

TIEOLOSUHTEET JA LIIKENNETURVALLISUUS

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS

TIESUUNNITTELUOSASTON TEKNILLISTALOUDELLINEN TOIMISTO

TIEDOTUSLEHTI N:o 1/1969

HELSINKI 30. 6. 1969

16819

TK



YHTEENVETO ULKOLAISISTA TASOLIITTYMÄONNETTOMUUKSIA
KOSKEVISTA TUTKIMUKSISTA

Raimo Haakana

Tie- ja vesirakennushallitus
Tiesuunnitteluosaston teknillistaloudellinen toimisto
Helsinki 30.6.1969

YHTEISKUNNALLISEN KASVATUKSEN
KÄSIRUKKUN KÄYTTÖOHJE

1978

YHTEISKUNNALLISEN KASVATUKSEN KÄSIRUKKUN KÄYTTÖOHJE
16819

Tieliikenneonnettomuuksista tapahtuu huomattava osa tasoliittymissä. Liikenneturvallisuuden parantamiseksi tulisi tästä syystä kiinnittää erityistä huomiota liittymien suunnittelua koskevien ohjeiden täydentämiseen, liittymien suunnitteluun ja jo olevien liittymien parantamiseen. Tiesuunnitteluosasto onkin suorittanut em. tarkoitusta palvelevia tutkimuksia.

Ulkomailla suoritettujen tutkimusten tulosten kartoittamiseksi on tässä tiedotuslehdessä julkaistu teknillistaloudellisessa toimistossa laadittu kirjallisuustutkimus, jossa on eri tutkimusten tulosten vertailulla pyritty selvittämään eri teki-
jöiden vaikutusta tasoliittymäonnettomuuksiin.

30.6.1969 Tiesuunnitteluosaston teknillis-
taloudellinen toimisto.

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
1. JOHDANTO	1
2. ONNETTOMUUSTYYPEISTÄ	3
2.1 Yleistä	3
2.2 Käsitteitä	3
2.3 Eri tutkimukset	4
2.4 Yhteenveto	19
3. ONNETTOMUUKSIEN RIIPPUVUUS LIIKENNEMÄÄRÄSTÄ	20
3.1 Yleistä	20
3.2 Eri tutkimukset	20
3.3 Yhteenveto	39
4. LIITTYMÄMUODON JA -KULMAN VAIKUTUS ONNETTOMUUKSIIN	41
4.1 Yleistä	41
4.2 Eri tutkimukset	43
4.3 Yhteenveto	58
5. LIIKENNEMERKKIEN JA AJORATAMERKINTÖJEN VAIKUTUS ONNETTOMUUKSIIN	61
5.1 Yleistä	61
5.2 Eri tutkimukset	61
5.3 Yhteenveto	68
6. NÄKEMIEN VAIKUTUS ONNETTOMUUKSIIN	70
6.1 Yleistä	70
6.2 Eri tutkimukset	70
6.3 Yhteenveto	72
7. SAAREKKEIDEN JA LIITTYMIEN KANAVOINNIN VAIKUTUS ONNETTOMUUKSIIN	74
7.1 Yleistä	74
7.2 Eri tutkimukset	74
7.3 Yhteenveto	77

	Sivu
8. NOPEUDENMUUTOSKAISTOJEN JA LIITTYMÄKAARTEEN SÄTEEN VAIKUTUS ONNETTOMUUKSIIN	78
8.1 Yleistä	78
8.2 Eri tutkimukset	78
8.3 Yhteenveto	80
9. LIIKENNEVALOILLA VARUSTETUT LIITTYMÄT	81
9.1 Yleistä	81
9.2 Eri tutkimukset	81
9.3 Yhteenveto	90
10. JOHTOPÄÄTÖKSIÄ TUTKIMUSTULOKSISTA	91
10.1 Tärkeimpiä havaintoja tutkimuksista	91
10.2 Kotimaisen onnettomuustutkimuksen tarve	94
 KIRJALLISUUSLUETTELO	 95

1. JOHDANTO

Yleisesti tunnettua on, että tasoliittymät ovat tien vaarallisimpia kohtia. Sattuuhan niissä prosentuaalisesti hyvin suuri osuus kaikista tieliikenneonnettomuuksista ja onnettomuudet ovat usein seurauksiltaan vakavia. Pääasiassa tämä johtuu siitä, että tasoliittymissä yhtyvät eri teiden liikennevirrat, jolloin syntyy eri liikennevirtojen välisiä konfliktitilanteita. Vaikka suurin osa onnettomuuksista johtuukin pelkästään inhimillisistä tekijöistä, on myös eri liittymätekijöillä ja liittymän liikenteenjärjestelyllä ainakin välillinen vaikutus onnettomuuslukuihin. Tästä syystä on mielekästä tutkia onnettomuuksia erityyppisissä liittymissä ja selvittää eri tekijöiden vaikutus liikenneturvallisuu-teen.

Tiedotuslehti sisältää referaatteja ulkomailla suoritetuista, tasoliittymäonnettomuuksia koskevista tutkimuksista sekä näiden tulosten perusteella tehtyjä yhteenvetoja. Tällaisella kirjallisuustutkimuksella on ollut lähinnä kaksi tarkoitusta; ensinnäkin saada käsitys siitä, millaisia tuloksia ko. tutkimuksissa on saatu ja toiseksi tutustua tutkimusmetodiikkaan vastaavaa kotimaista tutkimusta varten. Eri maissa suoritettujen tutkimustulosten vertaamisessa on tiettyjä vaikeuksia ja tähän vaikuttavat mm. erilaiset olosuhteet, liikenteen määrä ja koostumus, onnettomuus-tilastoinnin erilaisuus jne. Tämän vuoksi tutkimustuloksia ei esimerkiksi voida suoranaisesti soveltaa Suomen oloihin ja tästäkin syystä kotimaisen tutkimuksen suorittaminen on tarpeen.

Kirjallisuustutkimuksen runko on laadittu sellaiseksi, että siinä on samaa asiaa koskettelevat tutkimustulokset kerätty yhteen ja näiden perusteella laadittu yhteenveto. Aluksi käsitellään eri perustein tapahtuvaa tasoliittymäonnettomuuksien jakaantumista eri onnettomuustyyppeihin. Seuraavaksi tarkastellaan

liikennemäärän vaikutusta onnettomuuksiin, eli millaisia riippuvuuksia on saatu liikennemäärän ja onnettomuuksien välillä. Sen jälkeen on tarkasteltu eri liittymätekijöiden (muoto, liittymäkulma, saarekkeet, näkyvyys jne.) vaikutusta onnettomuuksiin.

Pääasiassa tarkastellut tutkimukset käsittelevät maaseutualueilla sijaitsevia liittymiä, joissa ei ole liikennevaloja. Esityksen loppupuolella on myös lyhyt yhteenveto liikennevaloilla varustetuista liittymistä.

Liittymäonnettomuuksia käsittelevä tutkimuskenttä on niin laaja, että kaikkiin sitä kosketteleviin tutkimuksiin tutustuminen on käytännössä mahdotonta. Siitä syystä korostetaan, että ne tulokset ja yhteenvedot, mitä tässä tiedotuslehdessä esitetään, on tehty sen kirjallisuuden perusteella, mitä on ollut käytettävissä ja joka on esitetty kirjallisuusluettelon yhteydessä.

2. ONNETTOMUUSTYYPEISTÄ

2.1 Yleistä

Aluksi esitetään onnettomuustutkimuksiin liittyviä käsitteitä, jotka koskevat onnettomuuslukuja, teitä, liittymiä jne. Seuraavaksi käsitellään eri tutkimusten perusteella onnettomuuksien jakautumista eri tyyppeihin onnettomuustilanteiden, ajoneuvotyyppien jne. mukaan ja lopuksi esitetään lyhyt yhteenveto.

2.2 Käsitteitä

Vertailtaessa liikenneturvallisuuden kannalta eri liittymiä tai liittymäryhmiä toisiinsa, eri parannustoimenpiteiden vaikutusta onnettomuuksiin jne. , käytetään vertailussa määrättyjä onnettomuuslukuja, joita käytetään perustana liittymän liikenneturvallisuutta arvosteltaessa. Seuraavassa on muutamia määrittelyksiä tässä esityksessä käytetyistä onnettomuusluvusta, teistä, onnettomuuksista jne.

Onnettomuusaste tarkoittaa onnettomuuksien lukumäärää tiettyä liittymän kautta kulkenutta ajoneuvomäärää kohden (esim. onn./100 000 ajon.)

Onnettomuustiheys tarkoittaa onnettomuuksien lukumäärää vuotta ja liittymää kohti.

Onnettomuusfrekvenssiä on käytetty yleisesti liikenneturvallisuutta kuvaavana onnettomuuslukuna ja se voi merkitä sekä onnettomuusastetta että -tiheyttä. Useimmiten onnettomuusfrekvenssi tarkoittaa onnettomuustiheyttä eli onnettomuuksien lukumäärää vuotta ja liittymää kohden.

Päätie tarkoittaa liittymissä korkealuokkaisempaa tietä, jonka liikennemäärä on yleensä suurempi kuin liittyvän tien.

Liittyvä tie on päätiehen liittyvä alempiluokkainen tie.

Liittymätyyppinen onnettomuus tarkoittaa päätietä suoraan ajavan ja joko päätieltä liittyvälle tielle tai päinvastoin kääntyvän ajoneuvon välistä onnettomuutta.

Yksipuolinen liittymä tarkoittaa sellaista liittymää, jossa alempiluokkainen tie liittyy päätiehen vain toiselta puolelta (3-haarainen).

Kaksipuolinen liittymä tarkoittaa liittymää, jossa alempiluokkainen tie risteää joko suoraan tai porrastettuna päätietä (4-haarainen).

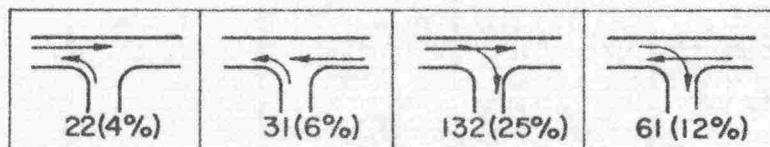
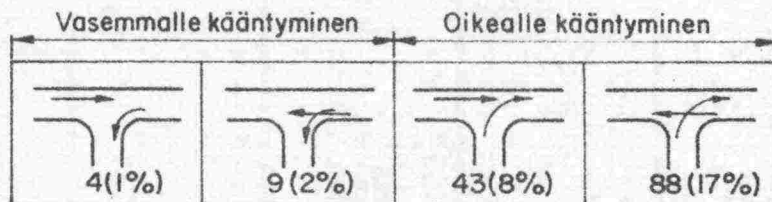
2.3 Eri tutkimukset

2.31 Tanner (Englanti 1953 /1/) on tutkimuksessaan käsitellyt tasoliittymäonnettomuuksien jakaantumista onnettomuustilanteiden (konfliktitilanteiden) ja onnettomuuksiin osallistuneiden ajoneuvotyyppien perusteella. Tutkimus käsitti 232 yksipuolista maaseudun liittymää Englannissa ja Walesissa.

Onnettomuuksien jakaantuminen eri tyypeihin onnettomuustilanteiden mukaan.

Henkilövahinkoon tai pelkkään omaisuusvahinkoon johtaneiden onnettomuuksien lukumäärät eri liikennevirtojen kombinaatioille on esitetty kuvassa 1. Sellaiset onnettomuudet, joihin osallistui enemmän kuin kaksi ajoneuvoa, on merkitty sen tyyppiseksi 2-ajoneuvo-onnettomuuksiksi, joita ne lähinnä muistuttivat. Jalankulkijaonnettomuuksia oli melko vähän ja ne on pääasiassa sisällytetty 1-ajoneuvo-onnettomuuksiin. Kuvan 1 kaksi ylintä kohtaa sisältävät päätietä suoraan ajavien ja kääntyvien ajoneuvojen väliset onnettomuudet. Nämä ns. "liittymätyyppiset"

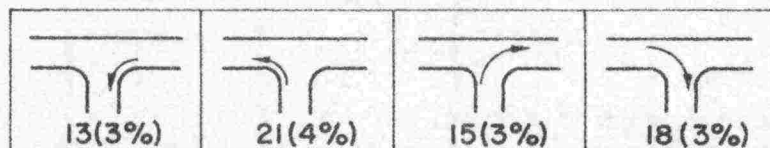
Liittymätyyppiset onnettomuudet (yht. 320 (75%))



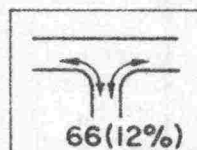
Yhteensä 66 (13%)

Yhteensä 324 (62%)

I - ajoneuvo - onnettomuudet (yht. 67 (13%))



Kahden kääntyvän ajoneuvon väliset onnettomuudet



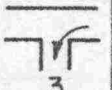
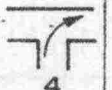
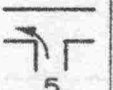

Kuva 1. Onnettomuuksien jakautuminen erityyppisiin onnettomuuksiin onnettomuustilanteiden mukaan. Tanner (Englanti 1953). Vasemmanpuoleinen liikenne.

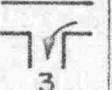

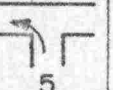

onnettomuudet muodostivat n. 3/4 kaikista onnettomuuksista tämän tyyppisissä liittymissä ja muut onnettomuudet muodostuivat yhtäläisesti 1-ajoneuvo-onnettomuuksista ja kahden kääntyvän ajoneuvon välisistä onnettomuuksista. Liittymätyyppisistä onnettomuuksista n. 83 % kuului ryhmään, jossa ajoneuvo kääntyi oikealle (vasemmanpuoleinen liikenne). Yleisin liikkeen kombinaatio oli päätieltä oikealle kääntyvien ja samaan suuntaan suoraan ajavien ajoneuvojen väliset onnettomuudet. Nämä muodostivat 34% kaikista liittymätyyppisistä onnettomuuksista ja 25 % kaikista onnettomuuksista ko. liittymissä. 53 % liittymätyyppisistä onnettomuuksista kuului ryhmään, jossa ajoneuvo kääntyi päätieltä ja loput 47 % ryhmään, jossa ajoneuvo kääntyi päätielle.

Onnettomuuksien jakaantuminen ajoneuvotyyppien mukaan



Kuvissa 2 ja 3 on sama onnettomuusjako kuin kuvassa 1 edelleen jaettu ajoneuvotyyppien mukaan. Kuva 2 koskee 1-ajoneuvo-onnettomuuksia ja kahden kääntyvän ajoneuvon välisiä onnettomuuksia ja kuva 3 liittymätyyppisiä onnettomuuksia. Kuvassa 3 on ajoneuvojen eri liikkeet numeroitu 1:stä 6:een. Ajoneuvotyyppit on kuvissa jaettu seuraavasti: polkupyörät, moottoripyörät, henkilöautot, julkisen liikenteen kulkuneuvot (La), kuorma- ja pakettiautot.

2.32 Charlesworth ja Tanner (Englanti 1960 /2/) totesivat tutkimuksessa tasoliittymäonnettomuuksien jakaantumisesta seuraavaa: Vuonna 1953 sattui 11871 henkilövahinkoon johtanutta onnettomuutta liittymissä maaseutualueilla. Nämä muodostivat 6,4 % koko maan ja 27 % kaikista maaseutualueilla tapahtuneista henkilövahinko-onnettomuuksista. Yli 4 % näistä oli kuolemaan johtaneita onnettomuuksia ja lähes 40 %:iin sisältyi kuolena tai vakava loukkaantuminen.

Liikesuunnat 1-ajoneuvo-onnettomuuksissa				
				
	3	4	5	6
Pp	1	2	1	2
Mp	3	1	8	0
Ha	4	6	8	7
La	2	3	1	2
Ka, Pa	1	3	2	6
Yht.	11	15	20	17

Liikesuunnat kahden kääntyvän ajoneuvon välisissä onnettomuuksissa				
				
	3	4	5	6
Pp	1	0	3	4
Mp	0	1	6	3
Ha	13	14	20	17
La	2	2	0	3
Ka, Pa	1	6	11	11
Yht.	17	23	40	38

Kuva 2. 1-ajoneuvo-onnettomuuksien ja kahden kääntyvän ajoneuvon välisen onnettomuuksien jakautuminen ajoneuvojen liikesuuntien ja ajoneuvotyyppien mukaan. Tanner (Englanti 1953).

1 							2 					
	Pp	Mp	Ha	La	Pa, Ka	Yht.	Pp	Mp	Ha	La	Pa, Ka	Yht.
Pp								1				1
Mp												
Ha			1		1	2	3				1	4
La												1
Pa, Ka					2	2						1
Yht.			1		3	4	5	1			1	7
Pp	1	1	6		1	9		1	9	1		11
Mp	1		2		1	4		2	8		1	11
Ha		3	11		2	16	5	8	24	1	6	44
La			2		1	3		2	1			3
Pa, Ka		1	5		2	8	1	4	6		1	12
Yht.	2	5	26		7	40	6	17	48	2	8	81
Pp			2			2			3			3
Mp			1			1		1	3			4
Ha		1	9	1	3	14	1	1	6	1	2	11
La		1		1		2			3		1	4
Pa, Ka			2		1	3		1	4	1	3	9
Yht.		2	14	2	4	22	1	3	19	2	6	31
Pp			13			13			4			4
Mp	1	2	6			9	1	2	2		2	7
Ha		15	28	4	8	55	6	7	13	1	5	32
La		6	4		1	11		1	1		1	3
Pa, Ka		11	26	1	4	42	2	4	4	1	3	14
Yht.	1	34	77	5	13	130	9	14	24	2	11	60

Kuva 3. Liittymätyyppisten onnettomuuksien jakautuminen onnettomuus-tilanteiden ja ajoneuvotyyppien mukaan. Tanner (Englanti 1953).

Maaseudun kaksiajorataisten teiden liittymissä jakaantuvat kahden ajoneuvon väliset onnettomuudet onnettomuustilanteiden mukaan seuraavasti (82 henkilövahinkoon johtanutta onnettomuutta):

- 2-ajorataisella tiellä suoraan ajava/2-ajorataiselta tieltä oikealle kääntyvä 57 %
- 2-ajorataisella tiellä suoraan ajava/2-ajorataiselta tieltä vasemmalle kääntyvä 6 %
- 2-ajorataisella tiellä suoraan ajava/2-ajorataiselle tielle tuleva ajoneuvo 13 %
- muut (peräänajot, jne.) 24 %

Oikealle kääntyminen 2-ajorataiselta tieltä on täten huomattavasti vaarallisempi kuin muut kombinaatiot (vasemmanpuoleinen liikenne).

2.33. Kolsrud ja Roosmark (Ruotsi 1963 /3/). Tutkimus käsitti 507 yksipuolista maaseudun tasoliittymää Göteborgin ja Bohus'in lääneissä. Tutkituissa liittymissä sattui vuosina 1957 - 59 yhteensä 234 onnettomuutta. Lukuun sisältyivät ainoastaan liikkeellä olevien ajoneuvojen yhteenajot, joten 1-ajoneuvo-onnettomuudet sekä jalankulkijaonnettomuudet on jätetty huomioon ottamatta. Tutkimus koski ainoastaan yleisten teiden liittymiä.

Seuraavassa taulukossa on esitetty vuosina 1957 - 60 sattuneiden risteysonnettomuuksien prosentuaalinen osuus kaikista tieliikenneonnettomuuksista.




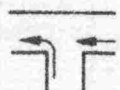


Taulukko 1. Risteysonnettomuuksien prosentuaalinen osuus kaikista tieliikenneonnettomuuksista harvaan asutuilla alueilla onnettomuuksien seurausten perusteella.

Vuosi	Kuolemaan johtaneita %	Loukkaantumiseen joht. %	Pelkkiä omais. vahink. %	Kaikki risteysonnett. %
1957	22,8	19,7	16,7	17,9
1958	23,2	18,9	17,0	17,8
1959	17,5	20,4	17,0	18,1
1960	17,0	19,3	17,0	17,7

Taulukko osoittaa, että n. 18 % kaikista onnettomuuksista harvaan asutuilla seuduilla sattuu tienristeyksissä. Luvut osoittavat myös, että risteysonnettomuudet muodostavat suhteellisen suuren osan henkilövahinko-onnettomuuksista.

Onnettomuuksien jakaantuminen eri tyypeihin onnettomuustilanteiden mukaan.

Onnettomuuksien prosentuaalinen jakaantuminen onnettomuustilanteiden mukaan ajoneuvolajeittain on esitetty kuvassa 4. Siitä kävi ilmi, että tavallisin onnettomuustyyppi on n:o 6, jossa kaksi samasta suunnasta päätietä ajavaa ajoneuvoa ajaa yhteen edellä ajavan ajoneuvon kääntyessä oikealle (vasemmanpuoleinen liikenne). Ko. onnettomuustyyppi muodostaa n. 42 % kaikista onnettomuuksista. Toiseksi yleisin tyyppi on n:o 2, jossa ajoneuvo kääntyy liittyyvältä tieltä oikealle ja ajaa yhteen pätieltä vastakkaisesta suunnasta tulevan ajoneuvon kanssa (25 %). Onnettomuuksien kokonaismäärästä oli n.94 % oikealle kääntyvien aiheuttamia joten vasemmalle kääntyminen esiintyi vain n. 6 %:ssa onnettomuuksista.

Liikenne- elementti ¹⁾	Onnettomuustyyppi						Kaikki onnetto- muudet
	I	II	III	IV	V	VI	
							
1 / 1	6.6	16.3	2.7	4.7	8.5	29.7	68.5
1 / 2	4.3	6.9	1.2	1.2	3.1	11.2	27.9
2 / 2	-	1.6	-	0.4	0.4	1.2	3.6
Yhteensä	10.9	24.8	3.9	6.3	12.0	42.1	100.0

¹⁾ Liikenne-elementti 1: ha, la, ka ja tr

Liikenne-elementti 2: pp ja mp

Kuva 4. Onnettomuuksien prosentuaalinen jakautuminen eri tyyppeihin onnettomuustilanteiden ja ajoneuvotyyppien (liikenne-elementtien) mukaan. Kolsrud ja Roosmark (Ruotsi 1963). Vasemmanpuoleinen liikenne.

Onnettomuuksien jakaantuminen ajoneuvotyyppien mukaan

Kuvassa 4 on ajoneuvot jaettu seuraavasti: liikenne-elementti 1 (sisältää henkilöautot, kuorma-autot, bussit ja traktorit) ja liikenne-elementti 2 (sisältää kaksipyöräiset ajoneuvot). Taulukossa 2 verrataan eri liikenne-elementtien välisiä onnettomuuksia tutkittujen liittymien ja koko maan maaseudun liittymien kesken (vv. 1957 -59).

Taulukko 2: Onnettomuuksien prosenttijakautuma onnettomuuksiin osallistuneiden liikenne-elementtien mukaan.

Liikenne-elementit	Onnettom. yksipuolisissa liittymissä Göteborgissa ja Bohus'in lääneissä %	Kaikki onnettomuudet koko maassa %
1/1	68,5	78,8
1/2	27,9	18,9
2/2	3,6	2,3
Yhteensä	100,0	100,0

Taulukosta nähdään, että niiden onnettomuuksien prosentuaalinen osuus, joissa liikenne-elementti 2 on ollut osallisena, on suhteellisesti suurempi tutkituissa yksipuolisissa liittymissä kuin keskimäärin kaikissa onnettomuuksissa koko maassa.

2.34 Roosmark (Ruotsi 1964 /4/) Tutkimus käsitti kaikki onnettomuudet, jotka olivat sattuneet yksipuolisissa valtateiden ja muiden yleisten teiden liittymissä maaseudun harvaan asutuilla seuduilla Ruotsissa vuosina 1957 - 59. Tutkittujen liittymien lukumäärä oli 805 ja niissä sattui en. ajanjaksona yhteensä 708 onnettomuutta. Seuraavassa taulukossa on esitetty

liittymien jakautuminen niissä sattuneiden onnettomuuksien lukumäärän mukaan.

Taulukko 3: Liittymien jakautuminen niissä sattuneiden onnettomuuksien lukumäärän mukaan.

Onnettom. lukumäärä/liittynä	Liittymät		Onnettomuudet	
	Lukum.	Kumulatiiv. %	Lukum.	Kumulatiiv. %
12	2	0,2	24	3,4
11	4	0,7	44	9,6
10	1	0,9	10	11,0
9	1	1,0	9	12,3
8	3	1,4	24	15,7
7	1	1,5	7	16,7
6	3	1,9	18	19,2
5	8	2,9	40	24,9
4	20	5,3	80	36,2
3	29	8,9	87	48,4
2	82	19,1	164	71,6
1	203	44,3	201	100,0
0	448	100,0	-	-
Yhteensä	805	-	708	-

Tutkituista liittymistä 357:ssä eli 44 %:ssa sattui onnettomuuksia. Keskimäärin sattui 0,29 onnettomuutta vuotta ja liittymää kohden. Kumulatiivisia prosenttilukuja tarkastelemalla todetaan, että lähes puolet onnettomuuksista on sattunut vain n. 10 %:ssa liittymistä. Vastaavasti todettiin tutkimuksessa henkilövahinko-onnettomuuksista, että noin puolet niistä sattui vain n. 7 %:ssa liittymistä.

Seuraavassa taulukossa onnettomuudet on jaettu eri tyypp-

peihin niiden seurausten perusteella. Onnettomuudet on jaettu kahteen päätyyppiin: puhtaat liittymäonnettomuudet, jotka ovat aiheutuneet jostakin liittymästä riippuvasta ajajan toimenpiteestä (kääntyminen, pysähtyminen jne.) sekä muut onnettomuudet, joiden riippuvuutta liittymästä ei voida selvästi havaita ja joita voidaan paremminkin verrata onnettomuuksiin, jotka sattuvat tieosilla liittymien ulkopuolella.

Taulukko 4: Onnettomuuksien jakautuminen eri tyyppeihin niiden seurausten perusteella.

Onnettomuustyyppi	Onnettom. lukumäärä			
	Kuolema tai vakava loukkaantuminen	Lieviä henkilövahinkoja	Vain aineellisia vahinkoja	Yht.
<u>Puhtaat liittymäonnettomuudet</u>				
Ajoneuvo-onnett.				
- 1-ajoneuvo-onn.	1	13	23	37
- 2-ajoneuvo-onn.	38	91	216	345
- us. kuin 2-ajon.	11	30	117	158
Jalankulkijaonnett.	14	9	1	24
Yhteensä	64	143	357	564
<u>Muut onnettomuudet</u>	12	48	84	144
Yhteensä	76	191	441	708

Lähes 2/3 ajoneuvo-onnettomuuksista oli sellaisia, joissa osallisina oli kaksi ajoneuvoa. Jalankulkijaonnettomuuksien lukumäärä oli pieni (n. 4 %) ja tämä johtuu lähinnä siitä, että tutkimus koski liittymiä maaseudun harvaan asutuilla seuduilla. Tarkasteltaessa onnettomuuksien jakautumista niiden seurausten perusteella todetaan, että ^{vli} 50 %:ssa jalankulkijaonnettomuuksista

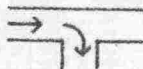
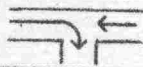
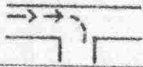
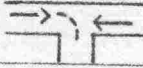
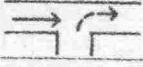

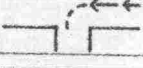
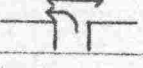
seurauksena on ollut kuolema tai vakava loukkaantuminen.

Onnettomuuksien jakautuminen eri tyypeihin onnettomuustilanteiden mukaan on esitetty kuvassa 5. Siinä on tarkasteltu ainoastaan 2-ajoneuvo-onnettomuuksia sekä sellaisia onnettomuuksia, joissa on ollut osallisena useampia kuin 2 ajoneuvoa. Yleisin onnettomuustyyppi on n:o 1 eli päätieltä oikealle kääntyvän ja päätietä samaan suuntaan ajavan ajoneuvon väliset onnettomuudet (33,4 %). Toiseksi yleisin tyyppi on n:o 6 eli liittyvältä tieltä oikealle kääntyvän ja päätieltä vastakkaisesta suunnasta tulevan ajoneuvon väliset onnettomuudet (14,7 %). Oikealle kääntyminen tai aikomus kääntyä oikealle aiheutti onnettomuuksista 88,4 % (tyypit 1,2,3,4,5 ja 6) ja vasemmalle kääntyminen ainoastaan 6,0 % (tyypit 7 ja 8), lopun 5,6 % ollessa tyyppinä 9 ja 10. Päätieltä kääntyminen aiheutti onnettomuuksista 66,2 % (tyypit 1,2,3,4 ja 7) ja päätielle kääntyminen 28,2 % (tyypit 5,6 ja 8). Kaikista onnettomuuksista oli samaan suuntaan ajavien aiheuttamia n. 45 %, risteävien aiheuttamia n. 30 % ja vastakkaisiin suuntiin ajavien aiheuttamia n. 25 %. Henkilövahinko-onnettomuuksien kannalta vaarallisin kaikista on tyyppi 2, jonka onnettomuuksista 56,9 % johti henkilövahinkoon.

2.35 Golgate ja Tanner (Englanti 1967 /5/). Tutkimus käsitti 139 maaseudun yksipuolista tasoliittymää, jotka sijaitsivat Oxfordin piirikunnassa, Walesissa ja Pohjois-Irlannissa. Onnettomuustiedot olivat ajanjaksolta 1.1.1959 - 31.12.1963.

Onnettomuuksien jakautuminen eri tyypeihin onnettomuustilanteiden mukaan.

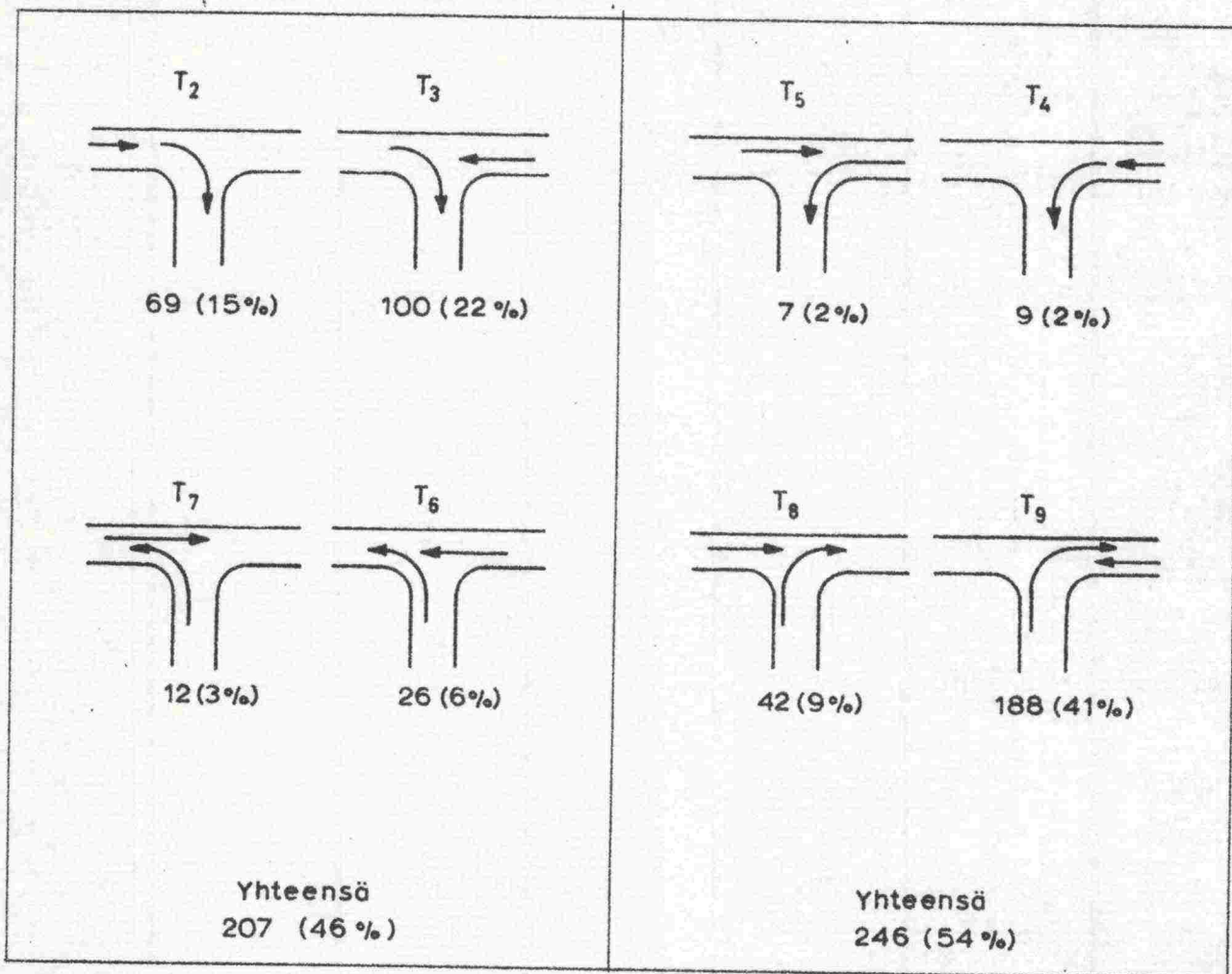
Onnettomuuksien jakautuminen eri tyypeihin onnettomuustilanteiden mukaan on esitetty kuvassa 6. Siitä todetaan, että

Onnettomuustyyppi	Kahden ajoneuvon väliset onnettomuudet		Useamman kuin kahden ajoneuvon väliset onnettomuudet		Kaikki onnettomuudet		
	Lukumäärä	%	Lukumäärä	%	Lukumäärä	%	Henkilövahinko-onnettomuuksia %
1 	133	38.6	35	22.2	168	33.4	29.7
2 	47	13.6	11	7.0	58	11.5	56.9
3 	19	5.5	13	8.2	32	6.4	34.4
4 	1	0.3	63	39.9	64	12.7	31.3
5 	41	11.9	8	5.1	49	9.7	30.6
6 	65	18.8	9	5.7	74	14.7	39.2
7 	7	2.0	4	2.5	11	2.2	..
8 	13	3.8	6	3.8	19	3.8	31.6
9* —	10	2.9	1	0.6	11	2.2	..
10 Muut	9	2.6	8	5.1	17	3.4	23.5
Yhteensä	345	100	158	100	503	100	33.8

* 2 samasta tai vastakkaisesta suunnasta tulevaa suoraan ajavaa päätien ajoneuvoa tai 2 peräkkäin ajavaa liittyvän tien ajoneuvoa.

Kuva 5

Onnettomuuksien prosentuaalinen jakautuminen eri tyyppeihin onnettomuustilanteiden ja onnettomuuksiin osallistuneiden ajoneuvojen lukumäärän mukaan.
Roosmark (Ruotsi 1964) Vasemmanpuoleinen liikenne.



Kuva 6

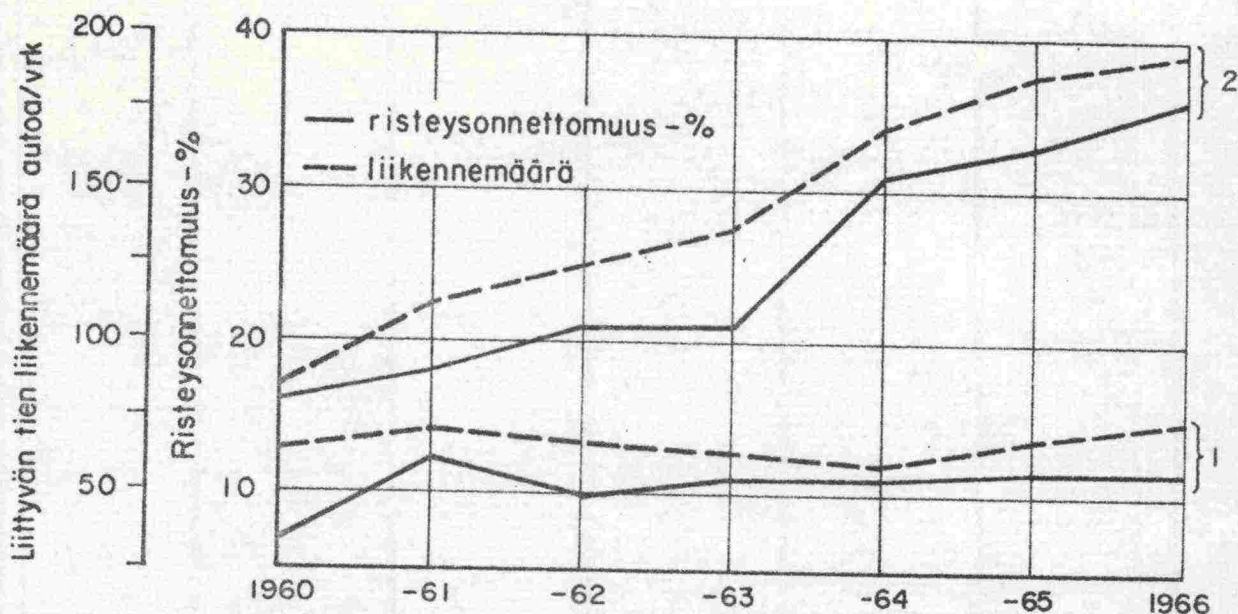
Onnettomuuksien prosentuaalinen jakautuminen eri tyyppisiin onnettomuustilanteiden mukaan. Golgate ja Tanner (Englanti 1967). Vasemmanpuoleinen liikenne.

yleisin tyyppi on T_9 , eli liittyvältä tieltä oikealle kääntyvä ajoneuvo ajaa yhteen päätieltä vastakkaisesta suunnasta tulevan ajoneuvon kanssa (41 %). Toiseksi yleisin on tyyppi T_3 , jossa päätieltä oikealle kääntyvä ajoneuvo ajaa yhteen päätietä vastakkaisesta suunnasta tulevan ajoneuvon kanssa (22 %). Onnettomuustyyppi T_2 , joka esim. ruotsalaisten tutkimusten perusteella on yleisin, edustaa tässä 15 %:a kaikista liittymäonnettomuuksista. Päätieltä kääntyvien aiheuttamia onnettomuuksia oli 41 % (tyypit $T_2 - T_5$) ja päätielle kääntyvien aiheuttamia 59 % (tyypit $T_6 - T_9$). Oikealle kääntyminen aiheutti onnettomuuksista 87 % (tyypit T_2, T_3, T_8 ja T_9) ja vastaavasti vasemmalle kääntyminen ainoastaan 13 % (tyypit T_4, T_5, T_6 ja T_7) (vasemmanpuoleinen liikenne).

2.26 Lobanov (Neuvostoliitto 1967 /6/). Tutkimus käsitti n. 1500 tasoliittymää Neuvostoliitossa. Hänen tutkimustensa mukaan keskimäärin 25 % kaikista tieliikenneonnettomuuksista tapahtuu liittymissä ja vilkasliikenteisillä teillä on liittymissä tapahtuvien onnettomuuksien osuus jopa 35 %. Kuvassa 7 on esitetty risteysonnettomuusprosentin riippuvuus alempiluokkaisen tien liikennemäärästä. Siitä todetaan, että onnettomuuksien lukumäärä kasvaa samassa suhteessa kuin liikennemäärä. Viitenumerolla 1 osoitetuissa tapauksissa liikenteen kasvu on ollut vähäinen kun taas 2:lla osoitetuissa tapauksissa liikenne on kasvanut huomattavasti.

Onnettomuuksien jakautuminen eri tyyppeihin onnettomuustilanteiden mukaan.

Onnettomuuksien jakautuminen on esitetty kuvassa 8. Siitä todetaan, että kääntyminen päätielle vasemmalle on yleisin



Kuva 7. Risteysonnettomuusprosentin riippuvuus liittyvän tai risteävän tien liikennemäärästä. Lobanov (Neuvostoliitto 1967) Oikeanpuoleinen liikenne.

Ajosuunta		Kaaviopiirroksessa osoitetut onnettomuustilanteet %:na kaikissa risteysonnettomuuksissa				
Kääntyminen vasemmalle	liittyvälle tielle	19,3		8,1		11,2
	päätielle	44,0		18,3		25,7
Kääntyminen oikealle	liittyvälle tielle	9,7		7,2		2,5
	päätielle	7,0		4,2		2,8
Suoraan		17,8		5,2		12,6
Kaksi kääntyvää autoa		2,2		0,4		1,8

Kuva 8. Onnettomuuksien jakautuminen eri tyypeihin onnettomuustilanteiden mukaan. Lobanov (Neuvostoliitto 1967) Oikeanpuoleinen liikenne.

onnettomuustyyppi (oikeanpuoleinen liikenne). Tämä muodosti 44 % kaikista liittymäonnettomuuksista ja 55 % liittymätyypisistä onnettomuuksista (risteävien ja kahden kääntyvän ajoneuvon osuus pois). Vasemmalle kääntyminen (joko päätieltä liittyvälle tielle tai päinvastoin) on aiheuttanut 63,3 % kaikista onnettomuuksista ja 79 % liittymätyypisistä onnettomuuksista. Ajoneuvon kääntyminen päätieltä on aiheuttanut n. 36 % ja kääntyminen päätielle n. 64 % liittymätyypisistä onnettomuuksista. Viimeksi mainittu tulos poikkeaa huomattavasti esim. tutkimusten /1/ ja /4/ tuloksista, joiden mukaan päätieltä kääntyvät ajoneuvot aiheuttivat onnettomuuksista yli puolet.

2.4 Yhteenveto

Yhteenvetona edellisistä voidaan todeta seuraavaa:

Tasoliittymät ovat tien vaarallisimpia kohtia, joissa eri tutkimusten mukaan sattuu jopa 30 - 40 % kaikista tieliikenneonnettomuuksista.

Oikeanpuoleisen liikenteen kannalta asiaa tarkasteltaessa vasemmalle kääntyminen muodostaa pääpropleeman liikenneturvallisuusmielessä. Edellä selvitettyjen tutkimusten perusteella vähintään 3/4 liittymätyypisistä onnettomuuksista aiheutuu juuri vasemmalle kääntyvistä ajoneuvoista.

Tarkasteltaessa onnettomuuksien jakaantumista päätielle tai päätieltä kääntyvien ajoneuvojen mukaan, todetaan, että onnettomuudet jakautuvat yhtäläisesti molempiin ryhmiin ja tämä todistaa sitä, että sekä päätielle tuloliikkeisiin että pääteiltä poistumisliikkeisiin täytyy kiinnittää yhtäläistä huomiota liittymäsuunnittelussa.

3. ONNETTOMUUKSIEN RIIPPUVUUS LIIKENNEMÄÄRÄSTÄ

3.1 Yleistä

Edellä tarkasteltiin onnettomuuslukuja lähinnä liittymien yksityisten liikennevirtojen kannalta ja todettiin, että vasemmalle kääntyvät liikennevirrat ovat vaarallisimpia oikeanpuoleisessa liikenteessä. Tässä osassa tarkastellaan, miten onnettomuusaste ja onnettomuustiheys riippuvat liikennemäärästä ja miten riippuvuus on matemaattisesti pyritty määräämään. Lisäksi kiinnostaa se, missä suhteessa onnettomuudet riippuvat joko päätien tai alempiluokkaisen tien liikennemäärästä.

3.2 Eri tutkimukset

3.21 Baldock (USA 1946 /7/) tutki onnettomuusfrekvenssiä liittymissä kahdella nelikaistaisella tiellä Oregonissa seitsemän vuoden ajanjaksona. Teillä oli keskikaistat, mutta niiltä puuttuivat erityiset kaistat vasemmalle kääntyvälle liikenteelle (oikeanpuoleinen liikenne). Liikennemäärät olivat välillä 3000 - 5000 ajon./vrk. (KVL). Toisella tiellä oli muutamissa liittymissä valo-ohjaus erityisesti vasemmalle kääntyvälle liikenteelle. Vasemmalle kääntyvien ajoneuvojen aiheuttamat onnettomuudet riippuivat vasemmalle kääntyvien keskimääräisestä lukumäärästä seuraavasti:

$$X = \frac{X_v}{Q_v}$$

jossa X = onnettomuusindeksi

X_v = vasemmalle kääntyvien ajoneuvojen aiheuttamien onnettomuuksien lukumäärä vuodessa.

Q_v = vasemmalle kääntyvien ajoneuvojen lukumäärä (KVL)

Onnettomuusindeksin riippuvuus vasemmalle kääntyvien ajoneuvojen lukumäärästä on esitetty kuvassa 9. Siitä käy ilmi, että liittymissä, joissa on vähän vasemmalle kääntyviä ajoneuvoja, on suurempi onnettomuusindeksi eli onnettomuusriski yhtä kääntyvää ajoneuvoa kohden kuin liittymissä, joissa on paljon vasemmalle kääntyvää liikennettä.

3.22 Mc Donald (USA 1953 /8/) tutki n. 1800 onnettomuutta, jotka sattuivat 150:ssä liittymässä nelikaistaisilla 2-ajorataisilla teillä Kaliforniassa. Tulokset johtivat seuraaviin päätelmiin.

- a) Onnettomuusfrekvenssi riippuu enemmän risteävän tien kuin päätien liikennemäärän muutoksista.
- b) Onnettomuusfrekvenssin ja päätien ja risteävän tien liikennemäärien summan välillä ei ole mitään riippuvuutta.
- c) Liittymissä, joissa on vähän risteävää liikennettä, on suurempi onnettomuusfrekvenssi risteävää ajoneuvoa kohti kuin liittymissä, joissa risteävää liikennettä on paljon.

Onnettomuuksien lukumäärän ja risteävien liikennemäärien välinen riippuvuus esitettiin seuraavasti:

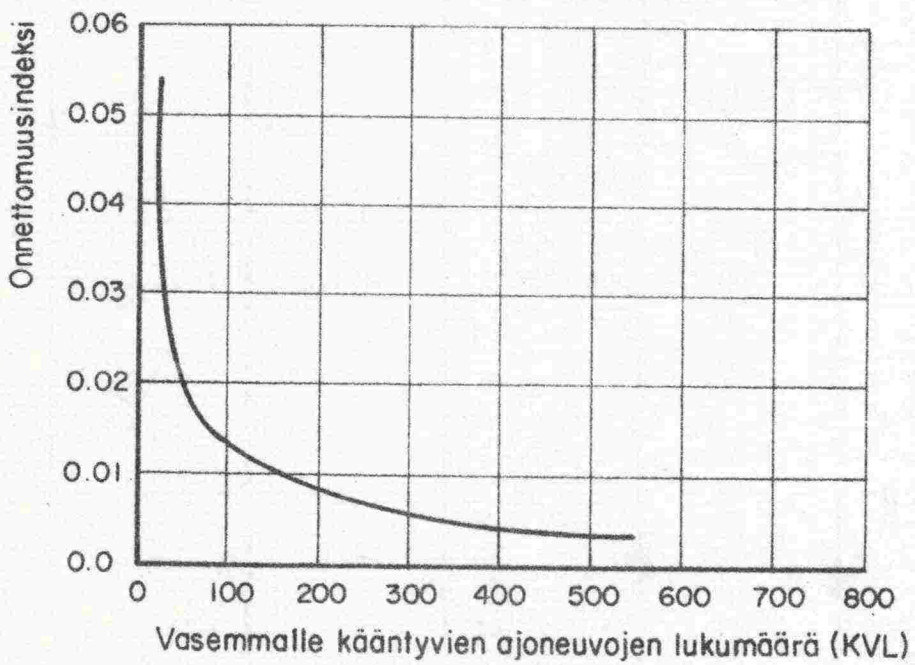
$$X = 7,83 \cdot 10^{-4} \cdot Q_p^{0,455} \cdot Q_s^{0,633}$$

jossa X = onnettomuuksien keskimääräinen lukumäärä vuodessa

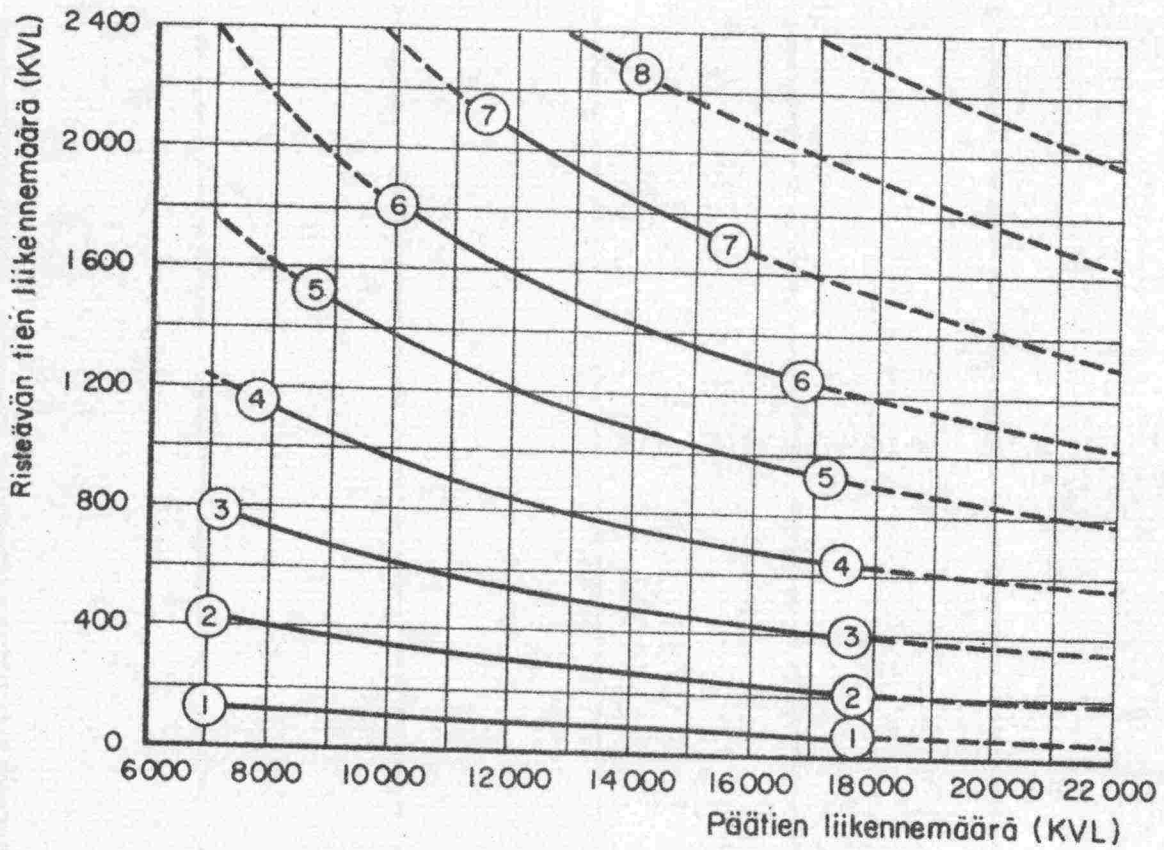
Q_p = päätien läpimenevä liikennemäärä (ajon./vrk)

Q_s = risteävän tien läpimenevä liikennemäärä (ajon./vrk)

Riippuvuus on esitetty graafisesti kuvassa 10.



Kuva 9. Onnettomuusfrekvenssin (vasemmalle kääntyvien ajoneuvojen aiheuttamien vuotuisten onnettomuuksien) riippuvuus vasemmalle kääntyvien ajoneuvojen lukumäärästä, (KVL). Baldock (USA 1946). Oikeanpuoleinen liikenne.



Kuva 10. Onnettomuusfrekvenssin (onnettomuuksien keskimääräinen lukumäärä vuodessa) riippuvuus 2-ajorataisen päätien ja risteävän tien liikennemääristä (KVL). Mc Donald (USA 1953) Oikeanpuoleinen liikenne.

3.23 Tanner (Englanti 1953 /1/) johti onnettomuusfrekvenssin ja liikennemäärän välisen riippuvuuden seuraavasti. Asian yksinkertaistamiseksi hän tarkasteli ainoastaan liittymätyyppejä onnettomuuksia, jotka muodostivat n. 75 % kaikista tutkituissa liittymissä sattuneista onnettomuuksista. Tutkittujen liittymien (232 kpl) pääteiden liikennemäärä oli vähintään 1000 ajon./vrk ja liittyvien teiden liikennemäärä vähintään 200 ajon./vrk. Liittymien liikennemäärät määrättiin lyhyillä laskennoilla ja näistä määrättiin eri liikennevirtojen keskimääräinen ajoneuvojen lukumäärä vuorokaudessa.

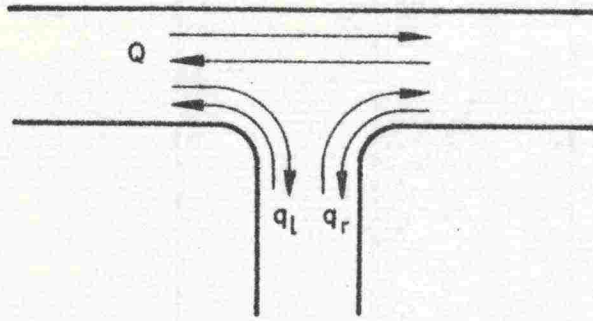
Liikennemääriä yksipuolisessa liittymässä voidaan riittävästi kuvata kolmella suureella Q , q_l ja q_r (kuva 11). On oletettava, että liikennemäärät vastakkaisissa suunnissa ovat suunnilleen yhtä suuria. Liittymätyyppiset onnettomuudet voidaan jakaa kahteen ryhmään: toinen ryhmä käsittää yhteenajot päätietä suoraan ajavien ja liittymän vasemman reunan ympäri kääntyvien ajoneuvojen kesken (onnettomuustyyppi l) ja toinen yhteenajot päätietä suoraan ajavien ja liittymän oikean reunan ympäri kääntyvien ajoneuvojen kesken (onnettomuustyyppi r). Onnettomuustyyppissä r ajoneuvot kuuluvat q_r ja Q liikennevirtoihin eikä silloin tämän tyyppisten onnettomuuksien frekvenssi ole riippuvainen q_l :stä. Voidaan olettaa, että frekvenssi kasvaa tasaisesti q_r :n tai Q :n kasvaessa. Tästä seuraa, että onnettomuusfrekvenssin ja liikennemäärän suhdetta voidaan tarkastella muodossa.

$$A_r = R_r q_r^a Q^b$$

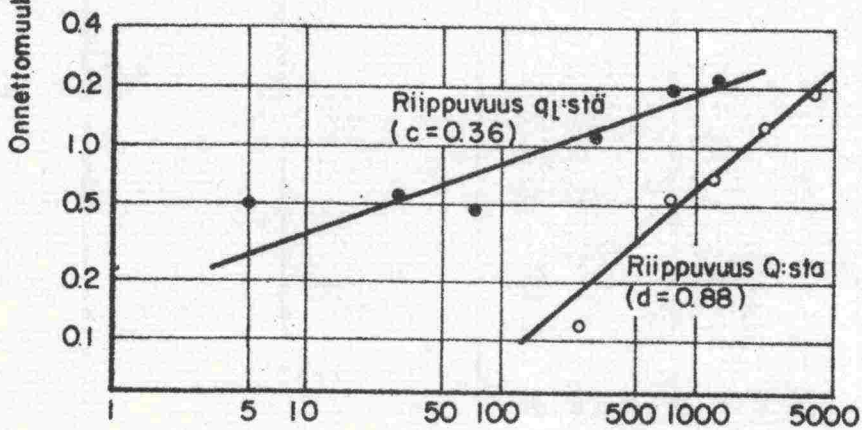
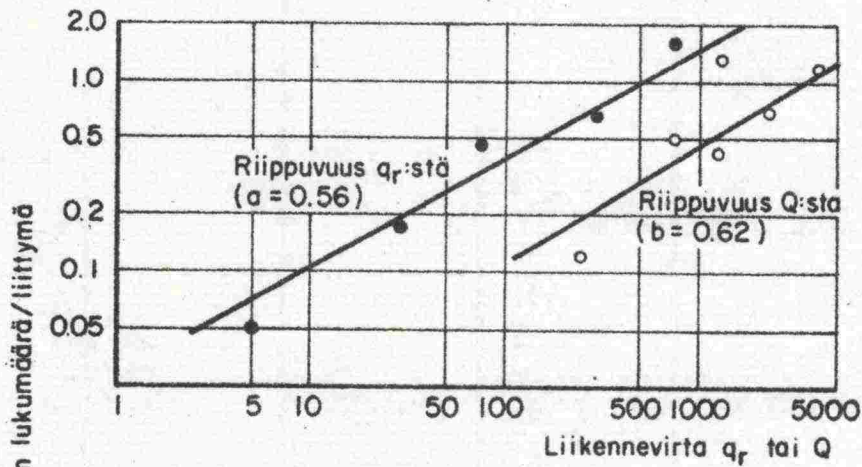
jossa A_r on r-tyyppisten onnettomuuksien lukumäärä vuodessa.

R_r on vakio, joka riippuu liittymämuodosta ja muista liittymätekijöistä.

a ja b ovat positiivisia vakioita ja Tanner määräsi ne seuraavasti: liittymät jaettiin kuuteen ryhmään q_r :n suuruuden



Kuva 11. Yksipuolisen liittymän liikennevirrat.
Tanner (Englanti 1953)



Kuva 12. Onnettomuksien riippuvuus eri liikennevirroista. Tanner (Englanti 1953)

mukaan ja logaritmpaperille merkittiin onnettomuuksien lukumäärä/liittymä q_r :n likimääräisen arvon kohdalle jokaisessa ryhmässä (kuva 12). Sen jälkeen pisteet kiinnitettiin silmämääräisesti suoralla viivalla, jonka kaltevuuskulma ilmaisee a :n likiarvon. Samalla tavalla liittymät voidaan ryhmitellä Q :n mukaan ja määrätä b :n likiarvo (kuva 12). Parempien likiarvojen määrittämiseksi käytetään edellä saatuja likiarvoja onnettomuuksien lukumäärä/liittymä korjaamiseen ja merkitään korjatut onnettomuusluvut q_r :n ja Q :n kohdalle. Kiinnittämällä saadut pisteet uusilla viivoilla saadaan niiden kaltevuuksista uudet likiarvot. Jatkamalla menettelyä saadaan a :n ja b :n lopulliset likiarvot. Tanner sai tällä tavalla r -tyyppisten onnettomuuksien yhtälöksi

$$A_r = R_r q_r^{0,56} Q^{0,62}$$

Vastaavalla tavalla saatiin l -tyyppisten onnettomuuksien yhtälöksi

$$A_l = R_l q_l^{0,36} Q^{0,88}$$

jota vastaavat regressiosuorat on esitetty kuvan 12 alaosassa.

Koska mitkään kertoimista (a , b , c , d) eivät eroa merkittävästi 0,5:stä ($d = 0,88$ eroaa melkein merkittävästi), voidaan ottaa työyhtälöksi

$$A_r = R_r \sqrt{q_r Q} \quad \text{ja} \quad A_l = R_l \sqrt{q_l Q}$$

Kertoimet R_r ja R_l riippuvat liittymien muodosta ym. liittymätekijöistä ja Tanner sai tutkituille liittymille niiden arvoiksi

$$R_r = 4,5 \cdot 10^{-3}$$

$$R_l = 7,5 \cdot 10^{-3}$$

Sijoittamalla saadaan kaavojen lopullinen muoto ko. liittymissä

$$A_r = 4,5 \cdot 10^{-3} \sqrt{q_r Q}$$

$$A_l = 7,5 \cdot 10^{-3} \sqrt{q_l Q}$$

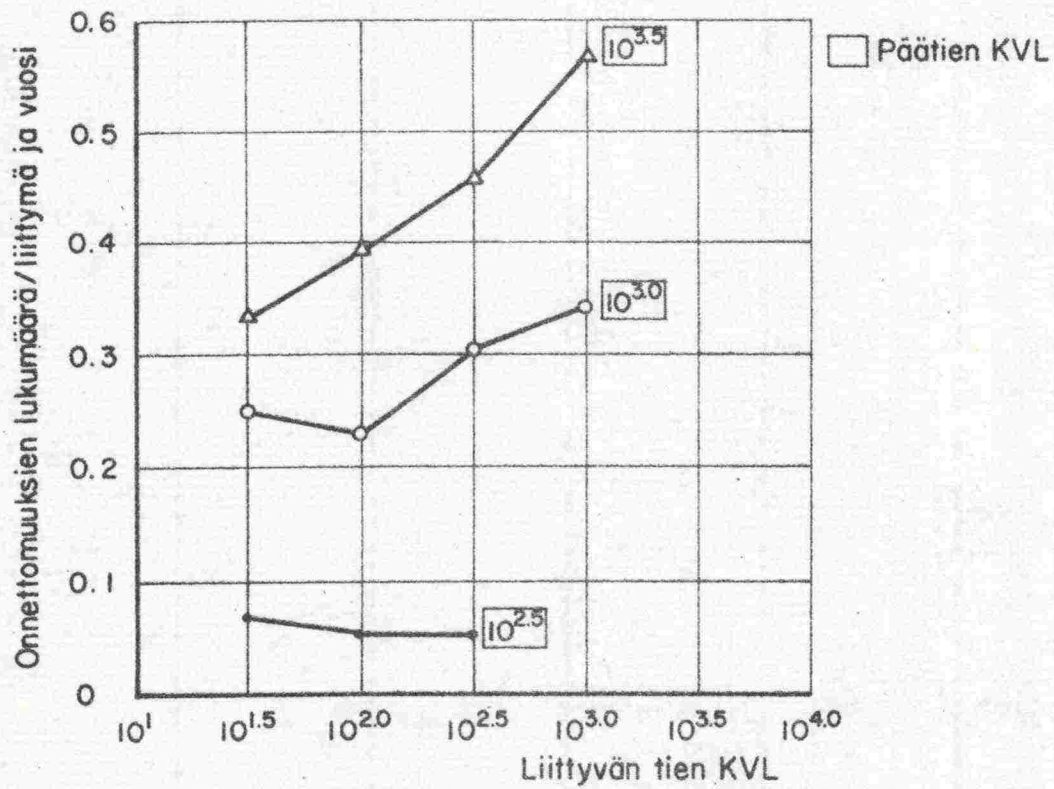
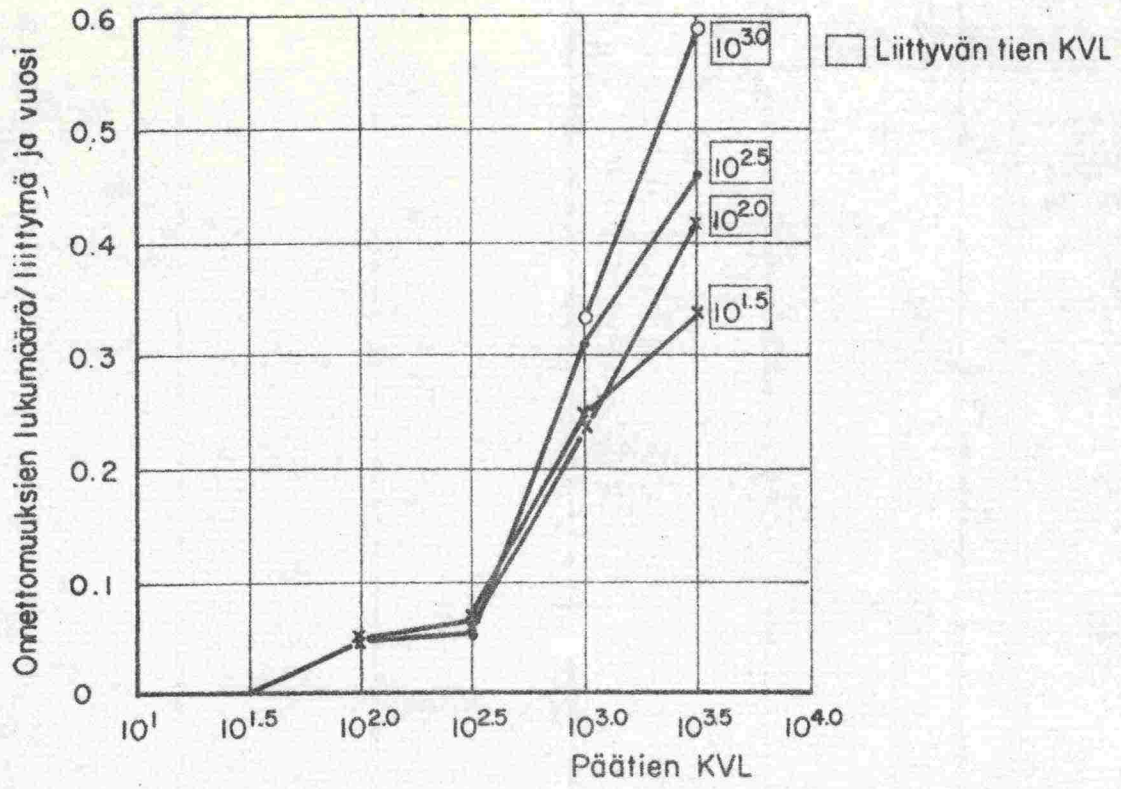
3.24 Kolsrud ja Roosmark (Ruotsi 1963 /3/) tutkivat myös onnettomuuksien riippuvuutta liikennemääristä maaseudun yksipuolisissa liittymissä (507 kpl), jotka sijaitsivat Göteborgin ja Bohus´in lääneissä. Onnettomuustiedot olivat ajanjaksolta 1957 - 1959 ja liikennemäärätiedot määrättiin yleisille laskennoille v. 1958. Tutkimuksen kohteena olevien teiden liikennemäärät vaihtelivat voimakkaasti aina 8500 ajon./vrk:sta vähän liikennöityihin läänien pohjoisosissa oleviin teihin.

Tutkittujen liittymien keskimääräisten vuotuisten onnettomuuksien lukumäärän ja päätien ja liittyvän tien liikennemäärän (KVL) välinen riippuvuus nähdään taulukosta 5. Siinä on sekä pää- että liittyvän tien liikennemäärät jaettu määrättyihin vaihteluväleihin ja tarkasteltu vuotuis-ten onnettomuuksien määrää erikseen näissä kussakin.

Luvut osoittavat että onnettomuustiheys kasvaa kun päätien liikennemäärä kasvaa. Selvemmin tämä käy ilmi kuvan 13 yläosasta, joka ilmaisee päätien liikennemäärän ja liittymää kohti laskettujen vuotuisten onnettomuuksien välisen riippuvuuden liittyvän tien eri liikennemäärille. Kuvan 13 alaosassa on onnettomuustiheys esitetty liittyvän tien liikennemäärän funktiona. Tästä havaitaan, että liittyvän tien liikennemäärä vaikuttaa verraten vähän onnettomuustiheyteen. Liittymät, joissa liittyvien teiden liikennemäärät olivat pieniä, olivat melkein yhtä vaarallisia kuin sellaiset, joissa liittyvää liikennettä oli paljon. Ainoastaan

Taulukko 5: Yksipuolisten liittymien jakautuminen vuosien 1957-1959 liikenneonnettomuuksien ja vuoden 1958 KVL:n mukaan.

Päätien KVL		Liittymien jakautuminen onnettomuuksien lukumäärän mukaan (v. 1957-59)								Liittymien summa	Onnettomuuksien summa	Onnettomuus-tiheys	
Vaihteluväli	Vaihteluväli-keskus	Onnettomuuksien lukumäärä											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8			
Liittyvän tien KVL = 18 - 56 ajon. ($10^{1,5}$)													
18-56	$32=10^{1,5}$	2									2	0	0,00
57-177	$100=10^2$	22	3	1							26	5	0,06
178-562	$316=10^{2,5}$	22	6								28	6	0,07
563-1778	$1000=10^3$	2	1	1							4	3	0,25
1779-5623	$3162=10^{3,5}$	1	2	1							4	4	0,33
Liittyvän tien KVL = 57 - 177 ajon. (10^2)													
57-177	$100=10^2$	113	18	2							133	22	0,06
178-562	$316=10^{2,5}$	88	19	1							108	21	0,06
563-1778	$1000=10^3$	41	27	11	1	1					81	56	0,23
1779-5623	$3162=10^{3,5}$	13	10	8	1	3					35	41	0,39
Liittyvän tien KVL = 178 - 562 ajon ($10^{2,5}$)													
178-562	$316=10^{2,5}$	22	4								26	4	0,05
563-1778	$1000=10^3$	10	7	6	1						24	22	0,31
1779-5623	$3162=10^{3,5}$	5	3	6	1	1					16	22	0,46
Liittyvän tien KVL = 563 - 1778 ajon. (10^3)													
563-1778	$1000=10^3$	5	1	2		1					9	9	0,33
1779-5623	$3162=10^{3,5}$	5	3			2					11	19	0,58
Yhteensä tai keskim.		351	104	39	4	8					1 507	234	0,15



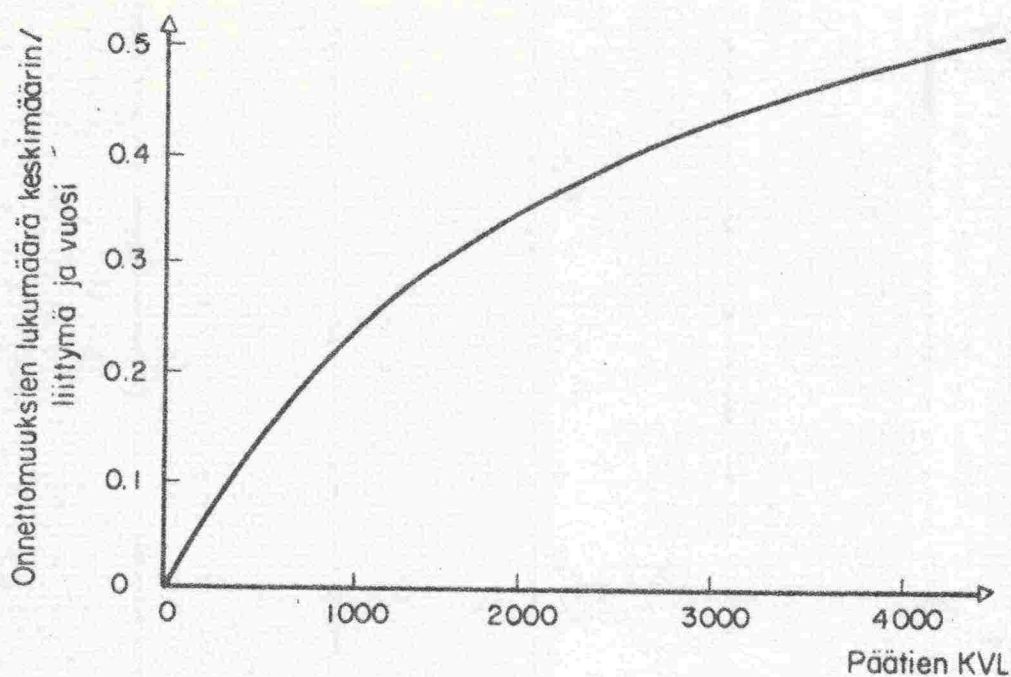
Kuva 13. Onnettomuustiheys yksipuolisissa liittymissä (liikkeellä olevien ajoneuvojen välisten onnettomuksien keskimääräinen lukumäärä liittymää ja vuotta kohden) päätien ja liittyvän tien KVL:n funktiona. Geometrinen mittakaava. Kolsrud ja Roosmark (Ruotsi 1963)

kun päätien liikenne on suuri, näyttää onnettomuustiheys kasvavan liittyvän tien liikennemäärän kasvaessa.

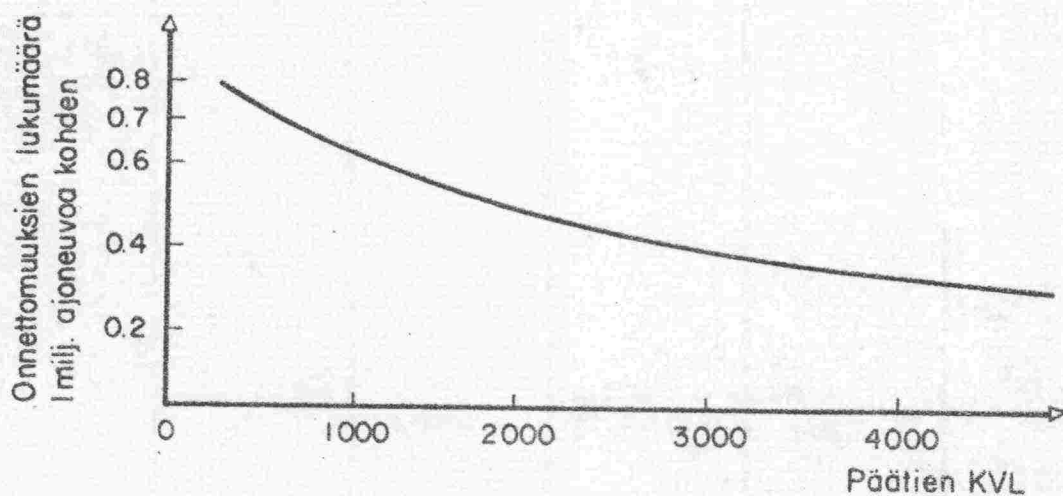
Onnettomuustiheyden riippuvuus päätien liikennemäärästä nähdään paremmin kuvasta 14, jossa liikennemäärä on muutettu aritmeettiseen mittakaavaan. Siinä ei ole suoritettu jakoa liittyvän tien liikennemäärän mukaan vaan onnettomuuksien lukumäärä muodostaa läpileikkauksen kaikista liittyvistä teistä. Kuvasta 14 käy ilmi, että onnettomuustiheyden kasvu on voimakkainta alhaisilla päätien liikennemääräarvoilla. Sama seikka ilmenee myös kuvasta 15, joka osoittaa, että onnettomuuksien lukumäärä miljoonaa liittymän kautta kulkenutta ajoneuvoa kohti (onnettomuusaste) alenee päätien liikennemäärän kasvaessa ja lähenee asympotoottisesti minimiarvoaan.

Yhteenvetona edellisestä Kolsrod ja Roosmark tulivat seuraaviin johtopäätöksiin:

- a) Onnettomuustiheyden ja päätien liikennemäärän välillä vallitsee voimakas riippuvuus.
- b) Onnettomuustiheyden ja liittyvän tien liikennemäärän välinen riippuvuus on vähäinen.
- c) Onnettomuustiheys ei kasva suhteessa päätien liikennemäärään vaan hitaammin. Onnettomuusriski on suurin alhaisilla liikennemäärän arvoilla ja alenee liikennemäärän kasvaessa.
- d) Koska liittymät, joissa päätien liikennemäärä on suuri ja liittyvän tien liikennemäärä pieni, ovat myös hyvin vaarallisia, niin tällaiset liittymät olisi syytä liikenneturvallisuuden kannalta tehdä korkeampiluokkaisiksi. Seurauksena tästä on myös pienempien liittymien lukumäärän minimointi.



Kuva 14. Onnettomuustiheys päätien KVL:n funktiona yksipuolisissa liittymissä. Aritmeettinen mittakaava. Kolsrud ja Roosmark (Ruotsi 1963).



Kuva 15. Onnettomuuksien lukumäärä 1 milj. päätien ajoneuvoa kohti päätien KVL:n funktiona yksipuolisissa liittymissä. Kolsrud ja Roosmark (Ruotsi 1963).

3.25 Thorson (Tanska 1962 /9/ tutki Tanskassa sattuneita liittymäonnettomuuksia v. 1962. Tutkittujen liittymien lukumäärä oli 949 ja ne käsittivät yksipuolisia ja kaksipuolisia liittymiä, liikenneympyröitä sekä muita liittymiä. Liittymien liikennemäärät laskettiin liittymän läpikulkeneiden ajoneuvojen keskimääräisenä lukumääränä päivässä eri liikennevirroille.

Thorson määräsi liittymien onnettomuusasteet (onn./10⁶ läpikulkenutta ajoneuvoa kohti) sekä onnettomuustiheydet (onn./liittymä). Kaikki tarkastelut onnettomuusasteiden vertailusta liikennemäärään osoittivat, että onnettomuusaste on riippumaton liikennemäärästä eli vakio. Tästä seuraa, että onnettomuustiheys kasvaa liikennemäärän kasvaessa suoraviivaisesti eli onnettomuuksien lukumäärä liittymää kohti on suoraan verrannollinen liittymän kokonaisliikennemäärään. Thorsonin mukaan onnettomuusaste ja -tiheys voidaan matemaattisesti esittää seuraavassa muodossa:

1. Onnettomuusaste $y_f = a_1$ (vakio)
2. Onnettomuustiheys $y_d = a \cdot x$

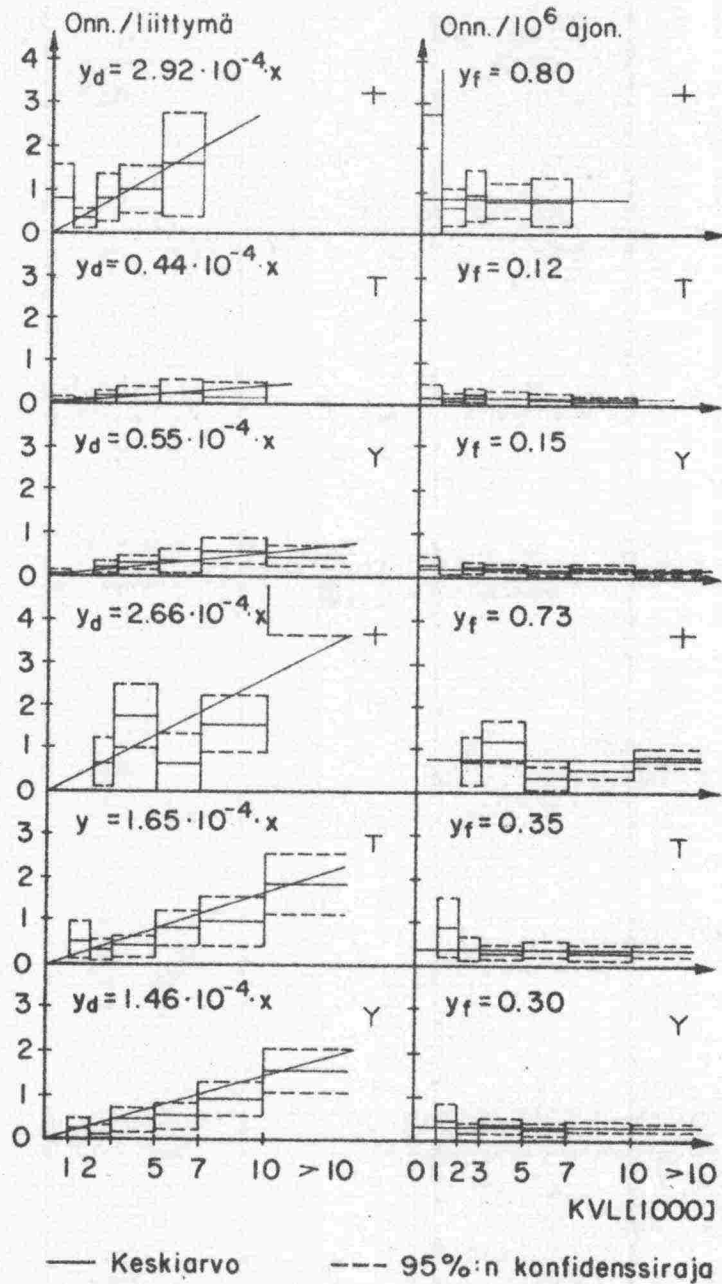
jossa $a =$ vakio

$x =$ liittymän kokonaisliikennemäärä.

Kuvassa 16 on esitetty graafisesti sekä onnettomuustiheys että -aste liikennemäärän funktiona erityyppisissä liittymissä.

3.26 Golgate ja Tanner (Englanti 1967 /5/) tutkivat liikennemäärän ja eri liittymätekijöiden vaikutusta liittymäonnettomuuksiin samaan tapaan kuin Tanner aikaisemmassa tutkimuksessaan /1/. Tutkimus käsitti 139 maaseudun yksipuolista liittymää. Kyseisten liittymien liikennemäärät

Onnettomuustiheys Onnettomuusaste



Kuva 16. Onnettomuustiheyden ja onnettomuusasteen riippuvuus liikennemäärästä erimuotoisissa liittymissä. Thorson (Tanska 1962)

standardisoitiin 16 tunnin viikonpäiväliikenteeksi keskimääräisenä kuukautena v. 1961. Liittymien liikennevirrat jaettiin eri luokkiin seuraavasti (kuva 17)

- päätieta suoraan ajavat (Q_1 ja Q_2); $Q = Q_1 + Q_2$
- liittymän oikean reunan ympäri kääntyvät (liittyvältä tieltä oikealle kääntyvät (q_{R_1}) ja päätieltä vasemmalle kääntyvät (q_{R_2}) : $q_R = q_{R_1} + q_{R_2}$
- liittymän vasemman reunan ympäri kääntyvät (päätieltä oikealle kääntyvät (q_{L_1}) ja liittyvältä tieltä vasemmalle kääntyvät (q_{L_2}) : $q_L = q_{L_1} + q_{L_2}$

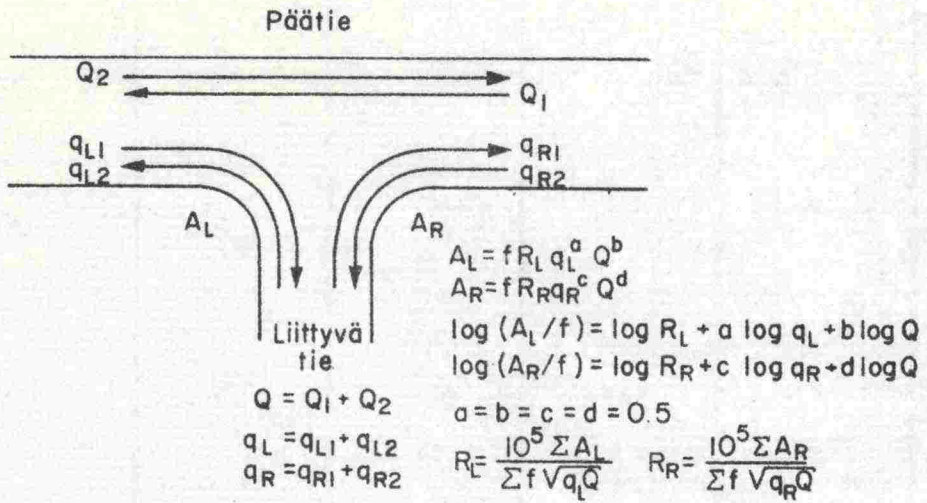
Liittymien onnettomuustiedot olivat eripituisilta ajanjaksoilta ja sen tähden tutkimuksessa käytettiin painotustekijää f , jolla otettiin huomioon ajanjakson pituuden ja vuotuisten liikennemäärävaihtelujen vaikutus. Perusajanjaksoksi valittiin 1.1.1959-31.12.1963 ja tätä merkittiin 100:lla. Liittymien jakautuminen painotustekijän f mukaan oli seuraavaa:

- f :n arvo	30	50	70	90	110	130
- liittymien lukumäärä	8	15	14	88	14	

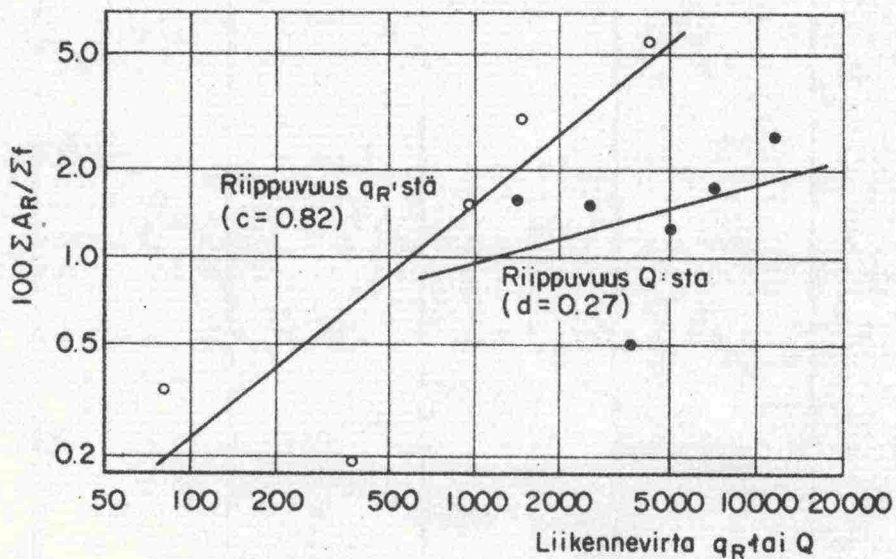
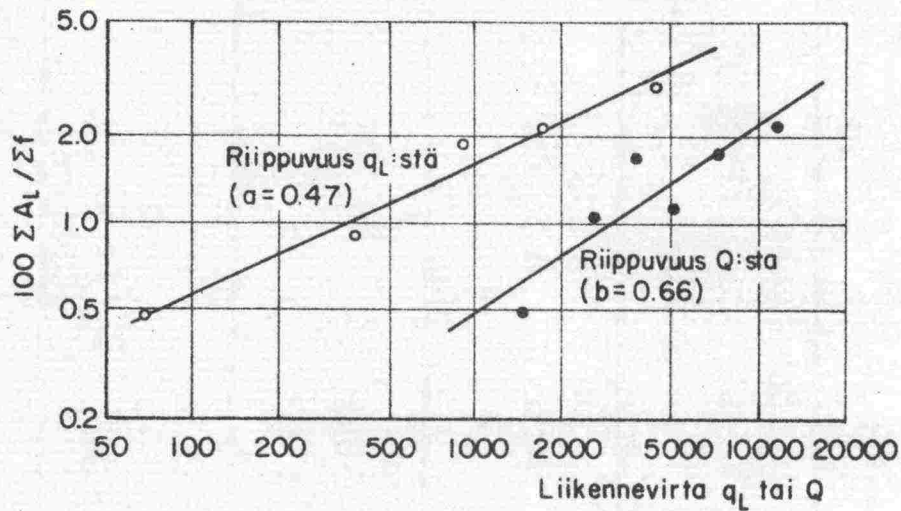
Tyyppi A_L : Tämä sisältää päätieltä suoraan ajavien ja liittymän vasemman reunan ympäri kääntyvien ajoneuvojen yhteenajot. Siten A_L -onnettomuuksiin osallistuneet ajoneuvot kuuluvat Q ja q_L -liikennevirtoihin ja niihin sisältyvät onnettomuustyyppit T_2 , T_3 , T_6 ja T_7 (kuva 6).

Tyyppi A_R : Tämä sisältää liikennevirtoihin Q ja q_R kuuluvien ajoneuvojen yhteenajot ja niihin kuuluvat onnettomuustyyppit T_4 , T_5 ja T_9 (kuva 6.)

Muut onnettomuudet: Ryhmä sisältää yksittäisonnettomuudet (T_1) ja muut kuin tyyppeihin A_L ja A_R kuuluvat onnettomuudet (T_{10}). Tästä ryhmästä ei tehty mitään analyysia, koska ei ollut tietoja ajoneuvojen liikkeistä eikä onnettomuustietoja voitu jälkikäteen tarkistaa.



Kuva 17. Liittymän eri liikennevirrat. Golgate ja Tanner (Englanti 1967).



Kuva 18. Onnettomuuksien riippuvuus eri liikennevirroista. Golgate ja Tanner (Englanti 1967)

Onnettomuudet, joihin osallistui 3 tai useampia ajoneuvoja merkittiin ylläoleviin tyyppeihin ensimmäisen tai määräävimmän yhteenajon perusteella.

Määrättäessä onnettomuuksien riippuvuutta liikennemäärästä tutkijat lähtivät samasta periaatteesta kuin Tanner tutkimuksessaan /1/ eli onnettomuuksia voidaan tarkastella erikseen edellä olevien tyyppien mukaan seuraavasti:

$$A_L = f R_L Q^a q_L^b ; A_R = f R_R Q^c q_R^d$$

Logaritmoimalla yhtälöt saadaan

$$\log (A_L/f) = \log R_L + a \log Q + b \log q_L$$

$$\log (A_R/f) = \log R_R + c \log Q + d \log q_R$$

Kertoimet a, b, c ja d voidaan määrätä logaritmi-paperille piirrettyjen kuvaajien kaltevuuksista samaan tapaan kuin Tanner'in tutkimuksessa /1/ ja niiden arvoiksi saatiin : a= 0,47 ; b= 0,66 ; c= 0,82 ja d= 0,27 (kuva 18). Koska kertoimet eivät eroa merkitsevästi 0,5:stä, niin työn helpottamiseksi määrättiin, että a=b=c=d=0,5.

Liittymät jaettiin eri ryhmiin liittymätekijöiden (muoto, liittymäkulma, näkyvyys jne) perusteella ja liittymäryhmien onnettomuusasteet laskettiin seuraavasti:

$$R_L = \frac{10^5 \sum A_L}{\sum f \sqrt{q_L} Q} ; R_R = \frac{10^5 \sum A_R}{\sum f \sqrt{q_R} Q}$$

Kaavoissa summaus tarkoittaa niitä liittymiä, jotka kuuluvat kuhunkin tarkastelunalaan ryhmään. Näihin onnettomuusasteisiin perustuvat vertailut eivät ole kovin herkkiä liikennevirtojen estimoinnissa tapahtuneisiin virheisiin nähden.

3.27 Lobanov (Neuvostoliitto 1967 /6/) on todennut, että tutkittaessa samantyyppisiä liittymiä eri liikenneolosuhteissa on voitu todeta onnettomuuksien lukumäärän riippuvan liikennemäärästä. Varsinkin päätiehen liittyvän alempiluokaisen tien liikennemäärä vaikuttaa suuresti onnettomuuksien lukumäärään. Lobanovin tutkimukset osoittavat, että onnettomuuksien lukumäärä kasvaa samassa suhteessa kuin alempiluokaisen tien liikennemäärä (kuva 7).

Lobanovin mielestä liikenneturvallisuutta tulisi pitää tärkeimpänä lähtökohtana liittymiä suunniteltaessa. Hän on Neuvostoliitosta kerätyn onnettomuustilaston perusteella kehittänyt menetelmän liikenneturvallisuuden arvostelemiseksi liittymän onnettomuusastetta osoittavaa suuretta K_1 käyttäen. Suureen avulla voidaan tarkastella jokaista pistettä, jossa ajoneuvojen urat kohtaavat toisensa tai risteävät toisiaan (kuva 8). Suureen K_1 arvo määrätään seuraavasta kaavasta käyttämällä liittymäonnettomuustilastoja.

$$K_1 = \frac{Z \cdot 10^7}{M \cdot N \frac{25}{r}}$$

jossa K_1 = onnettomuuksien lukumäärä/10 milj. autoa

Z = onnettomuuksien lukumäärä vuodessa

M, N = toisensa kohtaavat tai risteävät liikennevirrat
(autoa/vrk.)

k_r = liikenteen vuosivaihtelukerroin

Koska suure K_1 osoittaa liikenneonnettomuuksien vuosittaisen lukumäärän suhdetta ko. pisteen kautta vuoden aikana kulkeneiden autojen lukumäärään, on onnettomuusasteen määrittämiseksi tunnettava liikennemäärä ko. ajanjaksona.

Vuosittain liikenne voidaan määrätä kausivaihtelukertoimen k_r avulla. k_r :n arvot eri kuukausille on esitetty seuraavassa taulukossa.

Taulukko 6. Liikenteen kausivaihtelukertoimen k_r arvot eri kuukausille.

Kuukausi	I	II	III	IV	V	VI
k_r	0,025	0,030	0,045	0,070	0,100	0,150
Kuukausi	VII	VIII	IX	X	XI	XII
k_r	0,165	0,140	0,120	0,100	0,35	0,20

Pidettäessä laskelmien lähtökohtana liittymässä suoritettua liikennelaskentaa, valitaan kertoimen arvo laskentaajankohdan perusteella edellä olevasta taulukosta. Määrätessä suunniteltavan tien liittymien onnettomuusastetta voidaan liikennemäärä arvioida pitäen lähtökohtana vuoden keskimääräistä ohjevuorokausiliikennettä ja käyttäen kerrointa $k_r = 0,0834$.

Merkitsemällä liittymän kussakin kohtaamis- tai risteämispisteessä vuoden aikana tapahtuneiden onnettomuuksien määrää q_n :llä, saadaan seuraava kaava:

$$q_n = K_{in} M_n N_n 10^{-7} \frac{25}{k_r}$$

jossa K_{in} = onnettomuusaste, joka voidaan määrätä eri liittymätietojen perusteella.

$M_n N_n$ = liikennemäärä ko. pisteessä (autoa/vrk.)

Koko liittymän onnettomuusaste määrätään laskemalla yhteen kaikkien kohtaamis- ja risteämispisteiden onnettomuusasteet:

$$G = \sum_1^n q_n$$

jossa G = onnettomuuksien lukumäärä vuodessa ko. liittymässä
Taulukossa 7 on esitetty eri liittymäominaisuuksien
vaikutus onnettomuusasteisiin K_{in} .

3.3 Yhteenveto

Yhteenvetona edellä esitetyistä tutkimuksista voidaan todeta seuraavaa:

- onnettomuuksien lukumäärä liittymissä on verrannollinen liittymän kahden liikennevirran tuloon (neliöjuuri tai potenssi).
- yksipuolisissa liittymissä onnettomuusaste on joko vakio tai se alenee liikennemäärän kasvaessa; kaksipuolisissa liittymissä on todettu edellisten tapausten lisäksi myös onnettomuusasteen kasvavan liikennemäärän kasvaessa (Staffelt /11/, kuva 22)
- edellisen mukaan onnettomuustiheys yksipuolisissa liittymissä kasvaa joko suoraviivaisesti liikennemäärän kasvaessa tai hitaammin ja kaksipuolisissa liittymissä onnettomuustiheys voi kasvaa nopeammin kuin liikennemäärä.
- vertailtaessa sitä, missä määrin onnettomuudet riippuvat joko päätien tai alempiluokkaisen tien liikennemäärästä, tulokset ovat ristiriitaisia; toisten tutkimusten mukaan alempiluokkaisen tien liikennemäärä vaikuttaa ratkaisevasti onnettomuuksiin kun taas toisten mukaan onnettomuuksien riippuvuus alempiluokkaisen tien liikennemäärästä on vähäinen.

Taulukko 7. Eri liittymäominaisuuksien vaikutus onnettomuusasteisiin.

Liikennevirrat		Liittymäkaarteiden pyörityssäde R(m), liittymäkulma $\alpha(^{\circ})$ ja muut liittymä- järjestelyn ominaisuudet.	Onnettomuusaste K_j	
			Liittymätyyppi	
			Avoin liittymä	Kanavoitu liittymä
Virran liitty- minen K_L	oikeaan K_{LO}	R < 15 R > 15 R > 15, siirtymäkaaret Kuten ed. + nopeudenmuutoskaistat	0.0250 0.0040 0.0008 0.0003	0.0200 0.0040 0.0008 0.0003
	vasempaan K_{LV}	R < 10 ($\alpha = 110 - 130^{\circ}$) 10 < R < 25 ($\alpha = 110 - 130^{\circ}$) 10 < R < 25 nopeudenmuutoskaistat	0.0320 0.0025 0.0005*	0.0022 0.0017 0.0005*
Risteäminen K_R		150 < α < 180 120 < α < 150 90 < α < 120 75 < α < 90 50 < α < 75 30 < α < 50 0 < α < 30	0.0080 0.0050 0.0036 0.0056 0.0120 0.0210 0.0350	0.0040 0.0025 0.0018 0.0028 0.0060 0.0105 0.0175
Virran erkanem- inen K_E käännyt- täessä	oikealle K_{EO}	R < 15 R > 15 R > 15, siirtymäkaaret Kuten ed. + nopeudenmuutoskaistat	0.0200 0.0060 0.0005 0.0001	0.0200 0.0060 0.0005 0.0001
	vasem- malle K_{EV}	R < 10 10 < R < 25 10 < R < 25 nopeudenmuutoskaistat	0.0030 0.0040 0.0010	0.0030 0.0025 0.0010
Kaksi kääntyvää liikenne- virtaa	K_K	Kahden virran erkaneminen K_{KE} Kahden vas. käänt. virran rist. K_{KR} Kahden käänt. virran liittyminen K_{KL}	0.0015 0.0020 0.0025	0.0010 0.0005 0.0012

* K_{LV} :n arvoa määrittäessä tulee tässä tapauksessa käyttää seuraavia kertoimia:

α°	0	30	60	90	105-130	140	≥ 150
K_{α}	3.4	2.1	1.9	1.2	1.0	1.2	1.8

4. LIITTYMÄMUODON JA -KULMAN VAIKUTUS ONNETTOMUUKSIIN

4.1 Yleistä

Seuraavassa tarkastellaan liittymämuodon ja liittymäkulman vaikutusta onnettomuuksiin. Selostetut tutkimukset ovat osittain samoja kuin edellisessä luvussa ja niinpä tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon se, miten onnettomuuksien riippuvuus liikennemäärästä on määrätty.

Liittymämuodon kannalta asiaa tarkasteltaessa on todettava, että useissa tutkimuksissa on keskitytty ainoastaan määrätyn tyyppin tutkimiseen (esim. yksipuoliset liittymät). Kokonaisuutena ottaen liittymät voidaan jakaa muodon mukaan seuraavasti:

1. Kaksipuoliset liittymät

- normaali kaksipuolinen liittymä, jossa risteäminen tapahtuu suoraan päätien yli.
- porrastettu liittymä, jossa suoraan päätien yli-ajo on estetty.

2. Yksipuoliset liittymät

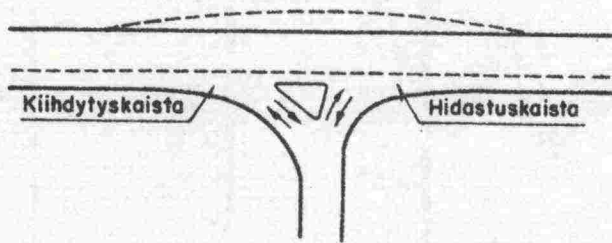
- T-muoto
- Y-muoto
- ns. Bennett-liittymä (tulppaliittymä, jossa tulpan molemmin puolin kaksisuuntainen liikenne, kuva 19).

3. Ympyräliittymät

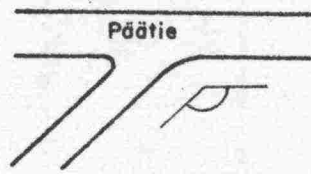
4. Muut liittymät

Liittymäkulman perusteella liittymät voidaan jakaa seuraavasti (kuva 20):

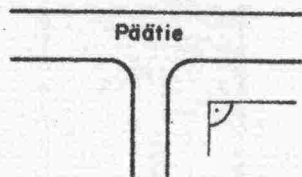
1. Tylppäkulmainen liittymä
2. Suorakulmainen liittymä
3. Teräväkulmainen liittymä



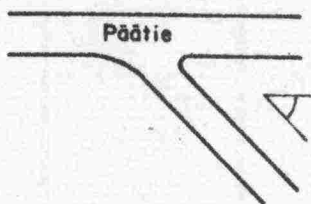
Kuva 19. Ns. modifioitu Bennett-liittymä (vasemmanpuoleinen liikenne).



Tylppäkulmainen liittymä



Suorakulmainen liittymä



Teräväkulmainen liittymä

Kuva 20. T-liittymän eri tyypit liittymäkulman mukaan.

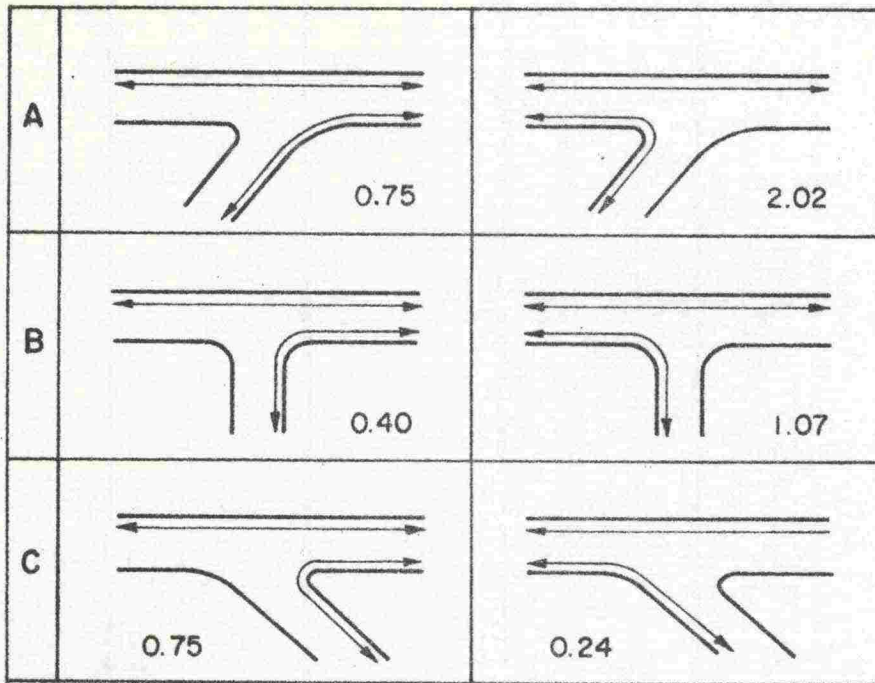
Tutkimuksissa on käytetty joko edellä olevaa liittymäkulmaja-koa tai sitten tuloksia on esitetty tarkemmin liittymäkulman asteluvun funktiona.

4.2 Eri tutkimukset

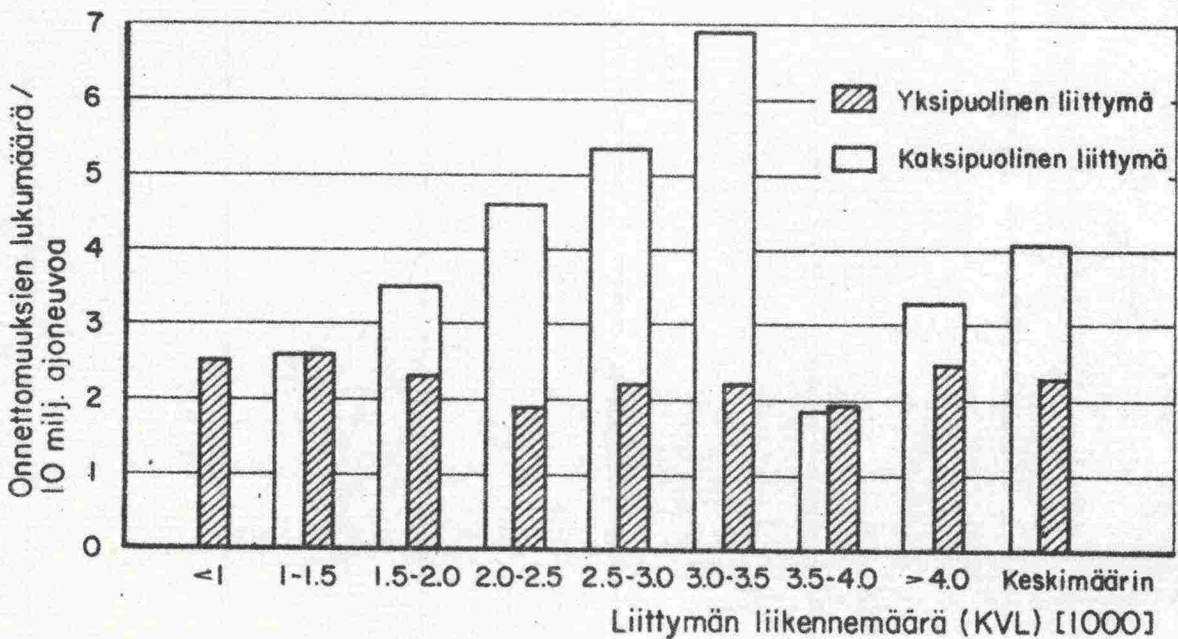
4.21 Glanville (Englanti 1951 /10/) on tutkinut liittymäkulman vaikutusta liittymäonnettomuuksiin määräämällä suhteellisen onnettomuusriskin 100:ssa yksipuolisessa liittymässä Englannissa (vasemmanpuoleinen liikenne). Tutkituissa liittymissä verrattiin onnettomuuksien keskimääräistä vuotuista lukumäärää kahden liikennevirran (KVL) tuloon (kuva 21). Tutkimuksen tulos osoittaa suhteellisen onnettomuusriskin liikennevirtojen eri kombinaatioille erilaisille liittymäkulmille.

Kuvasta 21 todetaan, että suurin onnettomuus iski on silloin, kun vasemman reunan ympäri kääntyvien kääntymiskulma on suurempi kuin 90° ja alhaisin kun kääntymiskulma on pienempi kuin 90° . Tyyppin C mukainen muoto (terävä liittymä) on näin ollen turvallisempi kuin suorakulmainen muoto (tyyppi B), jota yleensä suositellaan eri maiden liittymäsuunnittelussa. Tyyppi B puolestaan on turvallisempi kuin tyyppi A (tylppä liittymä). Glanvillen tutkimus käsitti liittymiä, joissa oli paljon oikealle kääntyvää liikennettä ja vähän jalankulkijoita.

4.22 Staffelt (USA 1953 /11/) on tutkinut liittymämuodon vaikutusta onnettomuuksiin USA:ssa (oikeanpuoleinen liikenne). Analyysi käsitti 593 Minnesotan osavaltiossa olevaa liittymää, joissa kaikissa liikennemäärä oli pienempi kuin 5000 ajoneuvoa (KVL) sekä risteävän liikenteen osuus pienempi kuin 10 %. Staffelt totesi, että onnettomuusaste (onnettomuuksien



Kuva 21. Eri liittymäkulmien suhteellinen onnettomuusfrekvenssi (ilmaistuna keskimääräisten vuotuisten onnettomuuksien ja liikennevirtojen KVL tulon osamääränä) yksipuolissa liittymissä kaksikaistaisilla maanteillä. Glanville (Englanti 1951).. Vasemmanpuoleinen liikenne.



Kuva 22. Onnettomuusfrekvenssi (onnettomuuksien lukumäärä /10milj. ajoneuvoa) yksi- ja kaksipuolissa liittymissä liittymän kautta kulkevan liikennemäärän funktiona. Staffelt (USA 1953). Oikeanpuoleinen liikenne.

lukumäärä/ 10 milj. ajoneuvoa) kaksipuolisissa liittymissä on kaksi kertaa suurempi kuin yksipuolisissa liittymissä. Yksipuolisten liittymien onnettomuuksille ei saatu mitään riippuvuutta liikennemäärästä kun taas kaksipuolisissa liittymissä onnettomuusaste kasvoi lineaarisesti liikennemäärän funktiona liikennemäärän arvoon 3500 ajon./vrk. saakka ja sen jälkeen riippuvuus oli epämääräinen (kuva 22).

4.23. Raff (USA 1953 /12/) on tutkinut onnettomuusastetta (onnettomuuksien lukumäärä / 10 milj. ajoneuvoa) yksipuolisissa ja kaksipuolisissa liittymissä 2-kaistaisilla maanteillä USA:ssa. Kaksipuolisiin liittymiin sisältyi myös liikenneympyröitä. Hän vertasi onnettomuuksien lukumäärää risteävän tai kääntyvän liikenteen ja pimeän aikaisen liikenteen osuuteen ja tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa:

Taulukko 8: Onnettomuuksien lukumäärä / 10 milj. ajon. eri risteävän tai kääntyvän liikenteen ja eri pimeän aikaisen liikenteen osuuksille.

Pimeän aikaista liikennettä (%)	Onnettomuuksia / 10 milj. ajon.					
	Risteävän tai kääntyvän liikenteen osuus <10 %			Risteävän tai kääntyvän liikenteen osuus ≥ 10 %		
	1-puol.	2-puol.	yht.	1-puol.	2-puol.	yht.
10-19	2,8	5,1	3,5	13,9	18,5	15,6
20-29	2,2	4,0	2,9	5,8	8,1	6,9
30-39	0,9	1,9	1,9	4,3	5,4	4,7
Yht.	1,4	3,0	1,9	5,7	7,5	6,5

Yksipuolisissa liittymissä, varsinkin sellaisissa, joissa kääntyvän liikenteen osuus on pieni, on pienempi onnetto-

muusaste kuin kaksipuolisissa liittymissä. On huomion arvoista, että onnettomuusaste Raff'in tutkimuksen mukaan pienenee, kun pimeän aikaisen liikenteen osuus kasvaa.

4.24 Tanner (Englanti 1953 /1/) tutki edellä selostetun onnettomuuksien lukumäärän ja liikennevirtojen riippuvuuden perusteella seuraavaa: kahden samalla puolella päätietä sijaitsevan liittymän yhdistämisen ja kaksipuolisen liittymän porrastamisen vaikutusta onnettomuuksiin.

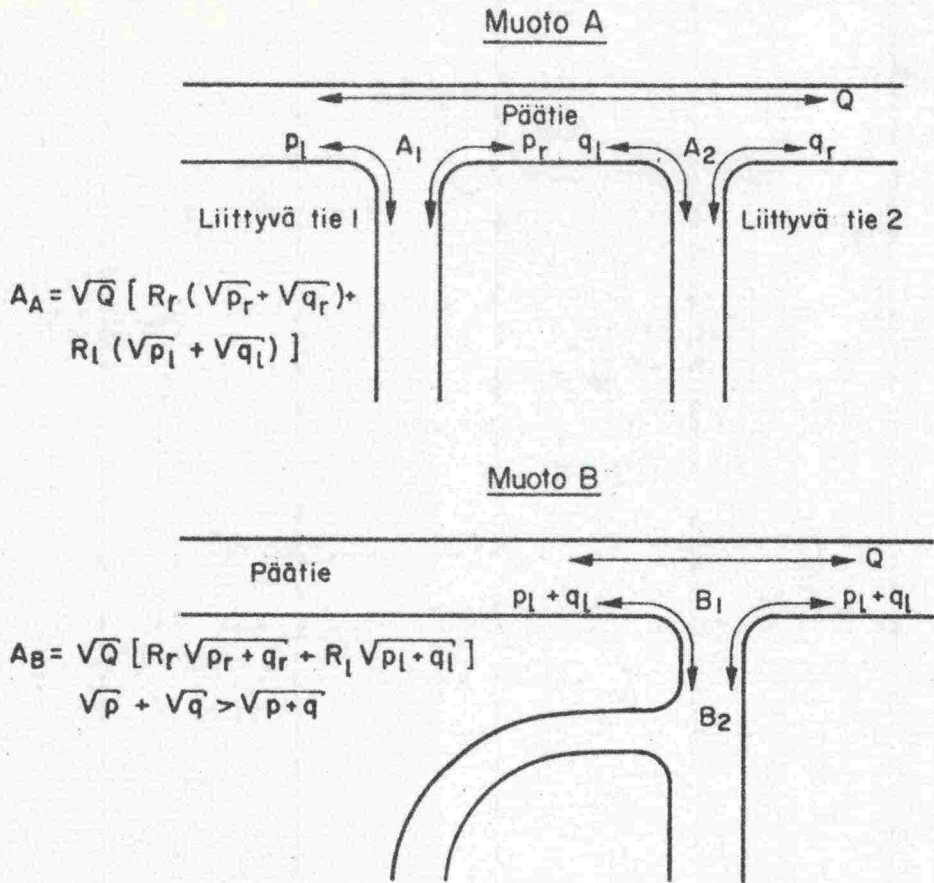
Tannerin esittämän "neliöjuurisäännön" (onnettomuuksien lukumäärä on verrannollinen kahden liikennevirran tulon neliöjuureen) avulla voidaan teoreettisesti tarkastella mitä päätien liittymäpisteiden rajoittaminen vaikuttaa onnettomuuksien lukumäärään. Tämän toteamiseksi tarkastellaan kahta vaihtoehtoista liittymämuotoa A ja B (kuva 23). Muodossa A on kaksi liittymäpistettä A_1 ja A_2 ja muodossa B yksi liittymäpiste päätiehen (B_1) ja liittyvät tiet on yhdistetty pisteessä B_2 . Kuvaan on merkitty eri liikennevirrat ja oletetaan, että Q on suurempi verrattuna virtoihin p_r , q_r , p_1 ja q_1 . Liittymätyyppisten onnettomuuksien lukumäärä muodon A pisteissä A_1 ja A_2 on seuraava:

$$\text{Piste } A_1 : R_r \sqrt{p_r (q_1 + Q)} + R_1 \sqrt{p_1 (q_1 + Q)}$$

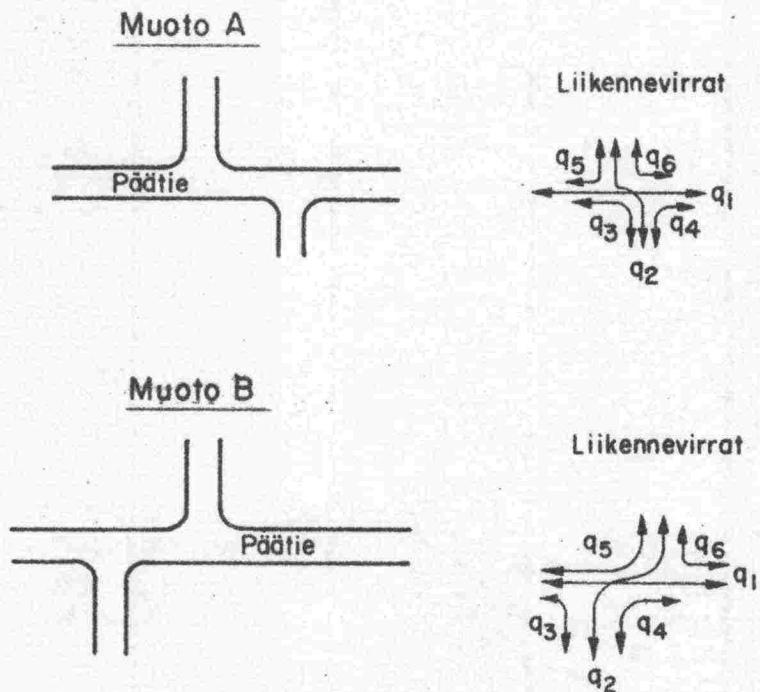
$$\text{Piste } A_2 : R_r \sqrt{q_r (p_r + Q)} + R_1 \sqrt{q_1 (p_r + Q)}$$

Olettamalla, että liittyvien teiden liikennemäärä on pieni, voidaan onnettomuuksien lukumäärät laskea yhteen.

$$A_A = \sqrt{Q} [R_r (\sqrt{p_r} + \sqrt{q_r}) + R_1 (\sqrt{p_1} + \sqrt{q_1})]$$



Kuva 23. Kahden yksipuolisen liittymän yhdistäminen.
Tanner (Englanti 1953).



Kuva 24. Porrastetun kaksipuolisen liittymän eri muodot
ja vastaavat liikennevirrat. Tanner (Englanti
1953).

Vastaava onnettomuuksien kokonaismäärä muodon B pisteessä B_1 on seuraava:

$$A_B = \sqrt{Q} [R_r \sqrt{p_r + q_r} + R_l \sqrt{p_l + q_l}]$$

Jos liittyvien teiden liikennemäärät ovat pieniä, voidaan onnettomuudet pisteessä B_2 jättää huomioon ottamatta. Koska positiivisille $p:n$ ja $q:n$ arvoille on voimassa, että $\sqrt{p} + \sqrt{q} > \sqrt{p+q}$, seuraa siitä, että A_A on suurempi kuin A_B . Täten voidaan todeta ainakin liittymätyyppisten onnettomuuksien osalta, että muoto B on liikenneturvallisuuden kannalta parempi kuin muoto A. On todennäköistä, että muurkaan tyyppisten onnettomuuksien lukumäärä ei ole huomattavasti suurempi muodossa B kuin muodossa A ja tuloksen luotettavuuden päärajoituksena on, että liittyvien teiden liikennemäärä pitää olla pieni. Suurin mahdollinen suhteellinen onnettomuuksien väheneminen on silloin, kun vastaavat virrat liittyvillä teillä ovat yhtä suuret eli $p_r = q_r$ ja $p_l = q_l$. Tällöin on:

$$A_B = \frac{1}{\sqrt{2}} A_A = 0,71 A_A$$

Täten kahden liittyvän tien yhdistämisellä saavutetaan n. 30 %:n onnettomuuksien väheneminen. Analyysia voidaan laajentaa mihin tahansa liittyvien teiden lukumäärään ja voidaan osoittaa, että yhdistämällä n liittyvää tietä onnettomuuksien lukumäärä pienenee $1/\sqrt{n}$:ään osaan verrattuna erillisten liittymien onnettomuuksien summaan. Em. pieneminen saavutetaan silloin, kun liittyvien teiden vastaavat liikennevirrat ovat yhtä suuria.

Neliöjuurisääntöä voidaan käyttää myös porrastettujen liittymien suhteellisen turvallisuuden ratkaisemiseksi.

Kuvassa 24 on esitetty 2 erilaista porrastetun liittymän tyyppiä: muoto A ja muoto B sen perusteella, missä asemassa liittyvät tiet ovat toisiinsa nähden. Näiden keskinäisen paremmuuden vertaileminen voidaan tehdä siten, että lasketaan kummallekin muodolle odotettavissa olevien vuotuisten onnettomuuksien lukumäärä olettamalla, että porrastettu liittymä on ekvivalentti kahden toisistaan riippumattoman yksipuolisen liittymän kanssa. Käyttämällä kuvan 24 merkintöjä ja olettamalla aluksi, että q_3 , q_4 , q_5 ja q_6 ovat riittävän pieniä q_1 :een ja q_2 :een verrattuna, odotettavissa olevien onnettomuuksien lukumäärät ovat:

$$\text{Muoto A : } A_A = 2 R_1 \sqrt{q_1 q_2}$$

$$\text{Muoto B : } A_B = 2 R_r \sqrt{q_1 q_2}$$

Käyttämällä aikaisemmin määrättyjä R_r :n ja R_1 :n arvoja (sivu 27) saadaan :

$$\frac{A_B}{A_A} = \frac{R_r}{R_1} \approx 0,6$$

Tämä osoittaa, että muoto B on liikenneturvallisuuden kannalta parempi kuin muoto A vasemmanpuoleisessa liikenteessä.

Yleisemmin, jos $q_3 = q_4 = q_5 = q_6$, voidaan osoittaa, että tämä pitää paikkansa silloinkin, kun kääntyvät liikennevirrat eivät ole pieniä.

Bennett on tutkinut samaa asiaa ennen - jälkeen tutkimuksilla /13/ (vasemmanpuoleinen liikenne). Hän totesi, että kun 9 tavallista kaksipuolista liittymää muutettiin muodon B mukaiseksi porrastetuksi liittymäksi, niin onnetto-

muuksien määrä pieneni 87 %. Vastavasti, kun 10 kaksipuolista liittymää muutettiin muodon A mukaiseksi liittymäksi, niin onnettomuuksien lukumäärän pieneneminen oli 51 %. Bennett'in tutkimusten mukaan siis kumpikin muoto on liikenneturvallisuuden kannalta parempi kuin tavallinen kaksipuolinen liittymä, jossa risteäminen tapahtuu suoraan päätien yli.

4.25. Charlesworth ja Tanner (Englanti 1960 /2/) tutkivat liittymämuodon ja liittymäkulman vaikutusta liikenneonnettomuksiin Englannissa v. 1953 onnettomuustilastojen perusteella. Onnettomuudet jakoutuivat liittymätyypin ja onnettomuuksiin osallistuneiden ajoneuvojen mukaan seuraavan taulukon mukaisesti:

Taulukko 9: Henkilövahinkoon johtaneet onnettomuudet erityyppisissä maaseudun tasoliittymissä v. 1953

Liittymätyyppi	1-ajon.	2-ajon.	3-tai us.ajon.	Yht.
Liikenneympyrä	268	180	9	457
Yksipuolinen liitt.	2021	5053	400	7474
Kaksipuolinen liitt.	590	2661	205	3456
Muut liittymät	83	369	32	484
Yhteensä	2962	8263	646	11871

Taulukosta nähdään, että 63 % onnettomuuksista sattui yksipuolisissa liittymissä ja 70 %:iin onnettomuuksista osallistui 2 ajoneuvoa.

Liittymäkulman vaikutusta tutkittiin yksipuolisissa liittymissä. Henkilövahinkoon ja pelkkiin aineellisiin vahinkoihin johtaneiden onnettomuuksien perusteella määrättiin suhteelliset onnettomuusluvut eri liittymäkulmille ja tulokset

on esitetty seuraavassa taulukossa:

Taulukko 10: Liittymäkulman vaikutus liikenneonnettomuuksiin.

Liittymäkulma	Suhteellinen onnettomuusaste (liittymätyyp- piset onnettomuudet).	
	Liittymän oikea reu- na: liittyvältä tiel- tä oikealle ja päätiel- tä vasemmalle käänty- vät	Liittymän vasen reu- na: päätieltä oikeal- le ja liittyvältä tiel- tä vasemmalle käänty- vät.
Tylppä	5,0	6,2
Kohtisuora	3,6	7,6
Terävä	3,0	5,4

Tulokset osoittavat, että teräväkulmainen liittymä on turvallisin molemmissa tapauksissa.

Englannin tielaboratorio (Tanner ja Garwood /14/) on tutkimut samaa asiaa myös ennen - jälkeen tutkimuksilla, joissa on saatu seuraavia tuloksia:

Liittymässä tehty muutos

Onnettomuuslukujen muutos

(ei jalankulkijaonnettom.)

- tylppä liitt. suorakulmaiseksi	-20 %
- terävä liitt. suorakulmaiseksi	+90 %
- kääntymisliikkeiden jyrkentä- minen suorakulmaisessa liittymä- lässä	-20 %
- liittymän muotoileminen ns. Bennett-liittymäksi	-30 %

Tutkimustulokset ovat samansuuntaisia taulukossa esitettyjen tulosten kanssa. Lisäksi ne puolustavat yksipuolisten liittymien muuntamista Bennett-liittymäksi (kuva 19).

Garwood ja Tanner /14/ ovat osoittaneet kaksipuolisis-

ta liittymistä, että onnettomuuksissa tapahtuu huomattavaa vähenemistä, kun tavalliset kaksipuoliset liittymät muute-
taan muodon B mukaisiksi porrastetuiksi liittymiksi (kuva24)
Heidän tutkimuksensa yhdessä aikaisempien ennen - jälkeen
tutkimusten kanssa osoittavat, että henkilövahinko-onnetto-
muuksissa saavutetaan täten n. 60 %:n väheneminen.

Samat tutkijat ovat todenneet, että liittymien raken-
taminen ympyräliittymiksi aiheuttaa n. 60 %:n alenemisen
henkilövahinko-onnettomuuksissa (tutkimus käsitti muutamia
liittymiä kaupunkialueilla). Pimeän aikana sattuneiden on-
nettomuuksien lukumäärä liikenneympyröissä on suhteellisen
suuri ja tämä todistaa tällaisten liittymien valaisemisen
tarvetta.

4.26. Thorson (Tanska 1962 /9/) tutki liittymätyypin vai-
kutusta onnettomuuksiin Tanskan v. 1962 onnettomuustilaston
perusteella. Tutkimuksen kohteena olleiden eri liittymätyyp-
pien ja niissä sattuneiden onnettomuuksien lukumäärä oli
seuraava:

Taulukko 11: Erityyppisten liittymien ja niissä sattuneiden
onnettomuuksien lukumäärä.

Liittymätyyppi	Maaseutu		Maaseutukaupungit	
	Liittym. lukum.	Onnett. lukum.	Liittym. lukum.	Onnett. lukum.
Kaksipuolinen	59	51	49	100
Yksipuolinen T	123	14	97	78
Yksipuolinen Y	338	71	126	90
Liikenneympyrä	0	0	9	10
Muut liittymät	14	8	34	22

Thorson totesi, että tarkastelemalla yksipuolisten liittymien onnettomuustiheyttä (onn./liittymä) ja onnettomuusastetta (onn./10⁶ ajoneuvoa) ei voitu todeta merkitseviä eroja T- ja Y-muodon välillä (kuva 16). Sen sijaan hän totesi maaseudun liittymistä, että kaksi- ja yksipuolisten liittymien kesken on merkitseviä eroja. Kaksipuolisissa liittymissä onnettomuustiheyden keskiarvo oli enemmän kuin 2 kertaa ja vastaava onnettomuusasteen arvo enemmän kuin 3 kertaa niin suuri kuin yksipuolisten liittymien ylempi konfidenssiraja (merkitsevyysraja, kuva 16). Myös pienten kylien ja maaseutukaupunkien kaksipuolisten liittymien onnettomuustiheys ja -aste olivat merkitsevästi suurempia kuin yksipuolisissa liittymissä mutta ero oli kuitenkin paljon pienempi kuin maaseudun liittymissä. Kööpenhaminan esikaupunkien ja suurimpien kylien erilaisissa liittymissä ei todettu merkitseviä eroja.

Thorson sai onnettomuuksien lukumäärän ja liikennemäärän väliseksi riippuvuudeksi erilaisissa liittymissä seuraavissa taulukoissa esitetyt yhtälöt.

Taulukko 12: Onnettomuustiheyden ja onnettomuusasteen riippuvuus liikennemäärästä (x) maaseudun liittymissä.










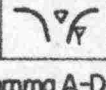

Liittymätyyppi	Onnettomuustiheys	Onnettomuusaste
Kaksipuolinen	$y_d = 2,92 \cdot 10^{-4} x$	$y_f = 0,80$
Yksipuolinen T	$y_d = 0,44 \cdot 10^{-4} x$	$y_f = 0,12$
Yksipuolinen Y	$y_d = 0,55 \cdot 10^{-4} x$	$y_f = 0,15$

Taulukko 13: Onnettomuustiheyden ja onnettomuusasteen riippuvuus liikennemäärästä (x) maaseutukaupungeissa.

Liittymätyyppi	Onnettomuustiheys	Onnettomuusaste
Kaksipuolinen	$y_d = 2,66 \cdot 10^{-4}x$	$y_f = 0,73$
Yksipuolinen T	$y_d = 1,65 \cdot 10^{-4}x$	$y_f = 0,35$
Yksipuolinen Y	$y_d = 1,46 \cdot 10^{-4}x$	$y_f = 0,30$

Taulukoista todetaan, että kaksipuolisten liittymien tuloksissa ei ole suurakaan eroa maaseudun ja maaseutukaupunkien kesken. Yksipuolisten liittymien sekä onnettomuustiheys että -aste ovat huomattavasti pienempiä maaseudulla kuin maaseutukaupungeissa.

4.27 BFU (Schweizerische Beratungstelle für Unfallverhütung /15/) on tutkimut T-liittymissä tapahtuneita onnettomuuksia Sveitsissä (oikeanpuoleinen liikenne). Tutkimuksen tulokset on esitetty kuvassa 25. Vertailua liittymäkulman vaikutuksesta onnettomuuksiin ei voida tehdä, koska vastaavia liikennemääriä ei ole esitetty. Liittymiä voidaan verrata kuitenkin niissä esiintyvien onnettomuustyyppien perusteella. A-tyypissä (suorakulmainen liittymä) on päätieltä kääntyvän ja samasta suunnasta saapuvan suoraan ajavan ajoneuvon yhteenajo yleisin (onnettomuustyyppi 4). B-tyypissä (tylppä liittymä) on yleisin onnettomuus päätieltä vasemmalle kääntyvän ja vastakkaisesta suunnasta tulevan ajoneuvon yhteenajo (onnettomuustyyppi 3). Tämän voidaan ajatella johtuvan siitä, että päätieltä poistuva ajoneuvo leikkaa liian loivasti vastakkais-suuntaisen liikenteen kaistaa. Tällöin ajoneuvojen suhteellinen nopeus on suuri, mikä saattaa lisätä onnettomuuden mah-

Risteys- tyyppi	Risteys- kpl.	Onnettom. kpl.	Onnettomuustyytit %: ssa						
									Muut
A 	8	80	18	9	11	40	16	-	6
B 	6	121	5	-	32	12	31	-	20
C 	5	89	38	22	-	5	9	-	26
D 	6	178	36	15	11	13	14	-	11
Summa A-D	25	468	24	13	14	16	18	-	15
E 	13	166	15	9	12	18	10	13	23

Kuva 25. Onnettomuuksien jakautuminen eri tyypeihin risteystyypeittäin. BFU (Sveitsi), Oikeanpuoleinen liikenne.

dollisuutta ja toisaalta onnettomuudet ovat seurauksiltaan vakavia. Tyypissä C on onnettomuustyyppi 1 yleisin ja tämä saattaa johtua siitä, että liittyvältä tieltä päätielle vasemmalle kääntyminen on liian helppo, jolloin se voidaan tehdä suurella nopeudella, mikä lisää onnettomuuden mahdollisuutta.

4.28 Golgate ja Tanner (Englanti 1967 /5/) tutkivat edellä esitetyn onnettomuuksien lukumäärän ja liikennemäärän välisen riippuvuuden perusteella liittymäkulman vaikutusta onnettomuusasteisiin yksipuolisissa maaseudun liittymissä (vasemmanpuoleinen liikenne). He totesivat, että teräväkulmaisissa liittymissä on alhaisempi onnettomuusaste kuin suorakulmaisissa tai tylpissä liittymissä. Saadut tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa.

Taulukko 14: Onnettomuusasteiden riippuvuus liittymäkulmasta.

Liittymäkulma	R_L	R_R	$R_L + R_R$
Tylppä	66	120	186
Kohtisuora	90	79	169
Terävä	68	54	122

Taulukon tuloksista on vedettävissä seuraavia johtopäätöksiä:

- 1) R_L on suurin suorakulmaisissa liittymissä
- 2) R_R on suurin tylpissä liittymissä ja pienin terävissä liittymissä.
- 3) $R_L + R_R$ on pienin terävissä liittymissä

Liittymien vasemman reunan ympäri kääntyville (pääasias-
sa liittyvältä tieltä oikealle kääntyville (q_{L_1})) molemmat
vinokulmaiset muodot näyttävät olevan parempia kuin suorakul-
mainen. Syy terävän liittymän tapauksessa on ilmeisesti sii-
nä, että muoto tekee mahdolliseksi päätieltä oikealle käänty-
misen suhteellisen suurella nopeudella, koska se voi tapah-
tua loivasti. Syytä, miksi myös tylppä muoto on huomattavasti
parempi kuin suorakulmainen, ei pystytty selvittämään.

Oikean reunan ympäri kääntyville terävän muodon etu suo-
rakulmaiseen ja suorakulmaisen etu tylppään nähden voi olla
siinä, että terävä muoto samoin kuin vähemmässä määrin myös
suorakulmainen pakottavat ajajat kääntyessä päätielle oi-
kealle (q_{R_1}) hiljentämään ennen kääntymistä ja tekemään sen
sellaisessa kulmassa, että he näkevät hyvin molempiin suun-
tiin pitkin päätietä.

4.29 Lobanov (Neuvostoliitto 1967 /6/) on Neuvostoliitosta
kerätyn n. 1500 liittymää käsittävän onnettomuustilaston pe-
rusteella tutkimut myös liittymämuodon ja liittymäkulman vai-
kutusta onnettomuuksien lukumäärään (oikeanpuoleinen liiken-
ne). Hänen tutkimuksensa mukaan liittymän liikenneturvalli-
suus on suuresti riippuvainen liittymäkulmasta, joka vaikuttaa
ratkaisevasti ajajan näkemäolosuhteisiin liittyvältä tieltä
päätieltä lähestyvässä ajoneuvossa. Ajoneuvon korin kehära-
kenteet rajoittavat osan ajajan näkökentästä. Ajotilanteen
havaitseminen liittymäalueella ajoneuvosta katsoen oikealle
tuottaa kuljettajalle erityisiä vaikeuksia. Liittymäkulman
vaikutusta voidaan arvostella ns. näkemäkertoimen avulla.
Näkemäkertoimen arvo lasketaan jakamalla liittyvältä tieltä
tulevan ajoneuvon kuljettajan näkemä päätien osan pituus

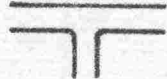

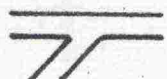
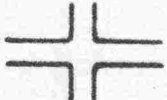
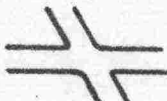
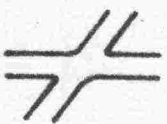
pysähtymistä varten tarvittavan osan pituudella. Kuvassa 27 on esitetty näkemäkertoimen riippuvuus liittymäkulmasta. Lähtökoh- tana ovat Neuvostoliitossa yleisesti käytössä olevat autotyypit.

Laskelmat ja tutkimukset osoittavat, että parhaat näkemä- olosuhteet saavutetaan liittymäkulman ollessa 105° 130° Myös onnettomuustilastot vahvistavat tätä käsitystä. Kuvassa 26 on esitetty onnettomuuksien keskimääräinen lukumäärä 10 milj. autoa kohti erityyppisissä liittymissä. Yksipuolisista liittymistä vaarallisimmin on liittymätyyppi 2 (terävä liittymä), joka useimmiten esiintyy suurten kaupunkien ohikulkuteilla. Kaupunkien äärialueil- la on paljon sekä kaukoliikennettä että paikallista liikennettä. Suurin onnettomuuksien todennäköisyys on sellaisessa tien kohdas- sa, jossa kaupungin ulosmenotie liittyy ohikulkutiehen. Turvalli- sin tyyppi on 3 (tylppä liittymä, kuva 26), jossa em. näkemäolo- suhteet ovat parhaimmat. Sekä yksipuolisissa että kaksipuolisissa liittymissä paremmuusjärjestys liikenneturvallisuuden kannalta on: tylppäkulmainen liittymä, suorakulmainen liittymä, teräväkulmai- nen liittymä. Tulokset ovat yhtäläisiä englantilaisten tulosten kanssa, kun otetaan huomioon, että Englannissa on vasemmanpuolei- nen liikenne. Kuvan 26 onnettomuuslukuja tarkastellessa huomio kiintyy yksi- ja kaksipuolisten liittymien pieneen eroon esim. verrattuna tanskalaiseen tutkimukseen /9/.

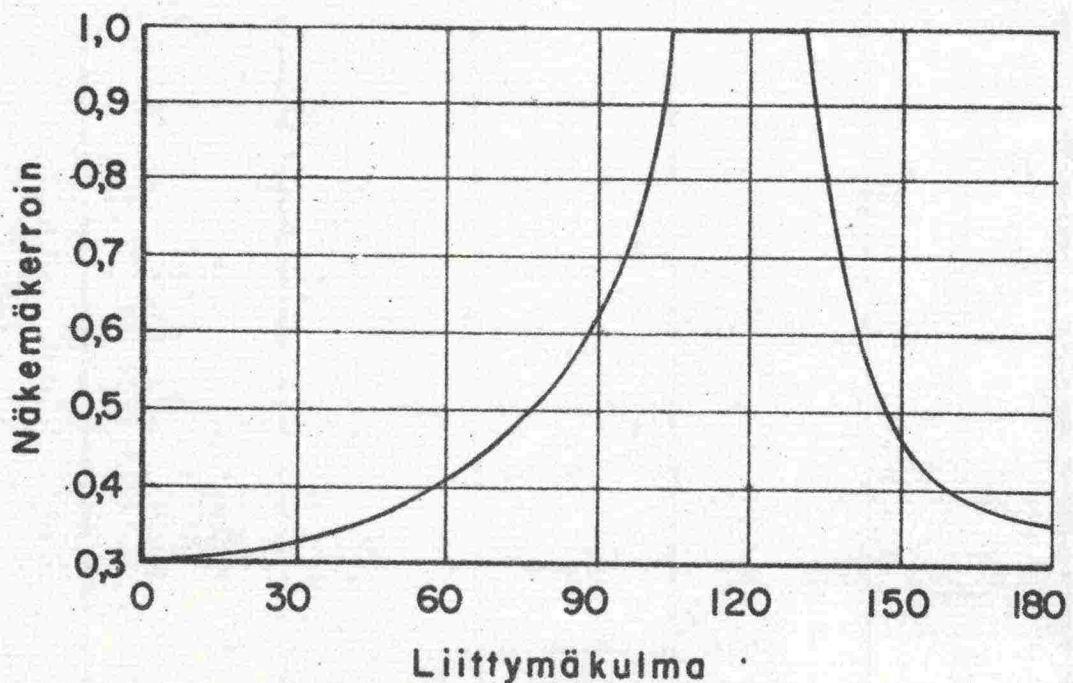
4.3 Yhteenveto

Yhteenvetona edellä esitetyistä tutkimuksista voidaan sanoa seuraavaa:

- kaksipuolisissa liittymissä onnettomuusluvut ovat suurem- pia kuin yksipuolisissa liittymissä; erot vaihtelevat hyvin voi- makkaasti eri tutkimuksissa (vain vähän suuremmista n. 7 kertai- siksi)

Liittymätyyppi	Liikenneonnettomuuksien lukumäärä 10milj. autoa kohden
1. 	4,36
2. 	5,71
3. 	3,68
4. 	4,82
5. 	7,28
6. 	3,91

Kuva 26. Onnettomuusasteen riippuvuus liittymäkulmasta. Lobanov (Neuvostoliitto 1967).



Kuva 27. Näkemäkertoimen riippuvuus liittymäkulmasta. Lobanov (Neuvostoliitto 1967).

- yksipuolisista liittymistä T- ja Y-muodon kesken ei voida havaita merkitseviä eroja.

- liittymäkulman mukaan paremmuusjärjestys liikenneturvallisuusmielessä on oikeanpuoleisen liikenteen kannalta asiaa tarkasteltuna: tylppäkulmainen, suorakulmainen, teräväkulmainen.

5. LIIKENNEMERKKIEN JA AJORATAMERKINTÖJEN VAIKUTUS ONNETTOMUUKSIIN

5.1 Yleistä

Seuraavaksi tarkastellaan tutkimuksessa saatuja tuloksia liikennemerkkien ja ajoratamerkintöjen kannalta.

Eri tutkimuksissa on kiinnitetty huomiota pääasiassa seuraaviin liikennemerkkeihin:

- pakollista pysähtymistä osoittava liikennemerkki (stop)
- päätien etuajo-oikeutta osoittava liikennemerkki (meillä kärkikolmio)
- varoitusmerkki alempiluokkaiselta tieltä päätielle tultaessa (engl. slow)

Ajoratamerkintojen kannalta on tutkittu seuraavien seikkojen vaikutusta:

- pysähtymispaikkaa osoittava poikkiviiva (pysäytysviiva) alempiluokkaiselta tieltä päätielle tultaessa.
- liittyvän tien keskiviiva liittymän läheisyydessä
- ajorataan maalatut liikennemerkit (esim. stop) ja ajosuuntaa osoittavat nuolet (ryhmittymismerkit).

5.2 Eri tutkimukset

5.21 Syrek (USA 1955 /16/) tutki 420 liittymää Los Angelesin seudulla USA:ssa. Liittymät oli varustettu pakollista pysähtymistä osoittavilla merkeillä joko kaikista suunnista tai alempiluokkaiselta tieltä tai liikennevaloilla. Liittymät jaettiin 18 ryhmään liikennemäärän ja onnettomuusfrekvenssin (onnettomuuksien lukumäärä miljoonaa liittymän läpi ajanutta ajoneuvoa kohti) perusteella. Syrek teki seuraavia johtopäätöksiä:

1. Onnettomuusfrekvenssi kasvaa kaikissa 3:ssa tapauksessa (pysähtymispakko kaikista suunnista, pysähtymispakko vain alempiluokkaisella tiellä, liikennevalot) kun alempiluokkaisen tien liikennemäärä kasvaa.

2. Pysähtymismerkeillä varustetuissa liittymissä (kaikki 4 suuntaa) onnettomuusfrekvenssi kasvaa voimakkaasti, kun päätien liikennemäärä on suurempi kuin 12000 ajon./vrk.

3. Pysähtymismerkillä varustetuissa liittymissä (merkit vain alempiluokkaisella tiellä) onnettomuusfrekvenssi pienenee, kun päätien liikennemäärä kasvaa (vasta-kohta kohdalle 2).

Syrek osoitti myös, että valo-ohjaus suuriliikenteisen läpikulkutien ja pieniliikenteisen liittyvän tai risteävän tien liittymässä aiheuttaa onnettomuusfrekvenssin kaksinkertaistumisen. Tämä aiheutuu pääasiassa peräänajojen lisääntymisestä.

5.22 Harrison (USA 1957 /17/) on tutkinut pakollista pysähtymistä osoittavan liikennemerkkin (stop) vaikutusta liikenneturvallisuuteen. Analyysi käsitti 24 liittymää ajanjaksona 1948 - 1953. Useimpia liittymiä tutkittiin 2 vuotta ennen muutosta, jossa risteyksen kohta alempiluokkaista haaraa koskeva pysähtymispakko muutettiin koskemaan kaikkia neljää haaraa ja 2 vuotta muutoksen jälkeen. Tulosten vertailu on esitetty taulukossa 15.

Taulukko 15. Onnettomuuksien lukumäärä ennen muutosta ja muutoksen jälkeen.

Ajanjakso	Onnettomuuksien lukumäärä				Kuolleita	Loukkaantuneita
	Yht.	Kuolemaanjoht.	Loukkaantumiseenjoht.	Ajonvaur.		
2 v.ennen	312	25	132	155	35	389
2 v.jälk.	220	6	100	114	7	201
Muutos	-30 %	-76 %	-24 %	-26 %	-80 %	-48 %

Tulokset osoittavat, että pakollista pysähtymistä osoittava merkki parantaa huomattavasti liikenneturvallisuutta, sillä onnettomuuksien lukumäärän pieneneminen oli merkitsevä kaikissa onnettomuustyypeissä. Kokonaismäärä pieneni 30 % ja suurin aleneminen tapahtui kuolleiden lukumäärässä, jossa väheneminen oli 80 %.

5.23 Detroit Dept. of Streets and Traffic (USA 1958 /18/) on tutkinut päätien etuajo-oikeutta osoittavan merkin vaikutusta. Kyseessä olevaa merkkiä käytetään USA:ssa pienempien teiden liittymissä, joissa pakollista pysähtymistä osoittavaa merkkiä tai liikennevaloja ei ole katsottu tarpeellisiksi. Tutkimus käsitti 297 liittymää, joiden onnettomuudet tilastoitiin vuosi ennen merkkien asettamista ja vuosi sen jälkeen. Todettiin, että onnettomuudet vähenivät merkitsevästi 52 %:lla 445:stä 214:ään. Seuraavasta taulukosta käy ilmi liikennemerkin vaikutus eri liittymissä.

Taulukko 16. Päätien etuajo-oikeutta osoittavan liikennemerkkin vaikutus.

Vaikutus	Liittymien lukum.	%
Ei onnettomuuksia ennen eikä jälkeen	57	19
Ei muutosta onnettomuuksien lukumäärässä	35	12
Onnettomuuksien väheneminen	158	53
Onnettomuuksien lisääntyminen	47	16
Yhteensä	297	100

Kokonaisuutena ottaen kyseisissä liittymissä tapahtui huomattavaa liikenneturvallisuuden paranemista.

5.24 Older (Englanti 1961 /19/) on tehnyt tutkimuksen pakollista pysähtymistä osoittavan merkin vaikutuksesta Englannissa. Tutkimus suoritettiin ennen - jälkeen tutkimuksena ja liittymiä muutettiin siten, että pakollista pysähtymistä osoittavan merkin lisäksi ajorataan maalattiin sama rajoitus (stop tai halt). Tulokset osoittivat, että muutoksen jälkeen liikennesäännön rikkojien määrä väheni 7 %. 40:n liikennemerkeillä ja ajoratamaalauksilla varustetun liittymän vertaaminen 40:een liittymään, joissa oli ainoastaan stop-liikennemerkkit, osoitti seuraavaa:

- edellisissä liittymissä alempiluokkaiselta tieltä tulevat ajoneuvot aiheuttivat vähemmän henkilövahinko-onnettomuuksia.
- onnettomuuksien lukumäärä oli edellisissä liittymissä 40 % pienempi verrattuna jälkimmäisiin.

Seuraavassa taulukossa on esitetty kummankin liittymäryhmän onnettomuusfrekvenssit eri liikennemäärille.

Taulukko 17. Stop-liikennemerkkin ja stop-ajoratamaalauksen vaikutus onnettomuusfrekvenssiin (100 x vuotuiset henkilövahinko-onnettomuudet/päätien ja liittyvän tien liikennemäärien tulon neliöjuuri)

Liikennemäärä (ajon./h)	Onnettomuusfrekvenssi	
	Stop-merkki + stop-ajoratamaalaus	Vain stop-merkki
0-50	0.20	0.42
50-100	0.16	0.24
100-150	0.11	0.27
150-250	0.24	0.26
Keskimäärin	0.178	0.288

5.25 Charlesworth ja Tanner (Englanti 1960 /2 / ovat tutkimuksessaan esittäneet tuloksia kaikkien kolmen edellä mainitun liikennemerkkin vaikutuksesta tasoliittymäonnettomuuksiin. Havainnot useissa stop-merkillä varustetuissa liittymissä osoittivat, että ajajat pysähtyivät niissä enemmän kuin slow-merkillä varustetuissa liittymissä tai sellaisissa, joissa ei ollut kumpaakaan merkkiä. Kun stop maalattiin ajorataan vastaavalla merkillä varustetuissa liittymissä, vaikutti tämä, että yhä useammat ajajat pysähtyivät ennen päätielle menoa.

Kun normaali suorakulmainen liittymä muutettiin Bennettliittymäksi, niin aluksi ajoneuvojen kuljettajat tekivät väärää kääntymisliikkeitä. Näissä tapahtui kuitenkin huomattavaa vähenemistä, kun ajorataan maalattiin suuret kääntymissuuntaa

osoittavat nuolet ja tehtiin korjaukset vastaaviin liikennemerkkeihin.

Tanner on aikaisemmassa tutkimuksessaan /1/ osoittanut, että maaseudun yksipuolisissa liittymissä pakollista pysähtymistä osoittavat merkit vähentävät liittyvältä tieltä kääntyvien aiheuttamat onnettomuudet lähes puoleen, mutta slow-merkillä todettiin olevan vain vähän vaikutusta. Eräissä uudemmassa tutkimuksessa (Inwood ja Newby /20/) on todettu, että päätien etuajo-oikeutta osoittavilla merkeillä (engl. yield) ei ole merkittävää vaikutusta onnettomuuslukuihin.

5.26 Golgate ja Tanner (Englanti 1967 /5/) ovat tutkimuksessaan todenneet liikennemerkeistä ja ajoratamaalauksista seuraavaa:

Onnettomuudet, joihin pakollista pysähtymistä osoittava merkki näyttää eniten vaikuttavan, ovat liittyvältä tieltä päätielle ajavien ja suoraan päätietä ajavien väliset yhteenajot (onnettomuustyyppit T_6 , T_7 , T_8 ja T_9 , kuva 6). Täten on odotettavissa, että merkin vaikutus on suurempi onnettomuusasteisiin R_R kuin asteisiin R_L . Tästä seuraa, että asteiden suhde R_L / R_R pitäisi olla suurempi kyseessä olevaa merkkiä käytettäessä. Tanner on todennut tämän aikaisemmassa tutkimuksessaan /1/, mutta /5/:n perusteella oletus ei pidä paikkaansa. Seuraavassa on vertailun vuoksi esitetty molempien tutkimusten tulokset. (Suluissa Tannerin tulokset; käytetyt yksilöt ovat erilaisia ja /1/:ssä on huomioitu ainoastaan henkilövahinkoihin johtaneet onnettomuudet).

Taulukko 18. Eri liikennemerkkien vaikutus onnettomuusasteisiin.

Liikennemerkki	R_L	R_R	R_L/R_R
Pakollista pysähtymistä osoittava (stop)	53 (6,03)	74 (2,52)	0,71 (2,39)
Slow-merkki	90 (7,13)	109 (5,10)	0,83 (1,40)
Ei kumpaakaan merkkiä	62 (5,38)	67 (4,18)	0,93 (1,29)

Stop-merkillä varustettuja liittymiä tarkasteltaessa todettiin, että oli eräs liittymä, jossa onnettomuuksien lukumäärä oli hyvin suuri. Kun tämä liittymä jätettiin huomioon ottamatta, suhteen R_L/R_R arvoksi saatiin 1,03, mikä on suurempi kuin slow-merkillä varustetuissa liittymissä tai sellaisissa, joissa ei ollut kumpaakaan merkkiä. Täten voidaan todeta, että stop-merkillä varustettujen liittymien otos ei ollut riittävän suuri vaihtelujen eliminoimiseksi.

Tarkastelu osoittaa, että slow-merkillä varustetuissa liittymissä on suurin kokonaisonnettomuusaste $R_L + R_R$ verrattuna kumpaankin muuhun tapaukseen. Tämä pitää paikkansa myös erikseen asteille R_L ja R_R . Vaikka todellista syytä tähän on vaikea selvittää, voidaan olettaa, että slow-merkit on asetettu sellaisiin liittymiin, jotka ovat huomattavasti vaarallisempia kuin liittymät, joissa ei ole mitään merkkiä ja toisaalta merkkiä huomioidaan vähän.

Ajoratamerkintöjen vaikutuksesta todettiin ko. tutkimuksessa seuraavaa: Tarkastelemalla kaikkia liittymiä liittyvällä tiellä olevan pysähtymispaikkaa osoittavan poikkiviivan suhteen voidaan todeta, että $R_L + R_R = 130$ sellaisissa liittymissä, joissa on poikkiviiva ja $R_L + R_R = 215$ sellaisissa, joissa ei ko. viivaa ole. On odotettavissa, että pysäytysviiva vaikuttaa alentavasti liittyvältä tieltä päätielle kääntyvien ajoneuvojen aiheuttamiin

onnettomuuksiin eli tyyppeihin T_6 , T_7 , T_8 ja T_9 (kuva 6). Viitaten kuvassa 6 esitettyihin eri onnettomuustyyppien suhteisiin, voitaisiin odottaa, että R_R alenisi ja R_L pysyisi suunnilleen muuttumattomana. Tutkimuksessa todettiin kuitenkin, että R_L on huomattavasti pienempi sellaisissa liittymissä, joissa on poikkiviiva, kun taas R_R pienenee ilmeisesti vähemmän. Tämä pitää paikkansa sekä liittymille, joissa oli slow-merkki että liittymille, joissa ei ollut mitään merkkiä (otos oli liian pieni stop-merkin vaikutuksen toteamiseksi). Syytä tähän tulokseen ei pystytty selvittämään, mutta voidaan olettaa, että pysäytysviivan vaikutus yhdistyy muihin liittymäominaisuuksiin, jotka sitten yhdessä vaikuttavat onnettomuusasteisiin.

Liittyvän tien keskiviivan olemassaolo ilmeisesti alentaa onnettomuusasteita. Kaikki liittymät huomioiden $R_L + R_R = 154$ liittymille, joissa on ko. keskiviiva ja $R_L + R_R = 250$ liittymille, joista viiva puuttuu. Koska viimeksi mainittuja liittymiä oli ainoastaan 15, niin näiden liittymien onnettomuusasteissa saattaa olla niin suuret vaihtelut, ettei pitkälle meneviä johtopäätöksiä voida tehdä.

5.3 Yhteenveto

Yhteenvetona edellä esitetyistä tutkimuksista voidaan sanoa seuraavaa:

- pakollista pysähtymistä osoittava liikennemerkki vaikuttaa onnettomuuksia alentavasti ja vaikutus lisääntyy, kun lisäksi sama merkki maalataan ajorataan.
- päätien etuajo-oikeutta osoittava merkki vaikuttaa myös onnettomuuksia alentavasti, vaikka eräiden tutkimusten mukaan vaikutus on vähäinen.
- slow-merkin vaikutus on todettu melko vähäiseksi.

- pysäytysviiva alempiluokkaiselta tieltä päätielle tultaessa sekä alempiluokkaisen tien keskiviiva liittymän läheisyydessä vähentävät onnettomuuksia.
- ajoratamaalaukset (joko liikennemerkkit tai ryhmittymisnuolet) korostavat liikennemerkkien vaikutusta tai selventävät risteysajoa ja täten vähentävät onnettomuuksia; rajoituksena maalausten käytölle esim. Suomen oloissa on talvikausi, jolloin maalaukset ovat lumen ja jään peitossa.

6. NÄKEMIEN VAIKUTUS ONNETTOMUUKSIIN

6.1 Yleistä

Näkemien vaikutusta tasoliittymäonnettomuuksiin on tutkittu melko vähän ja niistäkin saadut tulokset ovat jossain määrin ristiriitaisia. Puhtaasti näkemän vaikutusta onkin vaikea selvittää, sillä se yhdistyy muihin liittymäominaisuuksiin (esim. liittymäkulma), jotka sitten vaikuttavat yhdessä. Tutkimukset ovat keskittyneet lähinnä näkemiin liittyvältä tieltä päätielle. Jos kuitenkin asiaa tarkastellaan luvussa 2 esitettyjen onnettomuuksien jakaantumisen perusteella, niin myös päätien näkemällä liittymän kohdalla on suuri vaikutus. Muodostivathan eräiden tutkimusten (/1/, /3/, /4/) mukaan kahden alkuaan päätien ajoneuvon, joista toinen kääntyy liittyvälle tielle, väliset onnettomuudet yleisimmän onnettomuustyyppin.

6.2 Eri tutkimukset

6.21 Volmuller(Hollanti 1956 /21/) on suorittanut tutkimuksen eräästä kahden valtatie risteyksestä Hollannissa. Risteys sijaitsi aukealla paikalla ja siinä oli hyvä näkyvyys kaikista suunnista. Risteyksessä sattui paljon vakavia onnettomuuksia siitä huolimatta, että siihen oli asetettu lukuisia varoitusmerkkejä. Lähemmässä risteyksen analyysissä todettiin, että ajoneuvojen kuljettajat eivät pystyneet toteamaan risteävän ajoneuvon paikkaa eivätkä nopeutta. Kun kuljettaja näki lähestyvän ajoneuvon, hän käsitti sen nopeuden liian pieneksi ja vain lisäsi nopeutta. Liikenneturvallisuuden parantamiseksi päätettiin istuttaa teiden varsiin puita ja pensaita, että tielinjojen kulku erottuisi paremmin.

6.22 Golgate ja Tanner (Englanti 1967 /5/). Tutkimuksessa todettiin näkemien vaikutuksesta seuraavaa: Liittymätietojen perusteella näkemät liittyvältä tieltä päätielle jaettiin kolmeen luokkaan: hyvä, keskinkertainen ja huono. Näkemät mitattiin liittyvältä tieltä n. 15 m:n päässä päätiestä ja ne määriteltiin seuraavasti:

- hyvä näkemä on suurempi kuin 600 jalkaa (n. 183 m)
- huono näkemä vasemmalle on pienempi kuin 180 jalkaa (n. 55 m)
- huono näkemä oikealle on pienempi kuin 240 jalkaa (n.73 m)

Voidaan olettaa, että näkyvyys liittyvältä tieltä päätielle ei suurestikaan vaikuta R_L -tyyppisiin onnettomuuksiin, koska useimmat näistä ovat sellaisia, joissa molemmat yhteenajavat ajoneuvot ajavat alkuaan päätietä pitkin. Toisaalta R_R -tyyppisiin onnettomuuksiin (pääasiassa tyyppiin 9, jossa liittyvältä tieltä päätielle kääntyvä ajoneuvo ajaa yhteen päätieltä oikealle tulevan ajoneuvon kanssa (kuva 6)), näkyvyydellä liittyvältä tieltä päätielle voidaan olettaa olevan suuri merkitys.

Tutkimuksessa todettiin, että näkyvyys vaikuttaa juuri voimakkaimmin R_R -tyyppisiin onnettomuuksiin mutta vaikutuksen suunta oli aivan päinvastainen: mitä parempi näkyvyys sitä suurempi onnettomuusaste! Tämä piti paikkansa myös erikseen sekä stop-merkillä että slow-merkillä varustetuille liittymille sekä sellaisille, joissa ei ollut kumpaakaan merkkiä.

Tämä tulos näyttää olevan ristiriidassa aikaisemmin suoritettujen ennen- jälkeen tutkimusten kanssa (/14/, /22/). Näissä on todettu, että liittymien näkemien parantamisella on sellainen vaikutus, että onnettomuudet ovat vähentyneet keskimäärin 30 %.

Tutkimuksessa saatu tulos voi aiheutua seuraavista tekijöistä: Jo aikaisemmin on todettu, että tylppäkulmaisissa liittymä-

missä R_R :n arvo on suurin ja eri onnettomuustyyppien yhteenvedosta (kuva 6) nähdään, että se johtuu lähinnä tyypeistä 8 ja 9. Tästä on vedettävissä sellainen johtopäätös, että helppo kääntyminen liittyvältä tieltä oikealle tylpissä liittymissä johtaa siihen, että liikenne kääntyy suuremmilla nopeuksilla ja tästä on seurauksena suuri onnettomuusaste. Hyvät näkemät voivat vaikuttaa samalla tavalla kääntymisnopeuksia kasvattavasti. Toinen mahdollinen tuloksen selitys on se, että liittymissä, joissa on hyvä näkyvyys, päätien liikenteen nopeus on suuri ja tämä voi osaltaan aiheuttaa onnettomuuksien lisääntymisen.

6.23 Lobanov (Neuvostoliitto 1967 /6/). Aikaisemmin on jo todettu (sivu 57), että liittymäkulman vaikutus onnettomuuksiin on riippuvainen näkyvyydestä liittyvältä tieltä päätielle. Lobanovin mukaan liittymäkulman vaikutusta voidaan arvioida ns. näkemäkertoimen avulla (kuva 27). Näkemäkertoimen arvo lasketaan jakamalla liittyvältä tieltä tulevan ajoneuvon kuljettajan näkemä päätien osan pituus pysähtymistä varten tarvittavalla matkalla. Kuvasta 27 nähdään, että näkemäkerroin on 1, kun liittymäkulma on välillä $105^\circ \dots 130^\circ$. Kulman ollessa pienempi tai suurempi laskee kertoimen arvo jyrkästi. Esim. suorakulmaisessa liittymässä (90°) kertoimen arvo on n. 0,6. Lobanovin tutkimukset osoittavat, että tylppäkulmaisissa liittymissä, joissa edellisen mukaan on parhaat näkemäolosuhteet, on myös alhaisin onnettomuusaste (kuva 26).

6.2 Yhteenveto

Edellä olevista jossain määrin yllättävistä tuloksista huolimatta ei näkemien merkitystä liikenneturvallisuuteen pidä aliarvioida. Jos luotettavimpana pidetään ennen - jälkeen tutki-

muksia, niin näissäkin on todettu onnettomuuksien vähenemistä liittymän näkemäolosuhteiden parantamisen jälkeen. Toisaalta taas "liian hyvä" näkyvyys voi houkutella varomattomuuteen, josta saattaa olla seurauksena onnettomuus. Tällaisissa tapauksissa saattaa olla näkemäolosuhteiden "huonontumisella" ts. puu- ja pensasistutuksilla liikenneturvallisuutta parantava vaikutus.

7. SAAREKKEIDEN JA LIITTYMIEN KANAVOINNIN VAIKUTUS ONNETTOMUUKSIIN

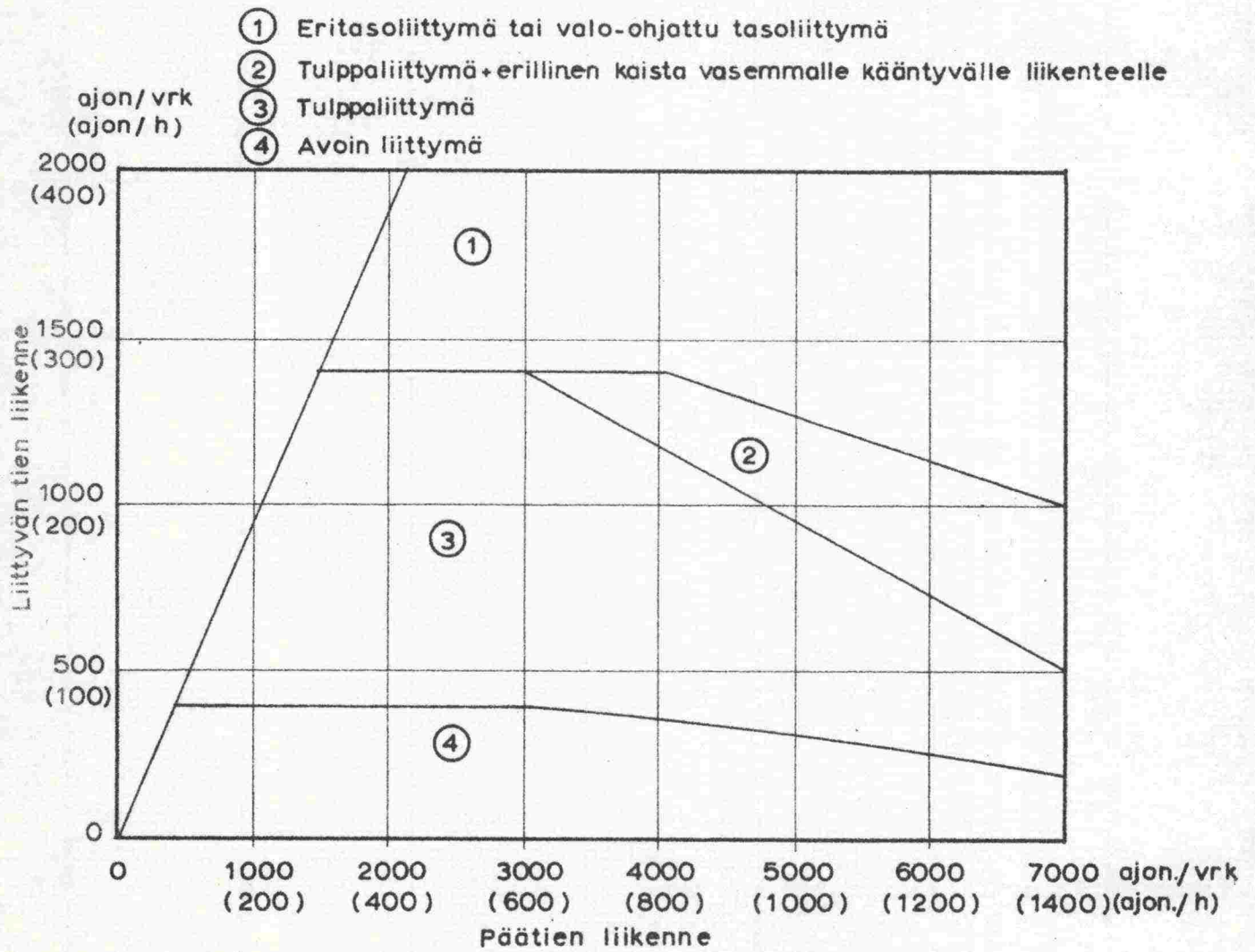
7.1 Yleistä

Seuraavaksi tarkastellaan onnettomuusutkimuksia liittymän saarekkeiden ja kanavoinnin kannalta. Useat tulokset perustuvat ennen - jälkeen tutkimuksiin, joissa on tarkasteltu onnettomuuslukuja ennen liittymän muuttamista ja sen jälkeen.

7.2 Eri tutkimukset

7.21 Dufwa (Ruotsi 1954 /23/) on suorittanut tutkimuksia katuristeyksien liikenneturvallisuutta parantavista toimenpiteistä Tukholmassa. Katuristeyksiä parannettiin kanavoimalla liikennettä erottamalla liikennevirrat toisistaan korokkeiden avulla ja eliminoimalla tarpeettomia ajopintoja. Ennen - jälkeen tutkimukset antoivat tuloksen, että vuotuisten onnettomuuksien lukumäärä pieneni siitä huolimatta, että liikennemäärä kasvoi samanaikaisesti.

7.22 Pucher (Saksa 1960 /24/) on esittänyt perusteita siitä, millaisilla päätien ja liittyvän tai risteävän tien liikennemäärillä kanavointia tulisi suorittaa. Näitä perusteita on kuvassa 28, jossa esitetystä diagrammista nähdään liikennesaarekkeiden, kanavoinnin, liikennevalojen tai eritasoliittymän tarpeellisuus päätien ja liittyvän tien liikennemäärän funktiona. Kuvan mukaan tarvitaan saareke liittyvällä tiellä normaaleissa näkemä- ja kaltevuusolosuhteissa (kriittinen aikaväli 6 s), kun päätien liikennemäärä on suurempi kuin 500 ajon./vrk ja liittyvän tien liikennemäärä suurempi kuin 400 ajon./vrk.



Kuva 28

Liittymätyypin valinnan perusteet. Pucher (Saksa 1960)

7.23 BFU (Schweizerische Beratungstelle für Unfallverhütung /15/ on esittänyt tuloksia myös liittymistä, joissa on saarekkeet joko liittyvällä tiellä tai sekä liittyvällä tiellä että päätiellä (liittymätyypit D ja E kuvassa 25, sivu 55). Tarkempaa analyysia tuloksista ei voida tehdä, koska vastaavat liikennemäärätiedot puuttuvat. Huomiota herättää tyyppin D suuri onnettomuusluku (6:ssa liittymässä 178 onnettomuutta) sekä onnettomuustyyppin 1 (päätieltä vasemmalta tulevien ajoneuvojen ja liittyvältä tieltä päätielle tulevien ajoneuvojen yhteenajot) suuri prosentuaalinen osuus (36 %) tyyppin kaikista onnettomuuksista. Tyyppin E prosenttilukuja tarkastelemalla todetaan, että 13 % onnettomuuksista on aiheutunut liikennekorokkeisiin ajosta (onnettomuustyyppi 6).

7.24 Golgate ja Tanner (Englanti 1967 /5/) ovat tutkimuksessaan todenneet ajoradan saarekkeiden vaikutuksesta seuraavaa: Päätien saarekkeet liittyvälle tielle oikealle kääntyvälle liikenteelle näyttävät suurentavan onnettomuusasteita R_L ja R_R . Tutkimus osoitti, että $R_L + R_R = 200$ liittymissä, joissa oli päätien saarekkeet ja $R_L + R_R = 161$ liittymissä, joissa ei ollut saarekkeita. Päätien saarekkeet vaikuttivat kuitenkin T_2 - ja T_3 - tyyppisiä onnettomuuksia alentavasti ja tämä on todettavissa R_L :n ja R_R :n suhteen muutoksesta 0.89:stä 0.69:ään. Ilmeisesti tilasto on kuitenkin riittämätön osoittamaan selvästi päätien saarekkeiden vaikutuksen.

Liittyvällä tiellä olevilla saarekkeilla näyttää olevan pieni vaikutus kokonaisonnettomuusasteeseen: $R_L + R_R$:n pieneminen 170:stä 166:een. Ilmeisesti R_L pienenee kun taas R_R kasvaa. Liittymän eri onnettomuusasteiden suhteista saatiin seuraavat tulokset:

<u>$R_L + R_R$ saarekkeet</u>	0,98	(0,98)
$R_L + R_R$ ilman saarekkeita		
- R_L/R_R saarekkeet	0,71	(0,22)
- R_L/R_R ilman saarekkeita	0,95	(1,52)

Vaikka on vaikea päätellä, että onnettomuusasteiden muutokset johtuvat yksinomaan saarekkeista, on todettava, että Tanner on aikaisemmassa tutkimuksessaan /1/ saanut samansuuntaisia arvoja (suluissa olevat luvut).

7.3 Yhteenveto

Liittymien kanavointi suuremmissa määrin tullee kysymykseen lähinnä kaupunki- ja esikaupunkialueilla, joissa eri liikennevirtojen erottamisella ja tarpeettomien ajopintojen eliminoimisella on onnettomuuksia vähentävä vaikutus. Sen sijaan maaseutuolosuhteissa paras ratkaisu on ilmeisesti ajon kannalta selvä yksinkertainen liittymätyyppi, jossa liittävän tien vastakkaisuuntaiset liikennevirrat on erotettu saarekkeella.

8. NOPEUDENMUUTOSKAISTOJEN JA LIITTYMÄKAARTEEN SÄTEEN VAIKUTUS ONNETTOMUUKSIIN

8.1 Yleistä

Tarkasteltavina olevia riippuvuuksia on tutkittu melko vähän. Liittymäonnettomuudet aiheutuvat useimmiten päätietä ajavien ja kääntyvien ajoneuvojen suuresta nopeuserosta ja tässä mielessä turvallisuutta voidaan parantaa nopeudenmuutoskaistojen avulla. Kiihdytys- ja hidastuskaistat palvelevat oikeanpuoleisessa liikenteessä ainoastaan oikealle kääntyviä liikennevirtoja. Jos asiaa tarkastellaan luvussa 2 esitettyjen onnettomuuksien jakautumisen perusteella, niin todetaan, että niiden vaikutus onnettomuuksien kannalta ei voi olla kovin suuri, koska vasemmalle kääntymiset ovat pääprobleema liikenneturvallisuuden kannalta. Ko. kaistojen merkitys lieneekin lähinnä liittymän kapasiteetissa ja liikenteen sujuvuudessa, kun taas onnettomuuksien kannalta tärkeämpiä ovat erilliskaistat vasemmalle kääntyvälle liikenteelle.

8.2 Eri tutkimukset

8.21 Charlesworth ja Tanner (Englanti 1960 /2/). Tutkimuksessa on käsitelty kiihdytys- ja hidastuskaistojen käyttöä. Havainnot liikenteen tulemisesta pätielle ja lähtemisestä pätieltä eräässä yksipuolisessa suorakulmaisessa liittymässä, jossa oli kiihdytys- ja hidastuskaistat, osoittivat, että ajajat pyrkivät käyttämään enemmän kiihdytys- kuin hidastuskaistaa. Tämä todettiin siitä, että se piste, jossa ajoneuvot alkoivat lähteä kiihdytyskaistalta, oli kauempana liittymän tien keskiviivasta kuin se piste, jossa

ajoneuvot yleisimmin ajoivat hidastuskaistalle. Ko. liittymä muutettiin myöhemmin teräväkulmaiseksi liittymäksi. Tämän muutoksen jälkeen päätielle vasemmalle kääntyvät ajoneuvot hyväksyivät pienemmän aikavälin päätien liikennevirrassa ja liittyivät tähän suuremmalla nopeudella t.s. nopeudet lähenivät päätien liikennevirran nopeuksia.

Summerfield /25/ on tutkinut päätieltä vasemmalle kääntyvien ajoneuvojen nopeuksia ja hidastuskaistojen käyttöä (vasemmanpuoleinen liikenne). Keskimäärin nopeudet alenivat n. 47 km/h:sta n. 27 km/h:iin 60:n matkalla ennen liittymäkohtaa.

8.22 Lobanov (Neuvostoliitto 1967 /6/) Nopeudenmuutoskaistojen vaikutusta onnettomuuksiin on selvitetty aikaisemmin määritellyn onnettomuusasteen K_1 avulla (sivu 40). Taulukosta 7 todetaan, että nopeudenmuutoskaistoilla varustettujen liittymien K_1 -arvot ovat huomattavasti pienempiä kuin liittymissä, joissa ko. kaistoja ei ole. Tämä pitää paikkansa myös erikseen sekä avoimille että kanavoiduille liittymille sekä erikseen virran liittymiseen (kiihdytyskaistat) että virran erkanemiseen (hidastuskaistat) nähden. Samassa taulukossa on esitetty myös liittymäkaarten pyöristyssäteen (R) vaikutusta onnettomuusasteisiin K_1 . R:n ollessa pienempi kuin 15 m ovat K_1 :n arvot huomattavasti suurempia kuin suurempisäteisissä liittymissä. Tämä johtuu siitä, että kääntyvä ajoneuvo ei pysy omalla kaistallaan, vaan joutuu kääntyessään osittain ajamaan vastakkaisen suunnan ajokaistalla. Tästä saattaa olla seurauksena törmääminen vastakkaisesta suunnasta tulevaan ajoneuvoon tai päätietä kulkevan ajoneuvon törmäminen kääntyvän ajoneuvon kylkeen. Em. tyyppisiä onnettomuuksia on todettu olevan 4,25 % kaikista liittymäonnetto-

muuksista. R:n ollessa pienempi kuin 15 m, on onnettomuuksien lukumäärän todettu olevan n. 5-6 kertainen verrattuna onnettomuuksien lukumäärään sellaisissa liittymissä, joissa pyöristyssäde on yli 15 m. Liittymissä, joissa kääntyvien ajoneuvojen ajourat ovat lähellä toisiaan on onnettomuuksien lukumäärä n. 2-3,5 kertainen verrattuna liittymiin, joissa ajoneuvot ovat riittävän kaukana toisistaan. Taulukosta nähdään myös, että siirtymäkaarien käyttö pienentää huomattavasti onnettomuusasteen K_1 arvoja.

8.3 Yhteenveto

Yhteenvetona edellisestä voidaan mainita seuraavaa:

Nopeudenmuutoskaistat tasoittavat päätietä suoraan ajavien ja kääntyvien ajoneuvojen nopeuseroja ja täten pienentävät onnettomuusriskiä.

Liittymäkaarten säde ei saa olla liian pieni, jolloin kääntyvä ajoneuvo joutuu vastakkaissuuntaisen liikenteen ajokaistalle. Säteen ollessa pienempi kuin 15 m onnettomuusasteen on todettu kasvavan voimakkaasti. Kääntyminen ei myöskään pidä tapahtua liian loivasti ilman nopeudenmuutoskaistoja. Tutkimuksessa /14/ on todettu, että kääntymisliikkeiden jyrkentäminen suora-kulmaisissa liittymissä on vähentänyt onnettomuuksia n. 20 %. Siirtymäkaarien käyttö näyttää myös pienentävän onnettomuusastetta.

9. LIIKENNEVALOILLA VARUSTETUT LIITTYMÄT

9.1 Yleistä

Seuraavassa esitetään liikennevaloilla varustettuja liittymiä koskevia onnettomuustutkimuksia. Niissä on käsitelty liikennevalojen vaikutusta yleensä, kaikille punaisen ajan vaikutusta, oikealle kääntymistä punaisen vaiheen aikana, vilkkuvia valoja, valojen yhteenkytkentää jne. Liikennevaloja koskevia asioita on selostettu jo aikaisemmin esitetyissä tutkimuksissa (Baldock /7/, Syrek /16/, Pucher /24/), joten tässä yhteydessä viitataan niitä koskeviin selostuksiin.

9.2 Eri tutkimukset

9.21 Webb (USA 1955 /26/) tutki 186 2-vaiheisilla liikennevaloilla varustettua liittymää Kaliforniassa USA:ssa. Jokaista liittymää tutkittiin vähintään vuosi ajanjaksona 1948 -1952. 97:n suunnilleen samankaltaisen liittymän tiedot yhdistettiin. T-liittymät sekä useamman kuin kahden tien liittymät jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Liittymät, joissa kaikissa vasemmalle kääntyminen oli kielletty, jaettiin kolmeen ryhmään seuraavasti:

- ryhmä 1: tiheään asutut alueet; nopeus < 50 km/h
- ryhmä 2: esikaupunkialueet ; nopeus 50 - 70 km/h
- ryhmä 3: maaseutualueet ; nopeus > 70 km/h

Onnettomuuksien ja liikennemäärän välisen riippuvuuden ilmaisemiseksi käytettiin mallia

$$X = m Q_p^a Q_s^b$$

jossa X = onnettomuuksien lukumäärä vuodessa päätiellä

a, b, m = vakioita

$Q_p = 1/100$ päätien liikennemäärästä (KVL)

$Q_s = 1/100$ liittyvän tai risteävän tien liikennemäärästä
(KVL)

Eri ryhmissä saatiin kaavoiksi:

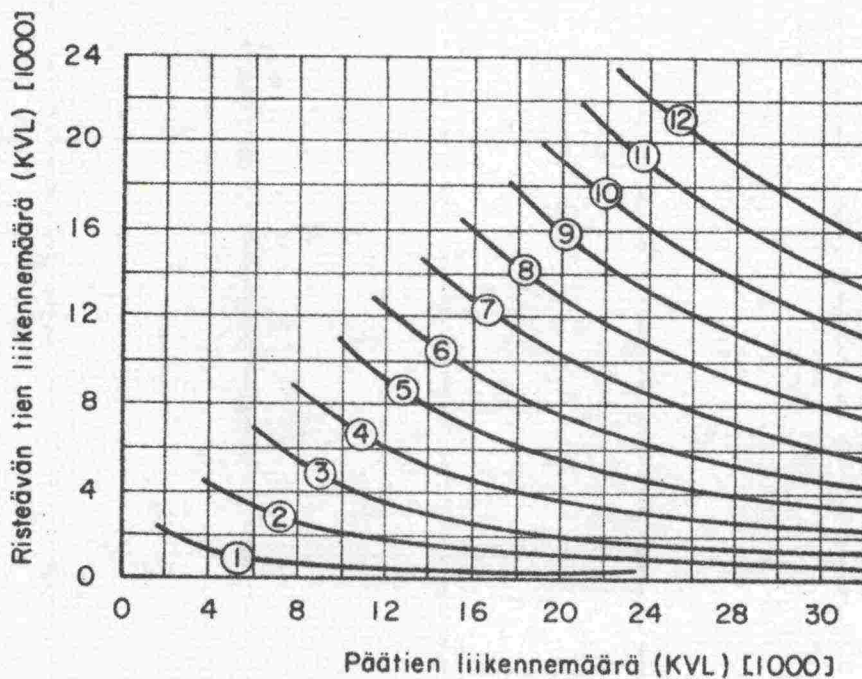
Ryhmä 1: $X = 0,030 Q_p^{0,55} Q_s^{0,55}$ (korrelaatio, $r = 0,86$)

Ryhmä 2: $X = 0,170 Q_p^{0,45} Q_s^{0,38}$ (korrelaatio, $r = 0,80$)

Ryhmä 3: $X = 0,280 Q_p^{0,51} Q_s^{0,29}$ (korrelaatio, $r = 0,87$)

Ryhmän 1 liittymille saatu riippuvuus on esitetty kuvassa 29. Kaavat osoittavat, että onnettomuusfrekvenssi kasvaa lähestymisnopeuden kasvaessa. Kun lähestymisnopeus kasvaa, niin peräänajotyypiset onnettomuudet lisääntyvät. Käytetty malli on analoginen Mc Donaldin liikennevalottomille liittymille sovelletaman mallin kanssa /8/. Mc Donald totesi vastakohtana Webb'in tutkimuksille, että alempiluokkaisen tien liikennemäärä vaikuttaa onnettomuusfrekvenssiin enemmän kuin päätien liikenne. Ero voi johtua siitä, että Webb'in tutkimus käsitti ainoastaan päätiellä sattuneet onnettomuudet.

Muiden 89 liittymän onnettomuusfrekvenssiä verrattiin edelläolevien kaavojen avulla teoreettiseen, odotettavissa olevaan frekvenssiin. Vertailu osoitti, että yksipuolisissa liittymissä oli vähemmän onnettomuuksia pienillä lähestymisnopeuksilla. Kaikissa neljän tien liittymissä, jotka sijaitsivat kaarteissa, oli enemmän onnettomuuksia kuin mitä kaavat osoittavat. Vinokulmaisissa liittymissä onnettomuusfrekvenssi oli yleensä pienempi kuin suorakulmaisissa.



Kuva 29. Onnettomuusfrekvenssi (vuotuisten onnettomuuksien lukumäärä pätiellä) riippuvuus päätien ja risteävän tien liikennemäärästä. 2-vaiheisilla liikennevaloilla varustetut 2-puoliset liittymät, joissa vasemmalle kääntyminen on kielletty ja liikenteen nopeus > 50 km/h.
Webb (USA 1955)

9.22 Tanner ja Christie (Englanti 1955 /27/) tekivät onnettomuus-analyysin 21:stä Lontoon katuristeyksestä ennen liikennevalojen asentamista ja sen jälkeen. Tutkimuksessa saatu tulos on esitetty seuraavassa taulukossa:

Taulukko 19: Onnettomuuksien lukumäärät onnettomuustyypeittäin 2 vuotta ennen liikennevalojen asentamista ja 2 vuotta sen jälkeen.

Onnettomuustyyppi	Onnettom. lukum.		Kasvu- kerroin	Onnettom. osamäärä
	2 v. enn.	2 v. jälk.		
Jalankulkija	36	33	1.10	0.83
Bussimatkustaja	9	12	1.02	1.31
Polkupyöräilijä	51	29	1.05	0.54 xx
Moottoripyör.	31	20	1.32	0.44 x
Muut	41	22	1.28	0.42 xx
Yhteensä tai k.a.	188	116	1.16	0.60 xx

x = merkitsevä ero 95 %:n todennäköisyydellä

xx = merkitsevä ero 99 %:n todennäköisyydellä

Kasvukerroin tarkoittaa ennen-ajankohdasta jälkeen-ajan-kohtaan tapahtunutta onnettomuuslukujen kasvua samalla alueella, missä tutkimuspaikat sijaitsivat.

Onnettomuusosamäärä on jälkeen-ajankohdan ja kasvukertomella kerrottujen ennen-ajankohdan onnettomuuksien lukumäärän osamäärä.

9.23 Ray (USA 1957 /28/) on tutkinut oikealle kääntymistä punaisen vaiheen aikana 75:ssä liikennevaloin varustetussa katuristeyksessä Kaliforniassa (oikeanpuoleinen liikenne).

USA:ssa on menetelmää käytetty muutamissa osavaltioissa ja kaupungeissa lähinnä siitä syystä, että jalankulkijat estävät ajoneuvoja kääntymästä oikealle ja kääntyvät ajoneuvot puolestaan tukkivat liittymän siten, etteivät myöskään suoraan ajavat pääse vapaasti ajamaan vihreän valon aikana. Menetelmästä ollaan eri mieltä; toiset katsovat, että tällä tavalla jalankulkijoiden onnettomuusriski pienenee, mutta toisten mielipide on aivan vastakkainen.

Ray'n tutkimissa risteyksissä liikennemäärät olivat 5000 - 40 000 ajon./vrk. (KVL) ja jalankulkijoiden määrät 50 - 4000 jalankulkijaa huipputunnin aikana. Tutkittujen onnettomuuksien lukumäärä oli 3338. Oikealle kääntyvien ajoneuvojen aiheuttamia onnettomuuksia oli 110 ja näistä 18 oli jalankulkijaonnettomuuksia. Punaisen aikana oikealle kääntyvien aiheuttamia onnettomuuksia oli 12 kpl ja näistä 4 oli jalankulkijaonnettomuuksia. Punaisen aikana oikealle kääntyvien ajoneuvojen osuus oli n. 2,5 % kokonaisliikennemäärästä mutta ne aiheuttivat vain n. 0,4 % onnettomuuksista. Punaisen aikana kääntyvien osuus kaikista oikealle kääntyvistä oli n. 18 % ja ne aiheuttivat n. 11 % kaikista oikealle kääntyvien aiheuttamista onnettomuuksista. Edellä mainitut erot ovat merkitseviä.

9.24 Ministry of Transport and Civil Aviation (Englanti 1958 /29/). Tutkimus koski yhteenkytkettyjä, aikaohjattuja liikennevaloja Slough'in kaupungissa Englannissa. Tutkimus suoritettiin ennen - jälkeen tutkimuksena 18 kk:n aikana ja siinä saadut tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa:

Taulukko 20 : Vakavien henkilövahinkojen onnettomuusaste ennen ja jälkeen liikennevalojen asentamista.

Ajanjakso	Onnettomuusaste (vakavien henkilövahinkojen lukumäärä /100 milj.ajon.km)	
	Päivä(klo 17-19)	Yö (klo 19-7)
Ennen	62	137
Jälkeen	31	43

Onnettomuuslukujen erot ovat merkitseviä. Päiväaikana onnettomuudet vähenivät n. 50 % ja yöaikana 70 %.

9.25 Solomon (USA 1959 /30/) tutki 39 liikennevaloilla varustettua liittymää Michiganissa USA:ssa. Valojen johdosta onnettomuuksien kokonaismäärä lisääntyi 25 % mutta henkilövahinkoonnettomuudet vähenivät 50 %. Jakamalla liittymät eri tyyppisiin liikennemäärän mukaan Solomon totesi, että liikennevalot aiheuttivat useampia onnettomuuksia yksinkertaisissa liittymissä kuin sellaisissa, jotka olivat monimutkaisia ja/tai joiden liikennemäärä oli suuri.

Solomon tutki myös vilkkuvia liikennevaloja 50:ssä liittymässä. Näillä tarkoitetaan valoja, jotka asennetaan ajoradan yläpuolelle ja jotka näyttävät vilkkuvaa keltaista valoa pääkadulle ja vilkkuvaa punaista valoa sivukadulle. Punainen valo merkitsee, että ajoneuvon täytyy pysähtyä risteyksessä ja ylittää pääkatu vasta sitten, kun se voi tapahtua ilman vaaraa. Keltainen merkitsee sitä, että kuljettajan pitää noudattaa varovaisuutta risteystä ylittäessään. Kyseiset valot eivät lisää risteuksen kapasiteettia.

Solomon totesi, että onnettomuudet vähenivät keskimäärin

26 % sen jälkeen, kun valot oli asennettu. Kuolleiden tai loukkaantuneiden määrä väheni 50 %. Solomon totesi myös, että onnettomuusfrekvenssi muuttui eniten liittymissä, joiden liikennemäärä oli suuri.

Kahden muun amerikkalaisen tutkimuksen mukaan vilkkuvien valojen asentamisella ei saatu aikaan parannusta risteyksien liikenneturvallisuudessa. Näiden tutkimusten tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa.

Taulukko 21: Vilkkuvien valojen vaikutus onnettomuuksiin.

Tutkimuspaikka	Tutkittujen risteyksien lukumäärä	Onnettomuuksien lukumäärä	
		ennen	jälkeen
Oregon	8	38	36
Conneticut ja Virginia	7	39	36

Ennen ja jälkeen ajankohtien onnettomuuslukujen erot ovat niin pieniä, että ne voidaan katsoa sattumanvaraisiksi. Molemissa tutkimuksissa voitiin kuitenkin todeta, että risteävien ajoneuvojen väliset onnettomuudet vähenivät.

9.26 Newby (Englanti 1961 /31/) on tehnyt tutkimuksen jokaisen päävaiheen jälkeen olevan kaikille punaisen vaiheen vaikutuksesta valo-ohjatuissa liittymissä. Kaikille punaisen vaiheen (tavallisesti 1 - 2 s) tarkoituksena on helpottaa kääntyvien ajoneuvojen kulkua, antaa jalankulkijalle lisäaikaa kadun ylittämiseen ja vähentää niiden ajoneuvojen onnettomuusriskiä, jotka ohittavat liittymän vihreän vaiheen alussa tai lopussa. Newby tutki 12 kaksipuolista liittymää, jotka sijaitsivat

suuriliikenteisillä Lontoon esikaupunkialueilla. Kaikille punaisen vaiheen vaikutus onnettomuuslukuihin on esitetty seuraavassa taulukossa.

Taulukko 22: Kaikille punaisen vaiheen vaikutus eri onnettomuustyyppihin.

Onnettomuustyyppi	Onnettomuuksien lukumäärä	
	2 v. ennen	2 v. jälkeen
1	33	27
2	79	15 x
3	76	80
Yht.	188	120 x

x = merkitsevä ero 95 %:n todennäköisyydellä

1 = ajon./jalankulkija

2 = ajon./ajon.

3 = muut onnettomuudet

Tutkituissa liittymissä onnettomuudet vähenivät huomattavasti, vaikka toisaalta onnettomuudet lisääntyivät tutkimusajanjaksona 10 % sillä alueella, missä tutkitut liittymät sijaitsivat. Parannusta tapahtui pääasiassa tyyppi 2:n onnettomuuksissa eli ajoneuvojen yhteenajossa. Nämä onnettomuudet vähenivät 83 % verrattuna odotettavissa olleeseen lukumäärään (1.10 x ennen-ajanjakson onnettomuusluku).

9.27 Virginia Dept. of Highways. Accident Study Section

(USA /32/). Tutkimus koski erästä valo-ohjattua liittymää, jossa sattui paljon onnettomuuksia, joista useimmat aiheutuivat vasemmalle kääntyvistä ajoneuvoista. Risteystä parannettiin siten, että rakennettiin erilliset kaistat vasemmalle kääntyvälle liikenteelle sekä järjestämällä sille oma vaihe liikennevaloissa. Ennen - jälkeen tutkimus osoitti, että onnettomuuksien lukumäärä väheni huomattavasti.

	<u>Ennen (19 kk)</u>	<u>Jälkeen (19 kk)</u>
- onnettomuuksien kokonaismäärä	60	20
- kääntyvien ajoneuvojen aih. onn.	40	2
- kuolemaan johtaneet onnettom.	2	0
- kuolleiden lukumäärä	2	0
- henkilövahinko-onnettomuudet	13	7
- loukkaantuneiden lukumäärä	15	7
- omaisuusvahinko-onnettomuudet	40	13
- omaisuusvahinko-onnettomuuksien kustannukset (\$)	22755	7276

Onnettomuuksien kokonaismäärä väheni 67 % ja päätieltä vasemmalle kääntyvien aiheuttamat onnettomuudet vähenivät 95 %. Henkilövahinko-onnettomuudet vähenivät 45 % ja omaisuusvahinko-onnettomuudet 68 %. Viime mainittujen kustannusten säästö vastasi suurin piirtein risteuksen parantamiskustannuksia. Esimerkki osoittaa, että erillisellä kaistalla vasemmalle kääntyvälle liikenteelle on suuri merkitys varsinkin silloin, kun kääntyvää liikennettä on paljon.

9.3 Yhteenveto

Edellisten tutkimusten mukaan erityyppisillä liikennevaloilla on liikenneturvallisuutta parantava vaikutus. Vaikka eräissä tutkimuksissa onkin todettu onnettomuuksien kokonaismäärän lisääntyvän liikennevalojen asentamisen jälkeen lähinnä peräänajotyyppisten onnettomuuksien johdosta, niin valot vähentävät kuitenkin näissäkin tapauksissa vakavia henkilövahinko-onnettomuuksia.

10. JOHTOPÄÄTÖKSIÄ TUTKIMUSTULOKSISTA

10.1 Tärkeimpiä havaintoja tutkimuksista

Luvuissa 2-9 on eri tutkimuksia koskevissa selostuksissa pyritty johdonmukaisesti etsimään eri liittymätekijöiden vaikutusta tasoliittymäonnettomuuksiin. Seuraavassa on esitetty muutamia yleisiä näkemyksiä onnettomuustutkimuksista sekä seikkoja, jotka ovat tulleet korostetusti esiin eri tutkimuksissa.

1. Tulokset osoittavat, että liittymämuodolla ja liittymän liikenteenjärjestelyllä on merkittävä vaikutus onnettomuuslukuihin. Vaikka suurimman osan onnettomuuksista voidaankin katsoa aiheutuvan pelkästään inhimillisistä arviointi- tai toimintavirheistä, niin voidaan olettaa kuitenkin, että tietty liittymätyyppi tai liittymän liikenteenjärjestely joko pakottaa kuljettajan ajamaan turvallisuuden kannalta oikein tai houkuttelee ajamaan väärin ja tässä mielessä näillä seikoilla on ainakin välillinen vaikutus onnettomuuksiin.

2. Tarkastelluissa tutkimuksissa on keskitytty yksittäisiin liittymiin tai liittymäryhmiin ja pyritty näiden perusteella selvittämään eri liittymäominaisuuksien vaikutusta onnettomuuksiin. Liikenneturvallisuuden kannalta tärkeää on myös liittymäpaikan valinta, liittymätiheys jne. Näihin kysymyksiin ei ko. tutkimusten perusteella saada ainakaan suoranaista vastausta.

3. Tutkimuksissa on käynyt ilmi, että on vaikeaa sanoa, että onnettomuuslukujen pienuus tai suuruus johtuu jostakin tietystä liittymätekijästä. Tämä johtuu siitä, että tietyn

tekijän vaikutus yhdistyy muihin tekijöihin ja nämä sitten vaikuttavat yhdessä.

Turvallisuuden kannalta parhaan ratkaisun löytämiseksi täytyisi tutkia eri tekijäkombinaatioiden vaikutusta onnettomuuslukuihin. Suunnitellussa kotimaisessa tutkimuksessa onkin tarkoitus tarkastella lähemmin tätä kysymystä.

Seuraavassa on muutamia näkemyksiä tutkimustuloksista. Useimmat niistä ovat jo vanhastaan tunnettuja ja ne esitetään vain siitä syystä, että seikat ovat tulleet korostetusti esiin.

1. Tasoliittymäonnettomuudet muodostavat niin suuren osan kaikista tieliikenneonnettomuuksista, että uusien liittymien suunnitteluun ja olemassa olevien liittymien liikenneturvallisuuden parantamiseen täytyy kiinnittää vakavaa huomiota. Kun lisäksi onnettomuuksien prosentuaalisen osuuden on todettu kasvavan liikennemäärän kasvaessa, tulevat onnettomuudet yhä merkittävimiksi muiden vaikuttavien tekijöiden kuten kapasiteetin, liikenteen joustavuuden jne. ohella. Tulokset osoittavat myös, että onnettomuudet keskittyvät melko pieneen osaan liittymistä, ja tästä voidaan vetää johtopäätös, että keskittämällä parannustoimenpiteet näiden liittymien liikennejärjestelyihin, voidaan saada huomattavaa parannusta liikenneturvallisuudessa suhteellisen pienin kustannuksin.

2. Liittymän eri liikennevirroista sekä päätieltä että liittyvältä tieltä vasemmalle kääntyvät muodostavat valtaosan tasoliittymäonnettomuuksista. Kun lisäksi suuri osa näistä on sellaisia, jossa kaksi alkuaan päätien ajoneuvoa ajaa yhteen toisen kääntyessä vasemmalle liittyvälle tielle, niin voidaan tehdä johtopäätös, että järjestämällä erillinen kaista päätieltä vasemmalle kääntyville voidaan saavuttaa huomattavaa liikenneturvallisuuden parantumista varsinkin

kin, jos kääntyvää liikennettä on paljon. Samoin turvallisuutta voidaan lisätä valo-ohjatuissa liittymissä järjestämällä oma vaihe vasemmalle kääntyville.

3. Liittymissä, joissa vähäliikenteinen tie liittyy vilkkaasti liikennöityyn päätiehen, onnettomuusriski liittyvää ajoneuvoa kohti on suuri. Kun lisäksi tällaiset liittymät ovat useimmiten standardiltaan alhaisia, niin voidaan tehdä johtopäätös, että järjestämällä tällaiset liittymät korkeampiluokkaisiksi voidaan liikenneturvallisuutta parantaa. Kustannusten ja liikenneturvallisuudenkin kannalta parempi ratkaisu on kuitenkin se, että vähäliikenteisiä teitä yhdistetään ennen päätiehen liittämistä, jolloin päätieliittymien lukumäärä pienenee ja liittymät voidaan tehdä korkeampiluokkaisiksi.

4. Kysymykseen, onko liikenneturvallisuuden kannalta parempi yksi kaksipuolinen liittymä vai kaksi erillistä yksipuolista liittymää, edellä selostetut tutkimukset eivät anna riittävän perusteltua vastausta. Yksi- ja kaksipuolisten liittymien onnettomuuslukujen keskinäisessä vertailussa esiintyy niin suuria eroja eri tutkimuksissa, ettei pitkälle meneviä johtopäätöksiä voida tehdä.

5. Liittymäkulman mukaan näyttää paremmuusjärjestys liikenneturvallisuuden kannalta käsiteltyjen tutkimusten perusteella olevan oikeanpuoleisessa liikenteessä: tylppäkulmainen, suorakulmainen, teräväkulmainen liittymä. Useiden maiden liittymäsuunnittelussa suositellaan suorakulmaista liittymämuotoa ja ohjeiden mukaan liittyvän tien kulkua muutetaan liittymäkohdan läheisyydessä siten, että saadaan suorakulmainen muoto, vaikka tiet luonnostaan muodostavatkin joko tylpän tai terävän kulman keskenään. Edellisen perusteella olisi syytä harkita voimassa olevien ohjeiden muuttamista siten, että jos liittyvien teiden

välinen kulma on välillä $90 - 120^{\circ}$, niin tällöin liittämisen suoritettaisiin luonnollisesti ilman keinotekoista liittyvän tien kohtisuoraksi kaartamista. Tästä saattaisi olla hyötyä myös kustannusmielessä varsinkin kaksipuolisten liittymien osalta.

10.2 Kotimaisen onnettomuustutkimuksen tarve

Tutkimustuloksiin vaikuttavat luonnollisesti kunkin maan paikalliset olosuhteet. Tällaisia seikkoja ovat mm. liikenteen määrä ja koostumus, tiestön ja liittymien rakenne, ilmasto- ja säätekijät, liikennekulttuuri jne. Kun lisäksi eri maissa onnettomuustilastointia suoritetaan erilaisin perustein, niin on ymmärrettävää, että tulosten keskinäisessä vertailussa on vaikeuksia eikä niistä saatuja tuloksia voida suoranaisesti soveltaa Suomen oloihin. Tämän vuoksi on perusteltua suorittaa vastaava kotimainen tutkimus, jonka päätarkoituksena on antaa ohjeita liittymien suunnittelua ja rakennettujen liittymien liikenneturvallisuuden parantamista varten.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- / 1 / Tanner J.C : Accidents at rural three-way junctions, J. Instn. Highw. Engrs. 1953 2 (11), 56-67.
- / 2 / Charlesworth G. , Tanner J. C. : Road junctions in rural areas. Road research technical paper no. 47. Road Research Laboratory. London 1960.
- / 3 / Kolsrud B. , Roosmark P-O : Olycksfrekvens i trevägs-korsningar. Preliminär rapport nr 5; Statens Väginstitut, Stockholm 1963.
- / 4 / Roosmark P-O : Olycksfrekvens i trevägskorsningar mellan riksväg och övrig allmän väg. Preliminär rapport nr 13; Statens Väginstitut, Stockholm 1964.
- / 5 / Golgate M. G, Tanner J. C: Accident at rural three-way junctions. RRL report LR 87 ; Road Research Laboratory, London 1967.
- / 6 / Lobanov E. M: Automobiljnie dorogi (käännös em. neuvostoliittolaisesta tielehdestä).
- / 7 / Baldock R. H : Left turn accident: a study of accident frequencies occasioned by left turns on four-lane divided highways. Traffic Eng. USA 1946.
- / 8 / Mc Donald J. W. : Relation between number of accidents and traffic volume at divided-highway intersections. HRB. Bull nr 74. USA 1953.
- / 9 / Thorson O. : Traffic accidents and road layout. The Technical University of Denmark 1967.
- /10 / Glanville W. H : Road safety and road research. Royal Society of Arts. London 1951.
- /11 / Staffelt P. R: Accidents related to access points and advertising signs in study. Traffic Quarterly nr 1 1953. USA 1953.
- /12 / Raff M. S : Interstate highway-accident study. HRB. Bull nr 47. USA 1953.

- /13 / Bennett G. T : Road junctions: suggestions for improved designs. Public Works, Roads and Transport Congress and Exhibition 1947. Final Report. London
- /14 / Garwood F, Tanner J. C: Accident studies before and after road changes. Public Works and Municipal Services Congress 1956. Final Report.
- /15 / BFU (Schweizerische Beratungstelle für Unfallverhütung).
- /16 / Syrek D. : Accident rates in intersections. Traffic Eng. nr 8 1955.
- /17 / Harrison H. H: Four-way stop control. AASHO, Proceedings 1957.
- /18 / Detroit Dept. of Traffic Control: One year and after study at yield sign location. USA 1958.
- /19 / Older S. J.: Accident comparisons at halt or stop junctions. Traffic Eng. and Control nr 11 1961.
- /20 / Inwood J, Newby R.F: Yield signs. Surveyor. London 1959.
- /21 / Volmuller J: Accident data and traffic engineering. Trafik-technik. Köpenhamn 1956.
- /22 / Tanner J. C: Accident frequencies before and after layout changes at junctions. Royal Research Laboratory Research Note RN/3494/JCT
- /23 / Dufwa A: Ökad trafiksäkerhet genom smärre ändringar av trafikordningar. SVF:s tidskr. 1954.
- /24 / Pucher R: Die Anlage von kanalisierten Knotenpunkten auf Landstrassen. Strasse und Autobahn nr 5 1960.
- /25 / Summerfield K: Design of road intersections. Proc. Instn. Civ. Engrs. Part II 1956, 5 (3).
- /26 / Webb G. M: The relation between accidents and traffic volumes at signalized intersections. Inst. of Traffic Eng. Proceedings 1955.

- /27 / Tanner J.C, Christie A.W: Street lighting and accidents, a study of some new installations in the London area. Light and Lighting nr 11 1955.
- /28 / Ray J. C.: Experience with right-turn-on-red. Traffic Eng. nr 3 1957
- /29 / Ministry of Transport and Civil Aviation, England 1958.
- /30 / Solomon D.: Traffic signals and accidents in Michigan. Public Roads nr 10 1959.
- /31 / Newby R. F.: Accident frequency at signal-controlled crossroads with an all-red period. Traffic Eng. and Control nr 2 1961.
- /32 / Virginia Dept. of Highways. Accident Study Section.

