vain selitysmalli. Toisaalta ei myöskään voitu osottaa trendimuuttujan (17) vaikuttavan erityisen voimakkaasti mallissa. Ennen varsinaista mallien parannuksien estimointia laskettiin muuttujan (17) regressiovaikutus selitettäviin muuttujiin, joka osoitti ettei se yleensä ollut merkittävä selittäjä. Päinvastaisessa tapauksessa olisi muuttujan (17) vaikutus pitänyt eliminoida selitettävistä muuttujista ennen varsinaista estimointia. Nyt tätä ei tehty.

Liittymäkäsitteen selventämiseksi mainittakoon, että jos tiet muodostavat täydellisen risteyksen tämä laskettiin kahdeksi liittymäksi ja ns. T-mallinen risteys vastasi yhtä liittymää.

<sup>1</sup> Ks. esim. "Auto ja tie. Tilastoa 1966" Suomen Tieyhdistys, Helsinki 1967, s. 60.



Liittymätiheyksien määrittely suoritettiin 1:200 000 mit-  
takaavaiselta "Suomen Tiekartalta" v:lta 1965. Yksityistie- ja  
katuliittymätiheys, muuttuja (21), muodostettiin siten että  
kartalle merkittyjen yksityisteiden lisäksi siihen harmaalla  
merkittyjen taaja-asutusten katsottiin ao. tietä sivutessaan  
sisältävän yhden liittymän jokaista millimetriä kohti (so.  
200 metriä kohti).

Tien leveys, muuttuja (22), käsittää ajoradan lisäksi  
myös pientareet. Tien geometrinen laatuluku, muuttuja (23)  
ja tien laatuluku, muuttuja (24), on saatu tvh:n suorittamien  
laatuluokitusmittausten tuloksista. Luokitteluperusteet ilme-  
nevät lähemmin liitteestä 2.

Taulukko 2

Muuttujia koskevia tunnuslukuja

Muuttuja n:o	Keskimäärin	Keskiarvo	Keskiahajonta	Pienin - suurin arvo
Selitettävät muuttujat				
(1)	77	99	125	0 - 735
(2)	58	76	59	0 - 272
(3)	79	98	90	0 - 707
(4)	214	264	205	23 - 1197
(5)	..	32	37	0 - 197
(6)	..	44	40	0 - 208
(7)	..	31	31	0 - 218
(8)	..	104	72	0 - 435
(9)	..	67	98	0 - 661
(10)	..	32	31	0 - 148
(11)	..	67	70	0 - 489
(12)	..	160	150	0 - 920
(13)	..	43	45	0 - 197
(14)	..	53	46	0 - 228
(15)	..	53	52	0 - 326
(16)	..	148	90	0 - 598
Selittävät muuttujat				
(17)	..	3.6	1.0	2 - 5
(18)	26.1	30.1	19.6	4 - 108
(19)	21.0	27.8	17.8	10 - 81
(20)	4.0	4.4	3.1	0 - 15
(21)	17.0	23.5	16.9	6 - 70
(22)	79.2	81.1	11.1	56 - 110
(23)	20.2	20.5	5.1	5 - 28
(24)	65.3	66.3	13.7	25 - 85

Keskimäärin = koko aineistoa edustava tunnusluku

Keskiarvo = aineiston tieosittaisten tiheys- yms lukujen keskiarvo



#### 4. Parametrien estimointimenetelmä

Liikenneonnettomuustiheysmallien parametrien estimointi suoritettiin vaiheittaista lineaarista monimuuttujaregressioanalyysiä koskevalla tvh:n JAKA 5 tietokoneohjelmalla. Tämä lisää selittävät muuttujat vaiheittain malliin varianssisuhteen (F-testisuure) mukaisessa paremmuusjärjestyksessä.<sup>1</sup>

Ennen estimointia laskettiin muuttujien väliset lineaariset korrelaatiot (ks. taulukko 3 s.100). Näin saatiin selville kunkin mallin hallitseva selittävä muuttuja ja samalla voitiin välttää käyttämästä samassa mallissa tämän kanssa voimakkaasti korreloituneita (multikolineaarisia) muita selittäviä muuttujia.<sup>2</sup> Riippuvuuksien luonteen selvillesaamiseksi tarkasteltiin lisäksi graafisesti selittävien muuttujien ja vastaavien hallitsevien selittävien muuttujien välisiä riippuvuuksia (ks. kuvat 2-5 s.101-104). Vaikka riippuvuuden heikkous estää tekemästä varmoja johtopäätöksiä, näyttäisivät kuvat viittaavan lineaarisen riippuvuuden olemassaoloon ainakin havaintojen käsittämällä muuttujien vaihtelualueella. Tämän vuoksi päätettiin käyttää onnettomuustiheysmalleille seuraavan muotoisia lineaarisia yhtälöitä:

---

<sup>1</sup> F-testisuure kertoo tässä lisätyn selittävän muuttujan malliin tuoman lisäselittävyyden tilastollisen merkitsevyystason.

<sup>2</sup> Selittävien muuttujien välisen korrelaation (=multikolineaarisuus) puuttuminen on eräs regressioanalyysin perusolettamuksia. Vert. esim. J. Johnston: "Econometric Methods". International Student Edition. Mc Graw-Hill Book Co. Kogakusha Co. Inc., Tokyo 1963 s. 107-108.

$$y_i = b_0 + b_1 x_{1i} + b_2 x_{2i} + \dots + b_m x_{mi} \quad (i = 1, \dots, n)$$

Tässä on  $y_i$  = selitettävä muuttuja

$x_{1i}, \dots, x_{mi}$  = selittävät muuttujat

$b_0, \dots, b_m$  = parametrit

$n$  = havaintojen lukumäärä

$m$  = selittävien muuttujien lukumäärä



Taulukko 3

## MUUTTUJIEN VÄLISET KORRELAATIOT

	17	SELITTÄVIEN MUUTTUJIEN VÄLISET KORRELAATIOT							
17	1.000	18							
18	.149	1.000	19						
19	-.069	.435	1.000	20					
20	-.034	.386	.370	1.000	21				
21	-.067	.388	.986	.208	1.000	22			
22	.102	.626	.301	.306	.261	1.000	23		
23	.216	.277	-.030	.190	-.066	.600	1.000	24	
24	.231	.338	-.020	.191	-.055	.613	.928	1.000	

	1	SELITETTÄVIEN MUUTTUJIEN VÄLISET KORRELAATIOT																		
1	1.000	2																		
2	.601	1.000	3																	
3	.149	.416	1.000	4																
4	.831	.819	.635	1.000	5															
5	.796	.494	.098	.658	1.000	6														
6	.470	.873	.352	.677	.491	1.000	7													
7	-.040	.104	.737	.329	-.024	.034	1.000	8												
8	.636	.765	.555	.839	.757	.804	.434	1.000	9											
9	.973	.579	.153	.810	.637	.414	-.042	.525	1.000	10										
10	.539	.780	.338	.686	.308	.374	.153	.423	.569	1.000	11									
11	.211	.488	.954	.674	.142	.438	.509	.526	.215	.366	1.000	12								
12	.830	.752	.601	.965	.537	.541	.236	.667	.854	.734	.667	1.000	13							
13	.672	.419	.110	.568	.910	.455	.005	.704	.512	.213	.142	.439	1.000	14						
14	.463	.844	.363	.669	.456	.942	.063	.767	.418	.394	.438	.547	.421	1.000	15					
15	-.089	.021	.610	.219	-.074	-.061	.893	.311	-.085	.117	.398	.150	-.058	-.021	1.000	16				
16	.521	.638	.603	.752	.641	.650	.562	.913	.422	.377	.533	.591	.661	.692	.550	1.000				

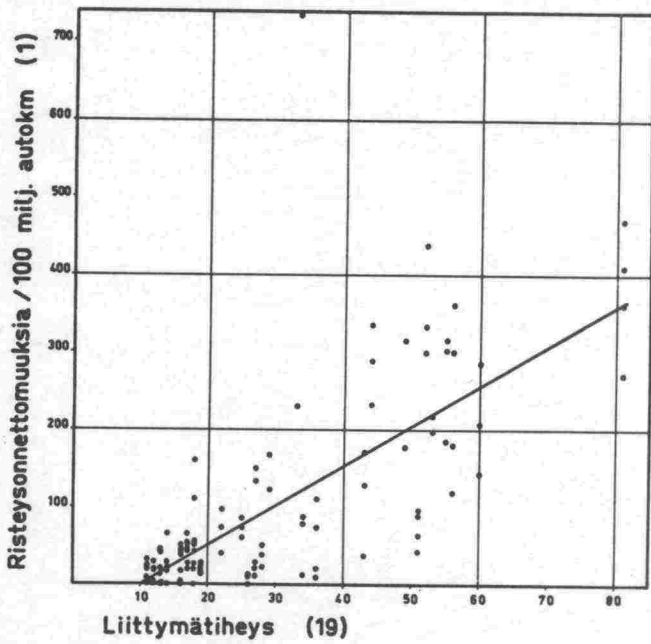
SELITETTÄVIEN JA SELITTÄVIEN MUUTTUJIEN  
VÄLISET KORRELAATIOT

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
17	-.166	-.143	-.088	-.185	-.086	-.141	.059	-.101	-.176	-.092	-.131	-.207	-.003	-.100	.098	-.011
18	.284	-.080	-.124	.091	.361	-.011	-.037	.157	.226	-.138	-.144	.049	.296	.019	.000	.168
19	.736	.576	.124	.665	.690	.540	-.073	.617	.678	.401	.190	.614	.533	.539	-.143	.469
20	.282	-.040	-.314	.040	.393	.011	-.120	.165	.214	-.090	-.351	-.024	.327	.047	-.108	.130
21	.721	.612	.188	.693	.653	.565	-.055	.620	.673	.438	.265	.651	.500	.557	-.130	.469
22	.253	-.109	-.314	-.064	.348	-.028	-.206	.019	.191	-.170	-.319	-.095	.266	.005	-.191	.038
23	.003	-.242	-.348	-.249	.150	-.152	-.034	-.066	-.055	-.265	-.431	-.307	.171	-.094	-.057	-.008
24	.025	-.244	-.308	-.221	.202	-.156	-.015	-.037	-.046	-.264	-.388	-.283	.246	-.088	-.020	.055

# Risteysonnettomuustiheyksien riippuvuus liittymätiheydestä

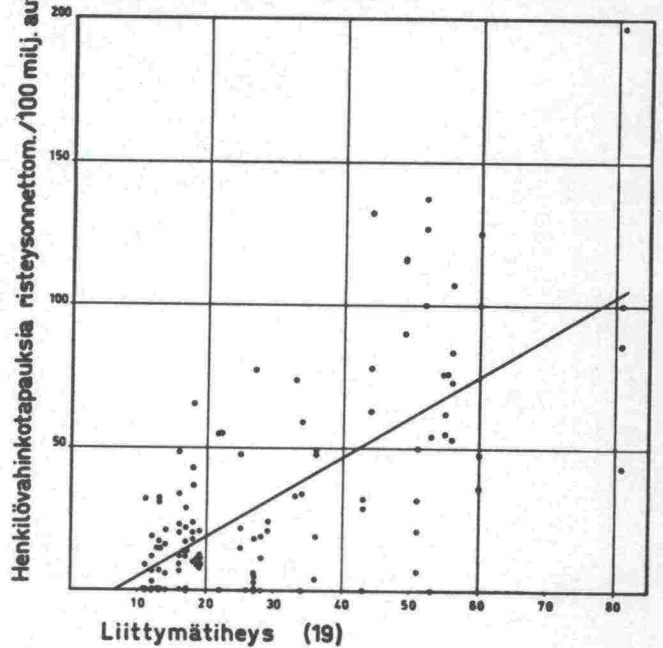
Risteysonnettomuuksia 100 miljoonaa autokilometriä kohti

(1) =  $-50.663 + 5.159(19)$        $R=0.734$



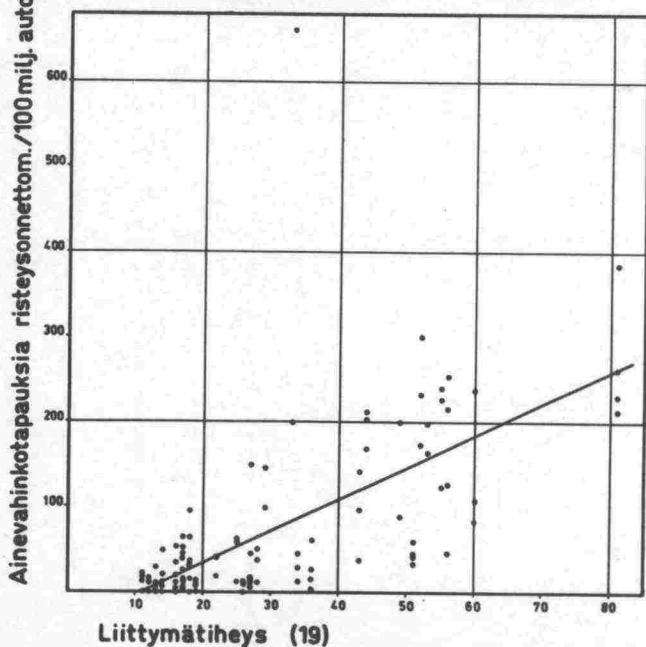
Henkilövahinkotapauksia risteysonnettomuuksissa 100 miljoonaa autokilometriä kohti

(5) =  $-9.535 + 1.423(19)$        $R=0.687$



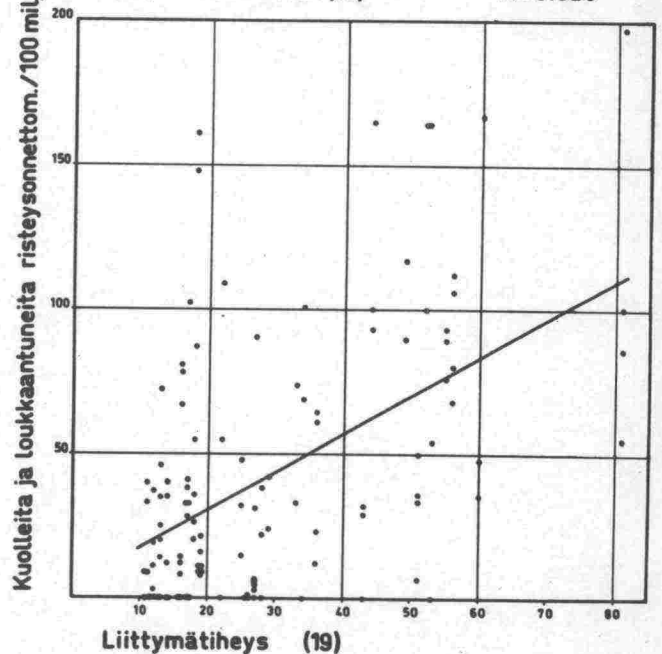
Ainevahinkotapauksia risteysonnettomuuksissa 100 miljoonaa autokilometriä kohti

(9) =  $-40.756 + 3.732(19)$        $R=0.675$



Kuolleita ja loukkaantuneita risteysonnettomuuksissa 100 miljoonaa autokilometriä kohti

(13) =  $3.992 + 1.354(19)$        $R=0.528$



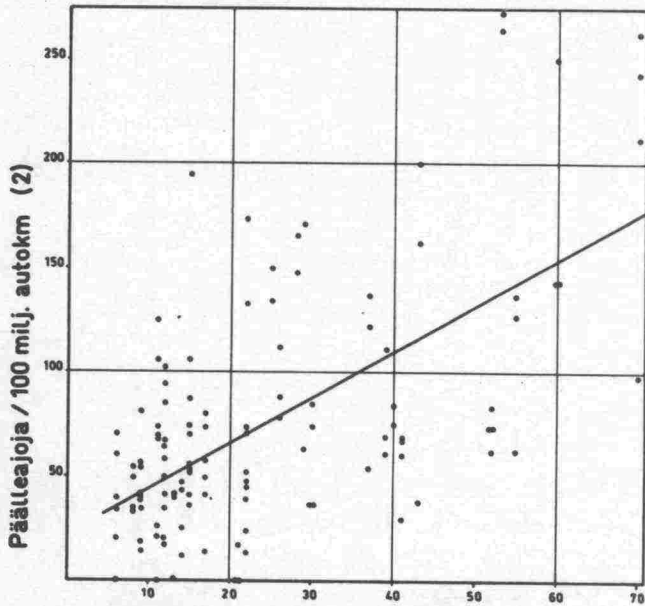


# Päälleajoitiheyksien riippuvuus yksityistie- ja katuliittymätiheydestä

Päälleajoja 100 miljoonaa autokilometriä kohti

$$(2) = 23.898 + 2.131(21)$$

R=0.608

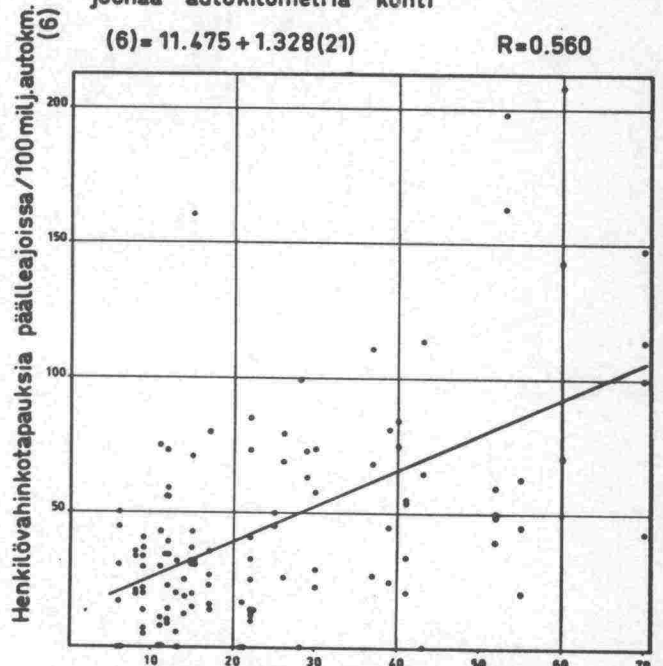


Yksityistie- ja katuliittymätiheys (21)

Henkilövahinkotapauksia päälleajoissa 100 miljoonaa autokilometriä kohti

$$(6) = 11.475 + 1.328(21)$$

R=0.560

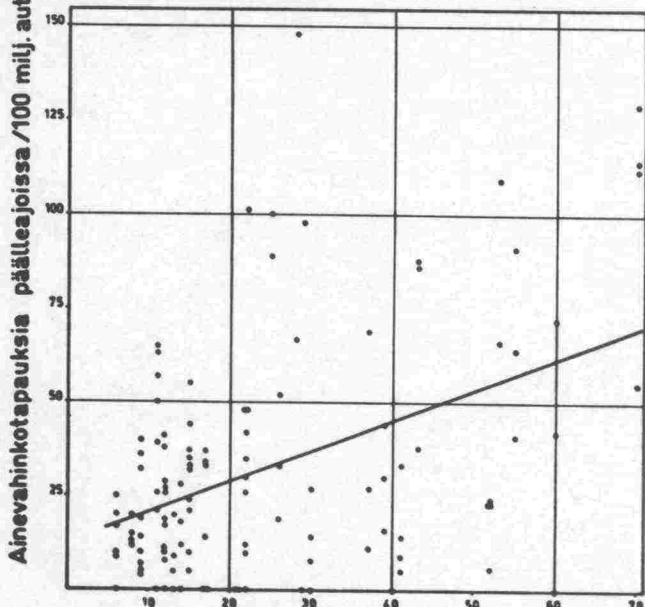


Yksityistie- ja katuliittymätiheys (21)

Ainevahinkotapauksia päälleajoissa 100 miljoonaa autokilometriä kohti

$$(10) = 12.423 + 0.803(21)$$

R=0.430

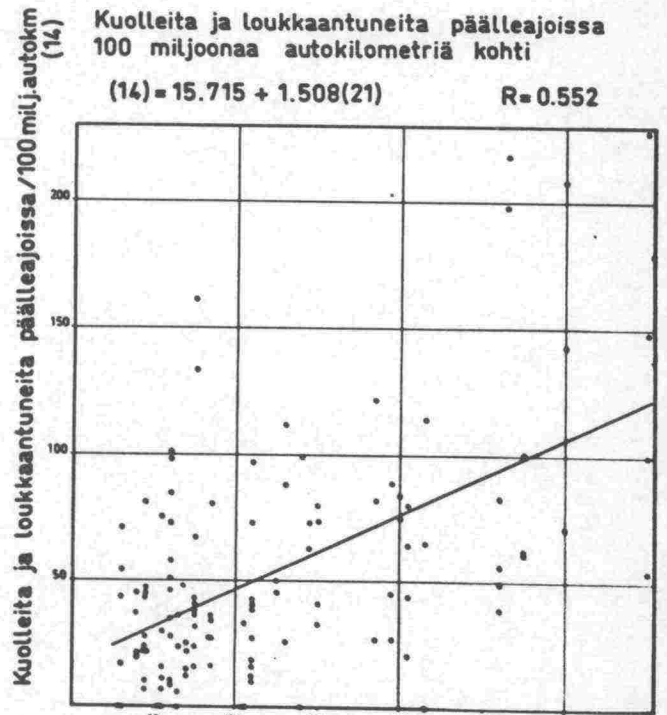


Yksityistie- ja katuliittymätiheys (21)

Kuolleita ja loukkaantuneita päälleajoissa 100 miljoonaa autokilometriä kohti

$$(14) = 15.715 + 1.508(21)$$

R=0.552

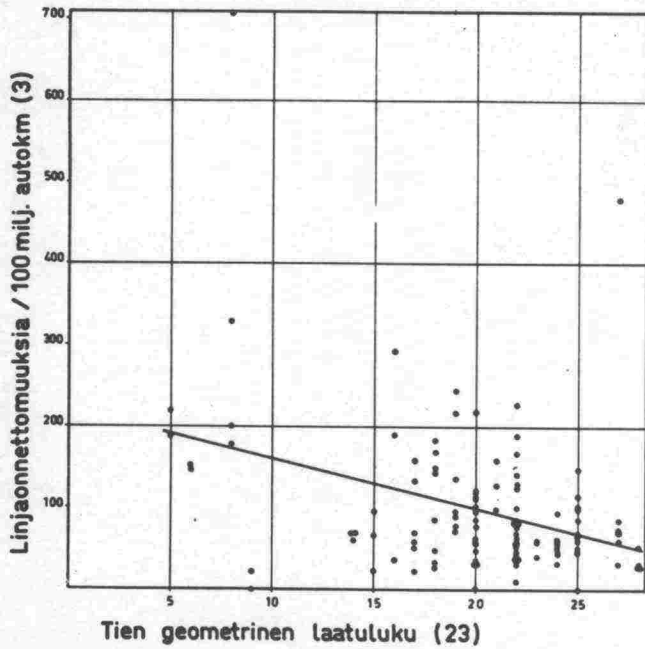


Yksityistie- ja katuliittymätiheys (21)

# Linjaonnettomuustiheyksien riippuvuus tien geometrisestä laatuluvusta tai tien leveydestä

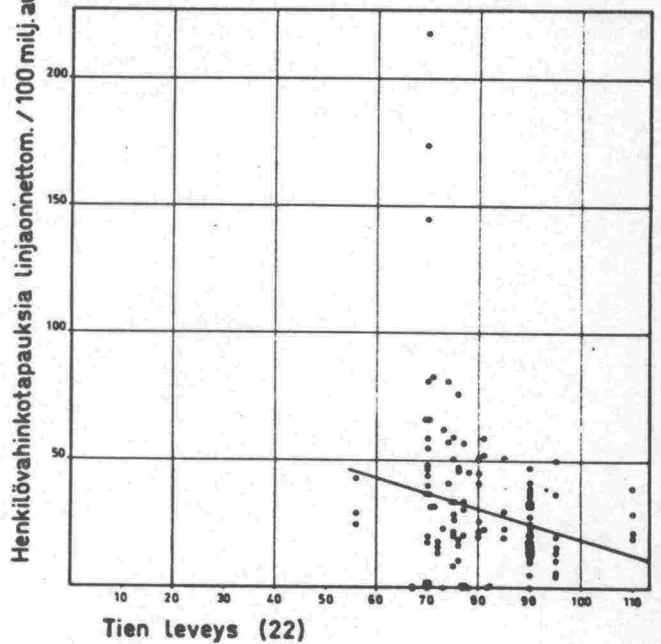
Linjaonnettomuksia 100 miljoonaa autokilometriä kohti

$(3) = 221.738 - 6.150(23)$   $R=0.337$



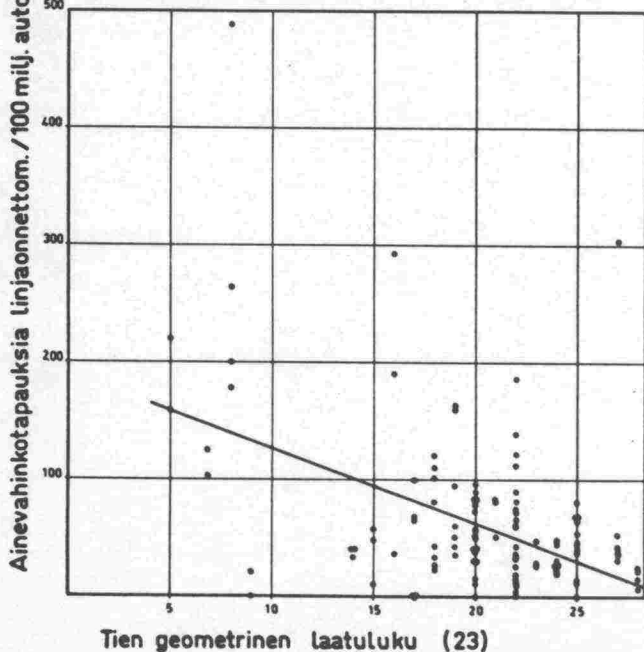
Henkilövahinkotapauksia linjaonnettomuksissa 100 miljoonaa autokilometriä kohti

$(7) = 79.137 - 0.592(22)$   $R=0.185$



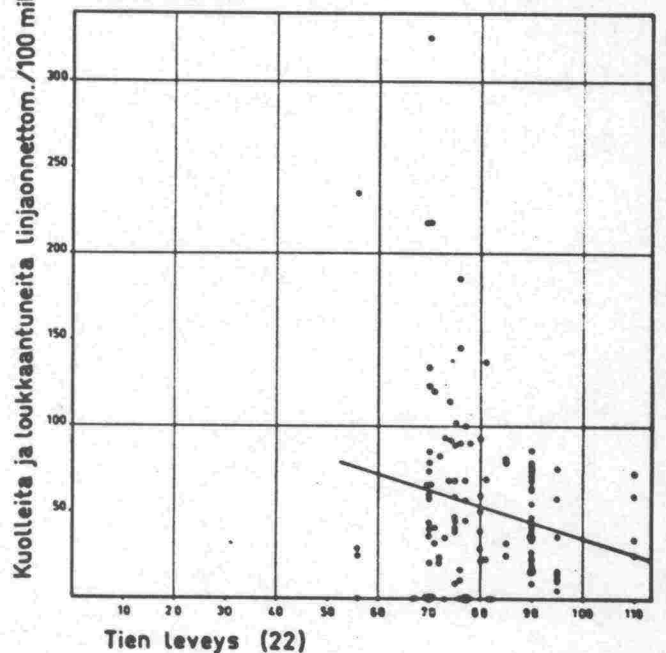
Ainevahinkotapauksia linjaonnettomuksissa 100 miljoonaa autokilometriä kohti

$(11) = 185.676 - 5.912(23)$   $R=0.423$



Kuolleita ja loukkaantuneita linjaonnettomuksissa 100 miljoonaa autokilometriä kohti

$(15) = 127.082 - 0.917(22)$   $R=0.168$



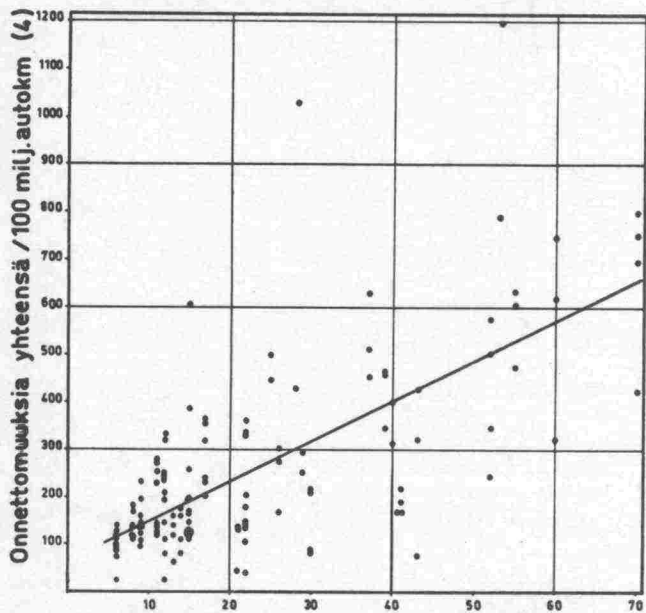


# Onnettomuustiheyksien riippuvuus yksityistie- ja katuliittymätiheydestä

Onnettomuuksia yhteensä 100 miljoonaa autokilometriä kohti

$$(4) = 66.735 + 8.430(21)$$

$$R = 0.690$$

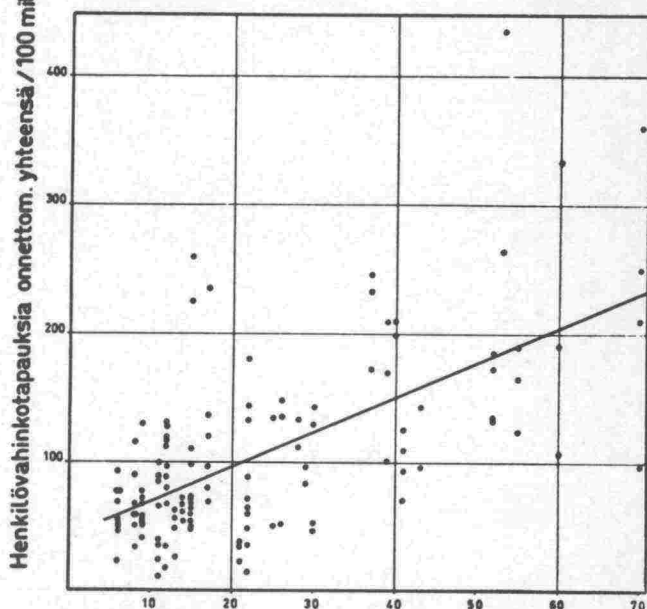


Yksityistie- ja katuliittymätiheys (21)

Henkilövahinkotapauksia onnettomuuksissa yhteensä 100 miljoonaa autokilometriä kohti

$$(8) = 41.943 + 2.651(21)$$

$$R = 0.616$$

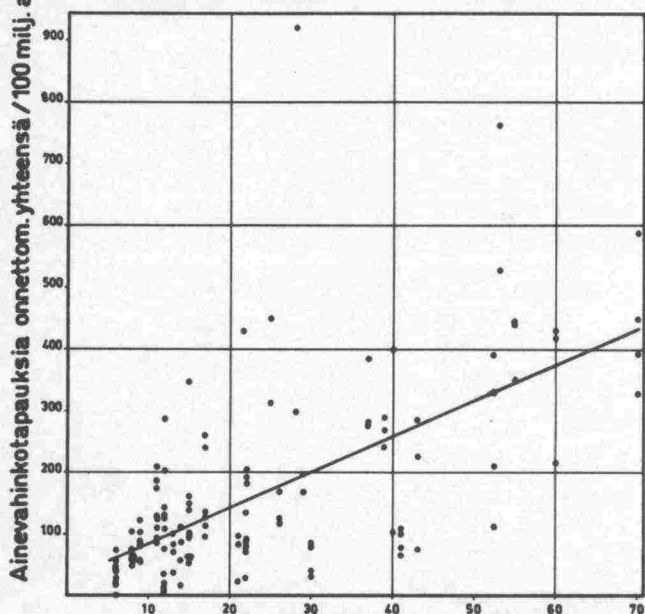


Yksityistie- ja katuliittymätiheys (21)

Ainevahinkotapauksia onnettomuuksissa yhteensä 100 miljoonaa autokilometriä kohti

$$(12) = 24.518 + 5.785(21)$$

$$R = 0.648$$

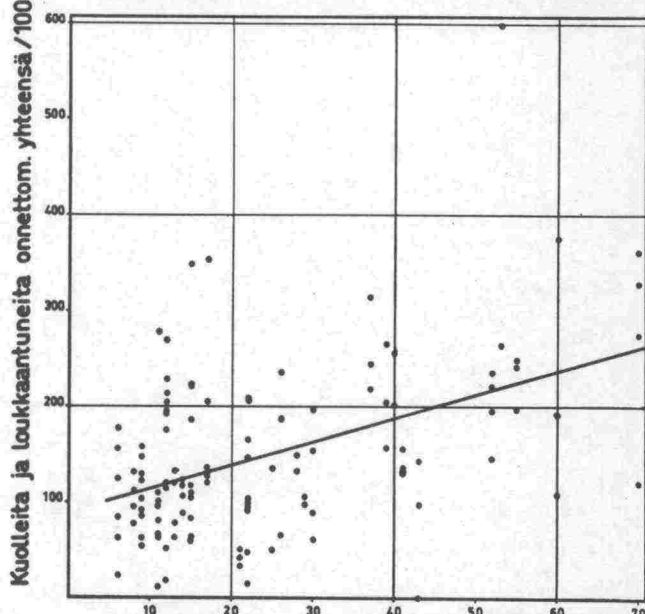


Yksityistie- ja katuliittymätiheys (21)

Kuolleita ja loukkaantuneita onnettomuuksissa yhteensä 100 miljoonaa autokilometriä kohti

$$(16) = 87.646 + 2.478(21)$$

$$R = 0.462$$



Yksityistie- ja katuliittymätiheys (21)

## 5. Liikenneonnettomuustiheysmallit

Selitettäviä muuttujia ja siis myös malleja on kaikkiaan 16 kappaletta. Seuraavilla sivuilla esitellään kukin näistä malleista. Esityksessä pyritään noudattamaan samaa kaavaa, joka sisältää mm. seuraavat tiedot:

Aluksi luetellaan korrelaatiomatriisin (taulukko 3, s.100) mukaan kaikkien kahdeksan selittävän muuttujan yksittäinen vaikutus kunkin mallin selitettävään muuttujaan. Samalla esitetään se tilastollinen todennäköisyystaso (= P), jolla selitettävän ja selittävän muuttujan välinen korrelaatiokerroin (= r) eroaa nolasta (t-testin mukaan). Sopimusluontoisesti käytetään rajaa  $r = \pm 0.100$ , jota pienempien korrelaatiokerroimen arvojen katsotaan osoittavan, ettei minkäänlaista riippuvuutta esiinny. Tämä vastaa suunnilleen todennäköisyystasoa  $P > 70 \%$ .

Toiseksi esitetään ne selittävät muuttujat, joita on kehitetty kussakin mallissa ja estimoinnin tuloksena saadut mallit. Varsinaiseen malliin (a-malli) on hyväksytty vain ne selittävät muuttujat, joiden kertoimet eroavat nolasta vähintään 95 %:n todennäköisyydellä (t-testin mukaan). Lisäksi esitetään erikseen malli, jolla on saavutettu korkein kokonaiskorrelaatiokerroimen (= R) arvo (b-malli), mikäli tämä eroaa edellisestä. Jälkimmäisessä mallissa eivät enää kaikki kertoimet ole merkitseviä. Kummassakin mallissa on selittävät muuttujat esitetty siinä järjestyksessä, jossa ne tulivat malliin (F-arvon mukaan, vert. s. 99). Malleille on esitetty myös  $R^2$ -arvo, joka kertoo kuinka suuren osan selitettävän muuttujan varianssista malli selittää (esim.  $R^2 = 0.552$  tarkoittaa, että malli selittää 55.2 % varianssista).



Lopuksi tehdään huomioita mallien selittävien muuttujien ja niiden kertoimien etumerkkien loogisuudesta. Selittävien muuttujien multikolinearisuuden vaikutuksiin kiinnitetään niinikään huomiota. Vaikutukset ilmenevät estimoinnissa siten, että selittävien muuttujien kertoimien arvot muuttuvat estimointivaiheesta toiseen. Kunkin selittävän muuttujan yksilöllisen vaikutuksen toteaminen on tällöin hyvin vaikeaa. Samalla muuttujien kertoimien merkitsevyytaso alenee.<sup>1</sup>

Estimoinnin tuloksena saadut varsinaiset mallit (a-mallit) on lisäksi esitetty taulukossa 4 (s.124).

---

<sup>1</sup> Ks. esim. J. Johnston, mts. 201-207. Todettakoon että mallin kokonaiskorrelaatiokerroin saattaa multikolinearisuudesta huolimatta kasvaa.

(1) Risteysonnettomuuksia 100 milj. autokilometriä kohti

Selittävät muuttujat vaikuttavat seuraavasti:

Onnettomuustiheys (1)	r	P
- kasvaa liittymätiheyden (19) kasva- essa	+0.736	99.9 %
- kasvaa yksityistie- ja katuliittymä- tiheyden (21) kasvaessa	+0.721	99.9 %
- kasvaa liikennemäärän (18) kasvaessa	+0.284	99 %
- kasvaa maantie- ja paikallistieliit- tymätiheyden (20) kasvaessa	+0.282	99 %
- kasvaa leveyden (22) kasvaessa	+0.253	99 %
- pienenee vuosiluvun (17) kasvaessa	-0.166	90 %
- laatuluku (24) ei vaikuta	+0.025	
- geom. laatuluku (23) ei vaikuta	+0.003	

Regressioanalyysissä kokeiltiin selittäjinä muuttujia (17), (18), (19), (20), (22) ja (23). Tulokseksi saatiin seuraava malli, jossa muuttujien kertoimet ovat tilastollisesti merkitseviä vähintään 95 % tasolla:

$$1a \quad (1) = 8.01 + 5.12(19) - 16.20(17) \quad R = 0.743$$
$$R^2 = 0.552$$

Seuraavaksi selittäjäksi tullut muuttuja (18) heikensi kokonaiskorrelaatiota, eikä sen kertoimella ollut tilastollista merkitsevyyttä.

Saatu malli on yksi niistä kolmesta, joissa trendimuuttuja (17) on tullut merkitsevänä mukaan. Liittymätiheys on mallin hallitseva selittävä muuttuja niinkuin on luonnollistakin. Jos se on nolla, malli antaa tulokseksi lähellä nollaa olevan luvun.

Liikennemäärän ollessa noin 2 800 autoa vuorokaudessa



(KVL) jokainen risteys (= 2 liittymää) lisää tieosalla vuodessa sattuvia risteysonnettomuuksia yhdellä.

(2) Päälleajoja 100 milj. autokilometriä kohti

Selittävät muuttujat vaikuttavat seuraavasti:

Onnettomuustiheys (2)	r	P
- kasvaa yksityistie- ja katuliittymätiheyden (21) kasvaessa	+0.612	99.9 %
- kasvaa liittymätiheyden (19) kasvaessa	+0.576	99.9 %
- pienenee laatuluvun (24) kasvaessa	-0.244	99 %
- pienenee geom.laatuluvun (23) kasvaessa	-0.242	99 %
- pienenee vuosiluvun (17) kasvaessa	-0.143	
- pienenee leveyden (22) kasvaessa	-0.109	
- liikennemäärä (18) ei vaikuta	-0.080	
- maantie- ja katuliittymätiheys (20) ei vaikuta	-0.040	

Regressioanalyysissä kokeiltiin selittäjinä muuttujia (17), (18), (20), (21), (22). Tulokseksi saatiin seuraava malli, jossa muuttujien kertoimet ovat tilastollisesti merkitseviä vähintään 95 % tasolla:

$$2a \quad (2) = 127.52 + 2.76(21) - 0.73(18) - 1.21(22) \quad R = 0.719 \\ R^2 = 0.516$$

Seuraavaksi selittäjäksi tullut muuttuja (17) heikensi jo kokonaiskorrelaatiota.

Saadun mallin selittävät muuttujat ja niiden etumerkit ovat loogisia. Leveä tie ja/tai pientareet lisäävät jalankulkijoiden ja polkupyöräilijöiden turvallisuutta ja suovat autoilijalle mahdollisuuden pysähtyessään ajaa autonsa pois

ajoradalta. Liikennemäärän vaikutuksen luulisi olevan toisen-  
suuntaisen. Se korreloi kuitenkin monien sellaisten tekijöiden  
kanssa, jotka vähentävät päälleajoja, mutta joita kaikkia ei  
ole saatu mukaan tähän tarkasteluun. Liikennemäärän kasvu esi-  
merkiksi saattaa jossain määrin pienentää ajonopeuksia. Multi-  
kolineaarisuutta leveyden kanssa on havaittavissa ( $r_{18.22} =$   
0.626).

(3) Linjaonnettomuuksia 100 milj. autokilometriä kohti

Selittävät muuttujat vaikuttavat seuraavasti:

Onnettomuustiheys (3)	r	P
- pienenee geom.laatuluvun (23) kasvaessa	-0.348	99.9 %
- pienenee leveyden (22) kasvaessa	-0.314	99.9 %
- pienenee maantie- ja paikallistie- liittymätiheyden (20) kasvaessa	-0.314	99.9 %
- pienenee laatuluvun (24) kasvaessa	-0.308	99.9 %
- kasvaa yksityistie- ja katuliitty- mätiheyden (21) kasvaessa	+0.188	95 %
- kasvaa liittymätiheyden (19) kasva- essa	+0.124	
- pienenee liikennemäärän (18) kasva- essa	-0.124	
- vuosiluku (17) ei vaikuta	-0.088	

Regressioanalyysissä kokeiltiin selittäjinä muuttujia  
(17), (18), (19), (20), (22) ja (23). Tulokseksi saatiin seu-  
raavat mallit, joista edellisessä muuttujien kertoimet ovat  
tilastollisesti merkitseviä vähintään 95 % tasolla ja jälkim-  
mäisessä on korkein kokonaiskorrelaatio:



$$3a \quad (3) = 203.67 - 4.93(23) - 8.50(20) + 1.29(21) \quad R = 0.464$$

$$R^2 = 0.216$$

$$3b \quad (3) = 311.67 - 2.47(23) - 7.24(20) + 1.74(21) \quad R = 0.496$$

$$- 2.17(22) \quad R^2 = 0.246$$

Mallissa 3b haittaa multikolineaarisuus ( $r_{22,23} = 0.600$ ). Selityksaste saaduissa malleissa on alhainen, jota linjaonnettomuuksien kyseessäollen saattoi odottaa. Maantie- ja paikallistieliittymät, päinvastoin kuin muut liittymät, vähentävät linjaonnettomuuksia. Tämä saattaa johtua näiden liittymien nopeuksia ja ohituksia vähentävästä vaikutuksesta. Sensijaan maantie- ja paikallistieliittymät lisäävät risteysonnettomuuksia.

(4) Onnettomuuksia yhteensä 100 milj. autokilometriä kohti

Selittävät muuttujat vaikuttavat seuraavasti:

Onnettomuustiheys (4)	r	P
- kasvaa yksityistie- ja katuliittymätiheyden (21) kasvaessa	+0.693	99.9 %
- kasvaa liittymätiheyden (19) kasvaessa	+0.665	99.9 %
- pienenee geom.laatuluvun (23) kasvaessa	-0.248	99 %
- pienenee laatuluvun (24) kasvaessa	-0.221	95 %
- pienenee vuosiluvun (17) kasvaessa	-0.185	95 %
- liikennemäärä (18) ei vaikuta	+0.091	
- tien leveys (22) ei vaikuta	-0.064	
- maantie- ja paikallistieliittymätiheys (20) ei vaikuta	+0.040	

Regressioanalyysissä kokeiltiin selittäjinä muuttujia (17), (18), (20), (21), (22) ja (23). Tulokseksi saatiin seuraavat mallit, joista edellisessä muuttujien kertoimet ovat

tilastollisesti merkitseviä vähintään 95 % tasolla ja jälkimmäisessä on korkein kokonaiskorrelaatio:

$$4a \quad (4) = 442.02 + 9.27(21) - 4.87(22) \quad R = 0.733$$
$$R^2 = 0.538$$

$$4b \quad (4) = 502.97 + 9.13(21) - 4.61(22) - 22.06(17) \quad R = 0.739$$
$$R^2 = 0.546$$

Malliin tulleet muuttujat ja niiden etumerkit ovat loogisia. Liittymät lisäävät onnettomuuksia ja tien leveyden lisääntyminen vähentää niitä. Keskimääräisellä yksityistie- ja katuliittymätiheydellä ( (21) = 17, ks. taulukko 2, s. 97)) vähentää tien leveyden kasvaminen 7 metristä 10 metriin onnettomuustiheyttä 56 % (259 - 113 onn/100 milj.auto km).

(5) Henkilövahinkotapauksia risteysonnettomuuksissa 100 milj. autokilometriä kohti

Selittävät muuttujat vaikuttavat seuraavasti:

Onnettomuustiheys (5)	r	P
- kasvaa liittymätiheyden (19) kasvaessa	+0.690	99.9 %
- kasvaa yksityistie- ja katuliittymätiheyden (21) kasvaessa	+0.652	99.9 %
- kasvaa maantie- ja paikallistielittymätiheyden (20) kasvaessa	+0.392	99.9 %
- kasvaa liikennemäärän (18) kasvaessa	+0.361	99.9 %
- kasvaa leveyden (22) kasvaessa	+0.348	99.9 %
- kasvaa laatuluvun (24) kasvaessa	+0.202	95 %
- kasvaa geom.laatuluvun (23) kasvaessa	+0.150	
- vuosiluku (17) ei vaikuta	-0.086	

Malliin kokeiltiin selittäjiksi muuttujia (17), (18), (19),



(22) ja (23). Tulokseksi saatiin seuraavat mallit joista edellisessä muuttujien kertoimet ovat tilastollisesti merkitseviä vähintään 95 % tasolla ja jälkimmäisessä on korkein kokonaiskorrelaatio.

$$5a \quad (5) = -9.53 + 1.42(19) \quad R = 0.687$$

$$R^2 = 0.472$$

$$5b \quad (5) = -19.20 + 1.40(19) + 1.04(23) - 3.02(17) \quad R = 0.698$$

$$R^2 = 0.487$$

Malli 5a on looginen ja on samantapainen kuin aikaisemmin esitetty malli 1a (s.107). Malli 5b on muuttujan (17) kerrointa lukuunottamatta merkitsevä (95 %). Geometrisen laatuluvun positiivinen vaikutus saattaa johtua paremmilla teillä käytettävistä suuremmista nopeuksista.

(6) Henkilövahinkotapauksia päälleajoissa 100 milj. autokilometriä kohti

Selittävät muuttujat vaikuttavat seuraavasti:

Onnettomuustiheys (6)	r	P
- kasvaa yksityistie- ja katuliittymätiheyden (21) kasvaessa	+0.565	99.9 %
- kasvaa liittymätiheyden (19) kasvaessa	+0.540	99.9 %
- pienenee laatuluvun (24) kasvaessa	-0.156	90 %
- pienenee geom.laatuluvun (23) kasvaessa	-0.152	90 %
- pienenee vuosiluvun (17) kasvaessa	-0.141	
- tien leveys (22) ei vaikuta	-0.028	
- maantie- ja paikallistieliittymätih. (20) ei vaikuta	-0.011	
- liikennemäärä (18) ei vaikuta	-0.011	

Malliin kokeiltiin selittäjiksi muuttujia (17), (18), (21), (22) ja (23). Tulokseksi saatiin seuraavat mallit joista edellisessä muuttujien kertoimet ovat tilastollisesti merkitseviä vähintään 95 % tasolla ja jälkimmäisessä on korkein kokonaiskorrelaatio.

$$6a \quad (6) = 21.76 + 1.60(21) - 0.56(18) \quad R = 0.613$$

$$R^2 = 0.376$$

$$6b \quad (6) = 58.28 + 1.63(21) - 0.38(18) - 0.53(22) \quad R = 0.618$$

$$R^2 = 0.382$$

Malli 6a muistuttaa pääosiltaan mallia 2a (s. 108). Mallissa 6b multikolineaarisuus ( $r_{18,22} = 0.626$ ) aiheuttaa muutoksia kertoimien arvoissa ja mallin merkitsevyydestä laskun.

(7) Henkilövahinkotapauksia linjaonnettomuuksissa 100 milj. autokilometriä kohti

Selittävät muuttujat vaikuttavat seuraavasti:

Onnettomuustiheys (7)	r	P
- pienenee tien leveyden (22) kasvaessa	-0.206	95 %
- pienenee maantie- ja paikallistie-liittymätiheyden (20) kasvaessa	-0.120	
- liittymätiheys (19) ei vaikuta	-0.073	
- vuosiluku (17) ei vaikuta	+0.059	
- yksityistie- ja katuliittymätih. (21) ei vaikuta	-0.055	
- liikennemäärä (18) ei vaikuta	-0.037	
- geometrinen laatuluku (23) ei vaikuta	-0.034	
- laatuluku (24) ei vaikuta	-0.015	



Malliin kokeiltiin selittäjiksi muuttujia (17), (18), (20), (22) ja (23). Tulokseksi saatiin seuraavat mallit joista edellisessä muuttujien kertoimet ovat tilastollisesti merkitseviä vähintään 95 % tasolla ja jälkimmäisessä on korkein kokonaiskorrelaatio.

$$7a \quad (7) = 79.14 - 0.59(22) \quad R = 0.185$$

$$R^2 = 0.034$$

$$7b \quad (7) = 79.98 - 0.79(22) + 0.75(23) \quad R = 0.190$$

$$R^2 = 0.036$$

Huonoa selitystasetta saatettiin odottaa, koska linjaonnettomuuksia ja erittäinkin niiden vakavuusastetta lienee vaikeaa selittää yksinomaan tietekijöillä. Multikolineaarisuus on vaikuttamassa mallissa 7b ( $r_{22,23} = 0.600$ ).

(8) Henkilövahinkotapauksia onnettomuuksissa 100 milj. auto-kilometriä kohti

Selittävät muuttujat vaikuttavat seuraavasti:

Onnettomuustiheys (8)	r	P
- kasvaa yksityistie- ja katuliittymätiheyden (21) kasvaessa	+0.620	99.9 %
- kasvaa liittymätiheyden (19) kasvaessa	+0.617	99.9 %
- kasvaa maantie- ja paikallistie-liittymätiheyden (20) kasvaessa	+0.165	90 %
- kasvaa liikennemäärän (18) kasvaessa	+0.157	90 %
- pienenee vuosiluvun (17) kasvaessa	-0.101	
- geometrinen laatuluku (23) ei vaikuta	-0.066	
- laatuluku (24) ei vaikuta	-0.037	
- tien leveys (22) ei vaikuta	+0.019	

Malliin kokeiltiin selittäjiksi muuttujia (17), (18), (19), (22) ja (23). Tulokseksi saatiin seuraavat mallit joista edellisessä muuttujien kertoimet ovat tilastollisesti merkitseviä vähintään 95 % tasolla ja jälkimmäisessä on korkein kokonaiskorrelaatio.

$$8a \quad (8) = 124.94 + 2.73(19) - 1.19(22) \quad R = 0.634$$

$$R^2 = 0.402$$

$$8b \quad (8) = 129.20 + 2.83(19) - 1.67(22) + 1.52(23) \quad R = 0.636$$

$$R^2 = 0.404$$

Malli 8a on looginen. Mallissa 8b multikolinearisuus on vaikuttamassa ( $r_{22,23} = 0.600$ ).

(9) Ainevahinkotapauksia risteysonnettomuuksissa 100 milj. autokilometriä kohti

Selittävät muuttujat vaikuttavat seuraavasti:

Onnettomuustiheys (9)	r	P
- kasvaa liittymätiheyden (19) kasvaessa	+0.678	99.9 %
- kasvaa yksityistie- ja katuliittymätiheyden (21) kasvaessa	+0.673	99.9 %
- kasvaa liikennemäärän (18) kasvaessa	+0.226	95 %
- kasvaa maantie- ja paikallistie-liittymätiheyden (20) kasvaessa	+0.214	95 %
- kasvaa leveyden (22) kasvaessa	+0.191	95 %
- pienenee vuosiluvun (17) kasvaessa	-0.176	90 %
- geometrinen laatuluku (23) ei vaikuta	-0.055	
- laatuluku (24) ei vaikuta	-0.046	



Malliin kokeiltiin selittäjiksi muuttujia (17), (18), (19), (20), (22) ja (23). Tulokseksi saatiin seuraavat mallit joista edellisessä muuttujien kertoimet ovat tilastollisesti merkitseviä vähintään 95 % tasolla ja jälkimmäisessä on korkein kokonaiskorrelaatio.

$$9a \quad (9) = 9.80 + 3.70(19) - 13.96(17) \quad R = 0.687$$

$$R^2 = 0.472$$

$$9b \quad (9) = 58.15 + 3.87(19) - 13.26(17) - 0.69(22) \quad R = 0.688$$

$$R^2 = 0.473$$

Mallit ovat loogisia. Malli 9a on samantapainen kuin malli 1a (s.107).

(10) Ainevahinkotapauksia päälleajoissa 100 milj. autokilometriä kohti

Selittävät muuttujat vaikuttavat seuraavasti:

Onnettomuustiheys (10)	r	P
- kasvaa yksityistie- ja katuliittymätiheyden (21) kasvaessa	+0.438	99.9 %
- kasvaa liittymätiheyden (19) kasvaessa	+0.401	99.9 %
- pienenee geom.laatuluvun (23) kasvaessa	-0.265	99 %
- pienenee laatuluvun (24) kasvaessa	-0.264	99 %
- pienenee leveyden (22) kasvaessa	-0.170	90 %
- pienenee liikennemäärän (18) kasvaessa	-0.138	
- vuosiluku (17) ei vaikuta	-0.092	
- maantie- ja paikallistieliittymätiheys (20) ei vaikuta	-0.090	

Malliin kokeiltiin selittäjiksi muuttujia (17), (18), (20), (21), (22) ja (23). Tulokseksi saatiin seuraavat mallit joista edellisessä muuttujien kertoimet ovat tilastollisesti merkitseviä vähintään 95 % tasolla ja jälkimmäisessä on korkein kokonaiskorrelaatio.

$$10a \quad (10) = 69.25 + 1.12(21) - 0.67(22) - 0.35(18) \quad R = 0.568 \\ R^2 = 0.323$$

$$10b \quad (10) = 66.97 + 1.08(21) - 0.48(22) - 0.36(18) \quad R = 0.568 \\ R^2 = 0.323$$

Mallit ovat samantapaisia mallien 2a (s.108) sekä 6a ja 6b (s.113) kanssa. Ne ovat myös loogisia liikennemäärän vaikeammin tulkittavaa vaikutusta lukuunottamatta. Mallissa 10b vaikuttaa multikolinearisuus ( $r_{18,22} = 0.626$ ).

(11) Ainevahinkotapauksia linjaonnettomuuksissa 200 milj. auto-kilometriä kohti

Selittävät muuttujat vaikuttavat seuraavasti:

Onnettomuustiheys (11)	r	P
- pienenee geom.laatuluvun (23) kasvaessa	-0.431	99.9 %
- pienenee laatuluvun (24) kasvaessa	-0.388	99.9 %
- pienenee maantie- ja paikallistie-liittymätiheyden (20) kasvaessa	-0.351	99.9 %
- pienenee tien leveyden (22) kasvaessa	-0.319	99.9 %
- kasvaa yksityistie- ja katuliittymätiheyden (21) kasvaessa	+0.265	99 %
- kasvaa liittymätiheyden (19) kasvaessa	+0.190	95 %
- pienenee liikennemäärän (18) kasvaessa	-0.144	
- pienenee vuosiluvun (17) kasvaessa	-0.131	



Malliin kokeiltiin selittäjiksi muuttujia (17), (18), (20), (21), (22) ja (23). Tulokseksi saatiin seuraava malli 11a, jossa muuttujien kertoimet ovat merkitseviä vähintään 95 % merkitsevyystasolla.

$$11a \quad (11) = 235.45 - 3.23(23) + 1.63(21) - 6.57(20) \quad R = 0.600 \\ - 1.43(22) \quad R^2 = 0.360$$

Malli 11a on samantapainen kuin mallit 3a ja 3b (s.110). Mukaan tulleet selittäjät ovat loogisia, samoin niiden etumerkit. Saavutettu selitysaste on tyydyttävä, kun kyseessä ovat vaikeasti selitettävät linjaonnettomuudet. Multikolineaarisuus ( $r_{22,23} = 0.600$ ) vaikuttaa mallin parametriarvoihin.

(12) Ainevahinkotapauksia onnettomuuksissa yhteensä 100 milj. autokilometriä kohti

Selittävät muuttujat vaikuttavat seuraavasti:

Onnettomuustiheys (12)	r	P
- kasvaa yksityistie- ja katuliittymätiheyden (21) kasvaessa	+0.651	99.9 %
- kasvaa liittymätiheyden (19) kasvaessa	+0.614	99.9 %
- pienenee geom.laatuluvun (23) kasvaessa	-0.307	99.9 %
- pienenee laatuluvun (24) kasvaessa	-0.283	99 %
- pienenee vuosiluvun (17) kasvaessa	-0.207	95 %
- tien leveys (22) ei vaikuta	-0.095	
- liikennemäärä (18) ei vaikuta	+0.049	
- maantie- ja paikallistieliittymätiheys (20) ei vaikuta	-0.024	

Malliin kokeiltiin selittäjiksi muuttujia (17), (18), (20), (21), (22) ja (23). Tulokseksi saatiin mallit 12a ja 12b,

joista edellisessä muuttujien kertoimet ovat merkitseviä vähintään 95 % tasolla ja jälkimmäisessä on korkein kokonaiskorrelaatio.

$$12a \quad (12) = 374.89 + 6.33(21) - 3.62(22) - 19.42(17) \quad R = 0.711$$

$$R^2 = 0.505$$

$$12b \quad (12) = 350.25 + 6.21(21) - 2.22(22) - 17.89(17)$$

$$- 4.97(20) - 3.40(23) \quad R = 0.718$$

$$R^2 = 0.515$$

Mukaan tulleet selittäjät ovat loogisia samoin niiden kertoimien etumerkit. Jälkimmäisessä mallissa on multikolineaarisuutta ( $r_{22,23} = 0.600$ ). Mallit vastaavat aikaisemmin esitettyjä malleja 4a ja 4b (s. 111).

(13) Kuolleita ja loukkaantuneita risteysonnettomuuksissa 100 milj. autokilometriä kohti

Selittävät muuttujat vaikuttavat seuraavasti:

Onnettomuustiheys (13)	r	P
- kasvaa liittymätiheyden (19) kasvaessa	+0.533	99.9 %
- kasvaa yksityistie- ja katuliittymätiheyden (21) kasvaessa	+0.500	99.9 %
- kasvaa maantie- ja paikallistie-liittymätiheyden (20) kasvaessa	+0.327	99.9 %
- kasvaa liikennemäärän (18) kasvaessa	+0.296	99 %
- kasvaa tien leveyden (22) kasvaessa	+0.266	99 %
- kasvaa laatuluvun (24) kasvaessa	+0.246	99 %
- kasvaa geom.laatuluvun (23) kasvaessa	+0.171	90 %
- vuosiluku (17) ei vaikuta	-0.003	



Malliin kokeiltiin selittäjiksi muuttujia (17), (18), (19), (20), (22) ja (24). Tulokseksi saatiin seuraavat mallit 13a ja 13b, joista edellisessä muuttujien kertoimien arvot ovat tilastollisesti merkitseviä vähintään 95 % tasolla ja jälkimmäisessä on korkein kokonaiskorrelaatio.

$$13a \quad (13) = -42.62 + 1.32(19) + 0.73(24) \quad R = 0.566$$

$$R^2 = 0.320$$

$$13b \quad (13) = -12.79 + 1.36(19) + 0.94(24) - 0.66(22) \quad R = 0.575$$

$$+ 1.77(20) \quad R^2 = 0.331$$

Mukaan tulleet selittäjät ja niiden kertoimien etumerkit ovat loogisia. Laatuluvun positiivinen vaikutus liittyy nopeuksien kasvuun laatuluvun noustessa. Malleissa on sama hallitseva selittävä muuttuja kuin vastaavissa muissa risteys-onnettomuustiheyksiä koskevissa malleissa. Mallissa 13b on multikolinearisuutta ( $r_{22,24} = 0.613$ ).

(14) Kuolleita ja loukkaantuneita päälleajoissa 100 milj. auto-kilometriä kohti

Selittävät muuttujat vaikuttavat seuraavasti:

Onnettomuustiheys (14)	r	P
- kasvaa yksityistie- ja katuliittymätiheyden (21) kasvaessa	+0.557	99.9 %
- kasvaa liittymätiheyden (19) kasvaessa	+0.539	99.9 %
- pienenee vuosiluvun (17) kasvaessa	-0.100	
- geometrinen laatuluku (23) ei vaikuta	-0.094	
- laatuluku (24) ei vaikuta	-0.088	
- maantie- ja paikallistieliittymätiheys (20) ei vaikuta	+0.047	
- liikennemäärä (18) ei vaikuta	+0.019	
- tien leveys (22) ei vaikuta	+0.005	

Malliin kokeiltiin selittäjiksi muuttujia (17), (18), (20), (21), (22) ja (23). Tulokseksi saatiin seuraavat mallit 14a ja 14b, joista edellisessä muuttujien kertoimet ovat tilastollisesti merkitseviä vähintään 95 % tasolla ja jälkimmäisessä on korkein kokonaiskorrelaatio.

$$14a \quad (14) = 25.91 + 1.77(21) - 0.55 (18) \quad R = 0.591$$

$$R^2 = 0.349$$

$$14b \quad (14) = 59.66 + 1.81(21) - 0.39(18) - 0.49(22) \quad R = 0.593$$

$$R^2 = 0.352$$

Liikennemäärän negatiivinen vaikutus voitiin todeta jo edellä päälleajotiheyksiä koskevissa malleissa. Mallissa 14b vaikuttaa multikolineaarisuus ( $r_{18,22} = 0.626$ ).

(15) Kuolleita ja loukkaantuneita linjaonnettomuuksissa 100 milj. autokilometriä kohti

Selittävät muuttujat vaikuttavat seuraavasti:

Onnettomuustiheys (15)	r	P
- pienenee tien leveyden (22) kasvaessa	-0.191	95 %
- pienenee liittymätiheyden (19) kasvaessa	-0.143	
- pienenee yksityistie- ja katuliittymätiheyden (21) kasvaessa	-0.130	
- pienenee maantie- ja paikallistie-liittymätiheyden (20) kasvaessa	-0.108	
- vuosiluku (17) ei vaikuta	+0.098	
- geometrinen laatuluku (23) ei vaikuta	-0.057	
- laatuluku (24) ei vaikuta	-0.020	
- liikennemäärä (18) ei vaikuta	+0.000	



Malliin kokeiltiin selittäjiksi muuttujia (17), (18), (19), (22) ja (23). Tulokseksi saatiin seuraavat mallit 15a ja 15b, joista edellisessä muuttujan kerroin on tilastollisesti merkitsevä 95 % tasolla ja jälkimmäisessä on korkein kokonaiskorrelaatio.

$$15a \quad (15) = 127.08 - 0.92(22) \quad R = 0.168$$

$$R^2 = 0.028$$

$$15b \quad (15) = 164.54 - 1.50(22) + 0.69(18) - 0.41(19) \quad R = 0.236$$

$$R^2 = 0.056$$

Mallien selityskyky on huono. Malli 15a on samantapainen kuin malli 7a (s.114). Mallissa 15b vaikuttaa multikolineaarisuus ( $r_{18,22} = 0.626$ ).

(16) Kuolleita ja loukkaantuneita onnettomuuksissa yhteensä 100 milj. autokilometriä kohti

Selittävät muuttujat vaikuttavat seuraavasti:

Onnettomuustiheys (16)	r	P
- kasvaa liittymätiheyden (19) kasvaessa	+0.469	99.9 %
- kasvaa yksityistie- ja katuliittymätiheyden (21) kasvaessa	+0.469	99.9 %
- kasvaa liikennemäärän (18) kasvaessa	+0.168	90 %
- kasvaa maantie- ja paikallistie-liittymätiheyden (20) kasvaessa	+0.130	
- laatuluku (24) ei vaikuta	+0.055	
- tien leveys (22) ei vaikuta	+0.038	
- vuosiluku (17) ei vaikuta	-0.011	
- geometrinen laatuluku (23) ei vaikuta	-0.008	

Malliin kokeiltiin selittäjiksi muuttujia (17), (18), (19), (22) ja (23). Tulokseksi saatiin seuraavat mallit 16a ja 16b, joista edellisessä muuttujien kertoimet ovat tilastollisesti merkitseviä vähintään 95 % tasolla ja jälkimmäisessä on korkein kokonaiskorrelaatio.

$$16a \quad (16) = 186.12 + 2.71(19) - 1.45(22) \quad R = 0.483$$

$$R^2 = 0.233$$

$$16b \quad (16) = 191.54 + 2.85(19) - 2.08(22) + 2.06(23) \quad R = 0.485$$

$$R^2 = 0.236$$

Mallit ovat samantapaisia kuin mallit 8a ja 8b (s.115). Jälkimmäisessä mallissa vaikuttaa multikolineaarisuus ( $r_{22,23} = 0.600$ ).



Taulukko 4

Liikenneonnettomuustiheysmallit

Estimoidut mallit ja parametriestimaattien keskivirheet	R
(1) = 8.01 + 5.12(19) - 6.20(17) (0.43) (7.49)	0.743
(2) = 127.52 + 2.76(21) - 0.73(18) - 1.21(22) (0.25) (0.26) (0.46)	0.719
(3) = 203.67 + 4.93(23) - 8.50(20) + 1.29(21) (1.48) (2.45) (0.44)	0.464
(4) = 442.02 + 9.27(21) - 4.87(22) (0.76) (1.16)	0.733
(5) = - 9.53 + 1.42(19) (0.14)	0.687
(6) = 21.76 + 1.60(21) - 0.56(18) (0.19) (0.16)	0.613
(7) = 79.14 - 0.59(22) (0.26)	0.185
(8) = 124.94 + 2.73(19) - 1.19(22) (0.29) (0.47)	0.634
(9) = 9.80 + 3.70(19) - 13.96(17) (0.37) (6.38)	0.687
(10) = 69.25 + 1.12(21) - 0.67(22) - 0.35(18) (0.15) (0.29)	0.568
(11) = 235.45 - 3.23(23) + 1.63(21) - 6.57(20) - 1.43(22) (1.27) (0.34) (1.76) (0.65)	0.600
(12) = 374.89 + 6.33(21) - 3.62(22) - 19.42(17) (0.58) (0.88) (9.23)	0.711
(13) = -42.62 + 1.32(19) + 0.73(24) (0.19) (0.25)	0.566
(14) = 25.91 + 1.77(21) - 0.55(18) (0.22) (0.18)	0.591
(15) = 127.08 - 0.92(22) (0.44)	0.168
(16) = 186.12 + 2.71(19) - 1.45(22) (0.44) (0.72)	0.483

Parametriestimaatit ovat tilastollisesti merkitseviä vähintään 95 %  
todennäköisyydellä



## 6. Yhteenveto

Tämän tutkimuksen tavoitteeksi asetettiin liikenneonnettomuuksien ja erilaisten tietekijöiden välisen riippuvuuden selvittäminen. Riippuvuutta kuvaavalla mallilla toivottiin voitavan selittää mahdollisimman hyvin liikenneonnettomuustiheyslukujen vaihtelua tieosittain.

Taulukossa 4 (s.124) on esitetty tutkimuksen tuloksena saadut varsinaiset mallit (a-mallit). Kappaleessa 5 esitettyihin korkeamman selityksasteen omaaviin malleihin (b-mallit) ei ole syytä kiinnittää sen enempää huomiota, sillä niiden kaikki kertoimet eivät enää ole tilastollisesti merkitseviä. Useissa malleissa tämä johtuu ainakin osaksi viimeisten lisättyjen selittävien muuttujien multikolinearisuudesta (vert. s.106).

Varsinaisilla malleilla saavutettuja kokonaiskorrelaatio-kertoimia apuna käyttäen saadaan seuraava asetelma, joka kuvaa kullakin mallilla selitetyn varianssin %-osuutta selitettävän muuttujan koko varianssista ( $100 R^2$ ):

	Risteys- onnettom.	Päälle- ajot	Linja- onnettom.	Onnettom. yht.	Keski- arvo
Kaikki tap.	55.2	51.6	21.6	53.8	45.5
Henkilöv.tap.	47.2	37.6	3.4	40.2	32.1
Ainev.tap.	47.2	32.3	36.0	50.5	41.5
Kuoll. ja loukk.	32.0	34.9	2.8	23.3	23.2
Keskiarvo	45.4	39.1	15.1	41.9	35.6

Mallien selityksasteet ovat, muutamia poikkeuksia lukuunottamatta, melko korkeita, kun ottaa huomioon lähtökohtana olleeseen aineistoon liittyvät heikkoudet. Lisäksi selittävinä muuttujina oli malleissa vain joitakin tietekijöitä, ja inhi-



milliset yms. onnettomuustekijät jäivät kokonaan tarkastelun ulkopuolelle.

Tutkimuksen kannalta tärkein on epäilemättä onnettomuuksia yhteensä kuvaava malli 4a (s.111). Sen mukaan liittymätiheyden kasvu lisää onnettomuuksia ja tien leveyden lisääntyminen vähentää niitä. Malli on johdonmukainen ja sen selityksaste (53.8 %) on toiseksi korkein kaikista a-malleilla saaduista.

Tulosten valossa näyttää onnettomuuksien jako risteys-, päälleajo- ja linjaonnettomuuksiin (ks. s. 93) onnistuneelta. Risteysonnettomuuksien (malli 1a, s.107) hallitsevana selittäjänä on liittymätiheys, päälleajojen (malli 2a, s.108) hallitsevana selittäjänä on yksityistie- ja katuliittymätiheys ja linjaonnettomuuksien (malli 3a, s.110) hallitsevana selittäjänä on tien geometrinen laatuluku. Lisäksi ovat kaikkien näiden hallitsevien selittävien muuttujien kertoimien etumerkit loogisia. Risteysonnettomuusmallin (1a) selityksaste (55.2 %) on a-malleilla saaduista kaikkein korkein.

Sensijaan onnettomuuksien jako niiden seurausten mukaan on tämän tutkimuksen kannalta keinotekoinen. Nämä mallit muistuttavat pääosiltaan vastaavia kaikkia onnettomuuksia koskevia malleja (mallit 1-4), mutta niiden selityksasteet ovat selvästi alhaisempia. Onnettomuuden vakavuusasteen ja tarkasteltujen tietekijöiden välillä ei voidakaan olettaa vallitsevan tämän voimakkaampaan riippuvuutta. Paremmen selityksasteen saavuttaminen edellyttäisi uusien ja nimenomaan ao. onnettomuustyyppien kanssa korreloivien selittävien muuttujien ottamista mukaan tarkasteluun.

## 7. Lopuksi

Tutkimuksen taustalla oli ajatus sellaista ennuste- ja ohjelmointimallien muodostamisesta, joiden avulla tiesuunnittelija voisi aktiivisesti vaikuttaa teillä sattuvien liikenneonnettomuuksien määrään. Saavutettujen tulosten valossa näyttäisi tällaisten mallien aikaansaaminen täysin mahdolliselta. Tässä suhteessa voidaan johdannossa mainittuun tvh:n teknilistaloudellisen toimiston aloittamaan laajaan tutkimukseen asettaa suuria toiveita.

Nyt estimoitujen mallien soveltamiseen on sensijaan syytä suhtautua suurella varovaisuudella, sillä ennenkuin mallien käyttökelpoisuudesta voidaan sanoa mitään varmaa, olisi niitä kokeiltava johonkin toiseen havaintoaineistoon. Tällaiseen kokeeseen tarvittavaa aineistoa ei ollut käytettävissä. Johtopäätösten teko kokeen perusteella olisi joka tapauksessa ollut vaikeaa malleihin liittyvän suuren selittämättä jääneen varianssin johdosta.







TVH/ Tiestötoimisto

## TIEVERKON LAATULUOKITTELU

### Luokitteluperusteet

#### A. Luokittelupisteiden jakautuminen pääryhmittäin:

1. Liikenneturvallisuus	45 p	} 100p.
2. Tien geometria	30 p	
3. Tekn. standardi	25 p	

#### B. Vähennyspisteiden jakautuminen arvostelukohteittain:

Arvostelu 100 m:n jaksoin. Suluissa tien geometrian arvostelu.

1.	Ajoradan	>7.0 m	6.9-6.5 m	6.4-6.0 m	< 6.0 m	
	leveys	0 p.	6 (2) p.	12 (5) p.	20 (8) p.	20 (8) p.
2.	Pientareiden	≥ 2.5 m	2.4 - 2.0 m	1.9 - 1.5 m	1.4 - 1.0 m	< 1.0 m
	leveys	0 p.	2 p.	4 p.	8 p.	11 p.
3.	Pituus -		< 150 m	150-500 m	> 500 m	
	kaltevuus	35-60 ‰	0 (0) p.	1 (1) p.	3 (2) p.	
		> 60 ‰	2 (1) p.	4 (3) p.	6 (4) p.	6 (4) p.
4.	Ohitus-	> 500 m	500-250 m	250-120 m	< 120 m	
	näkemät	0 p.	2x4 (3) p	2x11 (7) p	2x14 (9) p.	28 (18) p.
5.	Rautatien t. päätien tasoristeys				10 p.	
6.	Taajama				5 p.	10 p.
7.	Päällysteen kunto					5 p.
8.	Tien kantavuus					20 p.
						} tekn. standardi

Maks. 100 (30)p.

#### C. Laatuarvosteluperusteet:

