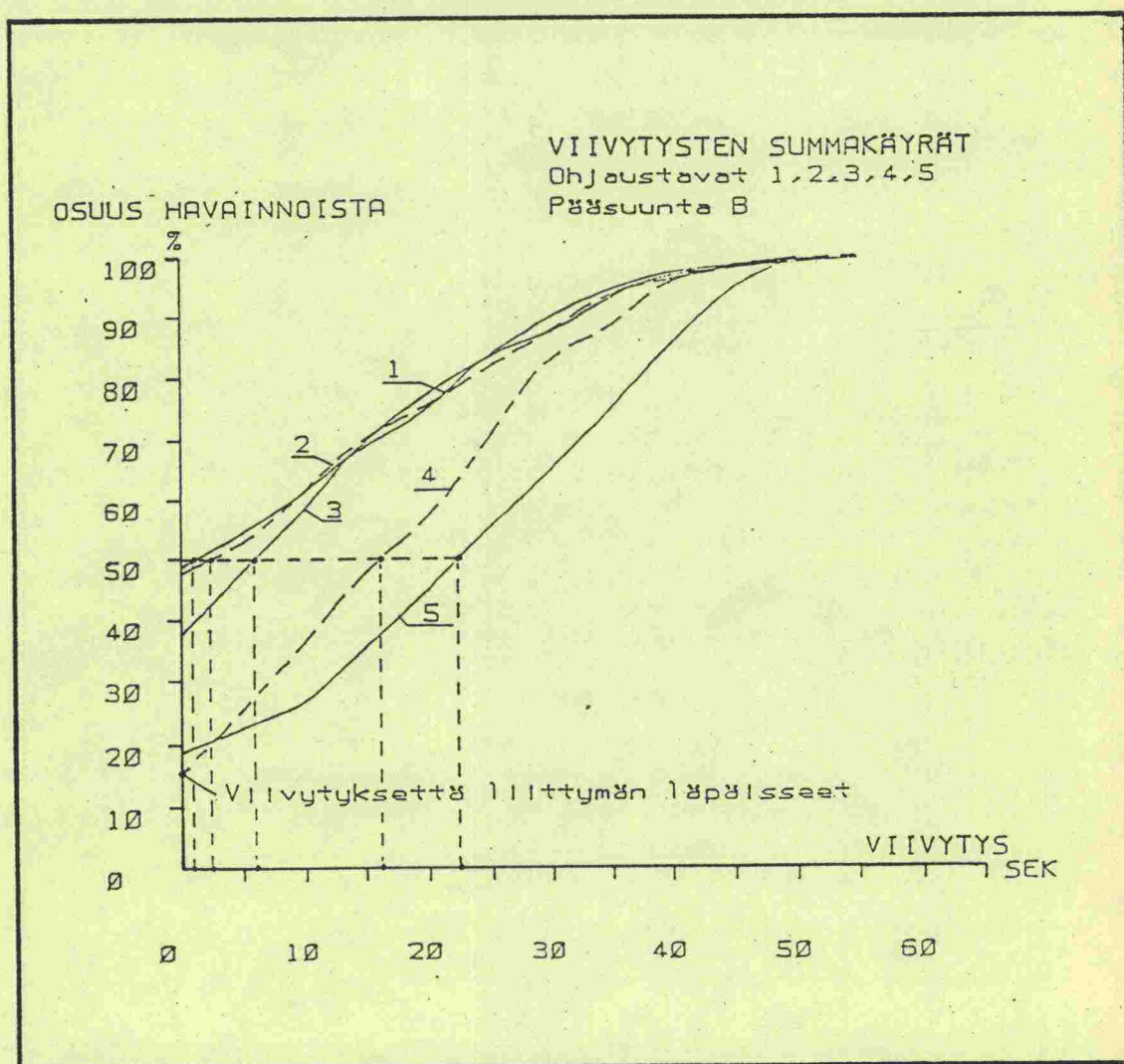


LIIKENNEVALOJEN OHJAUSTAVAN VAIKUTUS LIIKENTEEN SUJUVUUTEEN JA TURVALLISUUTEEN



08
TIC



Helsinki 6.10.1986

Nro Sts-154
Viite

Tie- ja vesirakennuspiirit

Asia Selvitys liikennevalojen
ohjaustavan vaikutuksesta
liikenteen sujuvuuteen

Tiensuunnittelutoimistossa valmistellaan parhaillaan liikennevalojen suunnitteluohjeita. Tavoitteena on korkealuokkaisen teiden liikennevalo-ohjauksen suunnitteluohjeet sekä valo-ohjaukselle asetettavat vaatimukset. Työ edellyttää erilaisen osaselvitysten tekemistä.

Oheisessa selvityksessä on tarkasteltu liikennevalojen ohjaustavan vaikutusta liikenteen sujuvuuteen ja turvallisuuteen. Liikennevalolaitteiden nopea kehitys sekä käyttöön otetut uudet ohjausperiaatteet ovat mahdollistaneet liikennevalojen käyttämisen korkealuokkaisilla teillä. Selvityksessä on tarkasteltu valtatielle 3 Tampereelle tiemäiseen ympäristöön asennettujen liikennevalojen erilaisten liikennetieto-ohjausratkaisujen vaikutusta viivytyksiin, pysähdyksiin ja peräänajoriskiin. Valtatiellä on tutkimuspaikalla 70 km nopeusrajoitus. Selvitys osoittaa, että ohjauskojeen ohjelmointiratkaisulla voidaan ratkaisevasti vaikuttaa sekä pääsuunnan että sivusuunnan olosuhteisiin ilmaisinjärjestelyjä muuttamatta. Samoin, että on perusteltua saneerata käytössä olevat vanhanaikaiset liikennevalot ja ottaa käyttöön uudenaikaiset ohjausratkaisut.

Tiensuunnittelutoimisto lähettää raportin oheisena piireille tiedoksi ja suunnittelussa hyödynnettäväksi. Piirit voivat osoittaa liikennevalojen saneeraukseen liittyvät kysymykset samoin kuin ohjeitten sisältöä koskevat toivomukset tiensuunnittelutoimistoon dipl.ins. Juhani Tervalalle.

Toimiston päällikkö
yli-insinööri

Pentti Hautala
Pentti Hautala

LIITTEENÄ:

- raportti: liikennevalojen ohjaustavan vaikutus liikenteen sujuvuuteen ja turvallisuuteen, 3 kpl

TIEDOKSI liitteineen (1 kpl):
S, Stie, K, Kk, Kh, Kl, Rt, Tt, Tv, Sts
Konsultit erillisen jakelun mukaan
Oy Fiskars Ab
Oy Finn-Traffic Ab
Olli Hintikka, LM
Kari Sane, Helsingin kaupunki
Risto Laaksonen, Tampereen kaupunki
Sts:n jaostot
Hyytiäinen
Tervalala

EHy/RNu

ESIPUHE

Uusien mikroprosessoriohjattujen risteyskojeiden ja uusien ohjausperiaatteiden ansiosta on liikennevalo-ohjaus kehittynyt voimakkaasti. Laitteiden ominaisuudet eivät enää entisessä määrin rajoita valo-ohjausjärjestelmien toteuttamista, vaan kysymys on lähinnä suunnittelun tasosta ja uusien ohjausperiaatteiden hyväksikäytöstä. Täten voidaan muuttaa myös käsityksiä valo-ohjauksen soveltuvuudesta maantiemäiseen ympäristöön. Korkealuokkaisilla ohjaustoiminnoilla ja ilmaisinjärjestelyillä on mahdollista saada aikaan sujuvia ja turvallisia tasoliittymäjärjestelyjä myös pääväylillä.

Tutkimuksessa on selvitetty 70 km/h nopeusrajoitusalueella olevissa liikennevaloissa uusien liikennetieto-ohjausratkaisujen vaikutuksia liikenteen sujuvuuteen (viivytykset, pysähdykset) ja turvallisuuteen (peräänajoriski, miellyttävyys). Maastomittaukset on tehty valtatie 3 ja Lielahdenkadun liittymässä Tampereella.

Tutkimuksen tuloksia on tarkoitus jatkossa käyttää korkealuokkaisten teiden valo-ohjauksen suunnitteluohjeiden ja valo-ohjaukselle asetettavien vaatimusten laadinnassa.

Tutkimus on tehty TVH/Sts:n toimeksiannosta. Tilaajan puolelta työtä ovat valvoneet DI Juhani Tervala ja DI Ralf Granlund. Työn seurantaan ovat osallistuneet myös DI Kari Sane (Helsingin kaupunki) ja tekn.lis. Matti Pursula (TKK).

Työstä ovat Insinööritoimisto Y-suunnittelussa vastanneet DI Kristian Appel (työn valvonta) ja DI Matti Salonen (työn ohjelmointi ja kenttätutkimukset) sekä tekn.yo Jari Oinas (kenttätutkimukset, tulosten käsittely, analysointi ja raportointi).

TIIVISTELMÄ

Yleistä

Tutkimuksessa on selvitetty maastomittausten avulla 70 km/h nopeusrajoitusalueelle tiemäiseen ympäristöön asennettujen liikennevalojen erilaisten liikennetieto-ohjausratkaisujen vaikutuksia liikenteen sujuvuuteen ja turvallisuuteen.

Liikennevalojen asentamista taajamien ulkopuolelle on perinteisesti vieroksuttu, koska valojen on tiedetty olevan tällaisessa ympäristössä autoilijoille yllättävät ja aiheuttavan peräänajo-onnettomuuksia sekä päätien sujuvuuden heikentymistä.

Mikroprosessorikojeita ja uusia ohjausperiaatteita hyödyntämällä voidaan turvallisuus- ja sujuvuusongelmia kuitenkin hyvin pitkälle ratkaista ja näin lisätä liikennevalojen käyttöä myös tiemäisissä olosuhteissa. Liikennevaloja voidaan asentaa liittymiin joko väliaikaisesti tai pysyvästi, milloin toimivuusongelmia ei voida ratkaista muulla tavoin, esimerkiksi eritasoliittymiin.

Joustavat ja turvalliset liikennevalot mahdollistavat myös liikennevalojen vuorokautisen käyttöajan pidentämisen. Käyttöajan pidentäminen parantaa liikennevaloliittymän turvallisuutta. Vähäisen liikenteen aikana valojen tulisi toimia mahdollisimman joustavasti, jotta niiden noudattaminen tuntuisi järkevältä ja liikennekuri ei huononisi.

Tutkimuksen sisältö

Maastomittaukset tehtiin marraskuussa 1985 Tampereella valtatie 3 ja Lielahdenkadun liittymässä, jossa sekä käytössä olevat ilmaisinjärjestelyt että ohjauslaitteiden tekniikka mahdollistivat erilaisten ohjausratkaisujen tutkimisen. Erillisohjauksen yhteydessä tutkittiin neljän eriateisen liikennetieto-ohjatun ohjaustavan (E1...E4) sekä kiinteän ajoituksen (E5) ominaisuuksia. Yhteenkytkennän osalta vertailtiin pääsuunnan vihreän liikennetieto-ohjatun ja kiinteän lopetuksen välisiä eroja liikenneturvallisuuden kannalta.

Kunkin erillisohjauksratkaisun vaikutusta liikenteen sujuvuuteen arvioitiin pää- ja sivusuunnan ajoneuvoille aiheuttuvien keskimääräisten viivytysten, viivytyksettä liittymän läpäisseiden ja liittymään pysähtymään joutuvien osuuksien avulla. Pidennystoimintojen vaikutusta pääsuunnan liikenneturvallisuuteen arvioitiin vihreän päättyessä vaarallisella alueella olevien osuuden ja punaista päin ajavien osuuden avulla.

Tutkittujen erillisohjausratkaisujen ohjaustoiminnot voidaan jakaa kahteen ryhmään, jotka ovat minimitoiminnot ja laatutasoa parantavat toiminnot. Minimitoiminnoilla tarkoitetaan välttämättömiä ohjaustoimintoja, jotta valo-ohjaustoimisi turvallisesti ja liikenteen sujuvuus olisi konttuullinen. Seuraavassa kaaviossa on esitetty tutkituissa erillisohjausratkaisuissa käytössä olleet ohjaustoiminnot:

MINIMITOIMINNOT	LAATUTASOA PARANTAVAT TOIMINNOT
PYSÄHTYNEIDEN JONOJEN PURKU - lyhyt ilmaisin pysäytysviivalla	PÄÄSUUNNAN SUJUVUUTTA PARANTAVAT PIDENNYKSET - pääsuunnalla pidennys 190 m:stä (E3) - pääsuunnan jonopidennykset välillä 120 m - 330 m liittymästä (E1, E2)
VAARALLISEN ALUEEN TYHJENNYS - ilmaisimet 55 m ja 120 m etäisyydellä pysäytysviivasta	SIVUSUUNNAN VIHREÄKSI TULON NOPEUTTAMINEN - pääsuunnan vihreän kaksivaiheinen lopetus (E1)
	KAIKILLE PUNAISEN LEPOTILAN KÄYTTÖ HALLITUSTI - kaikille punaisen lepotilan esto 190 m (E3) tai 260 m (E1, E2) ilmaisimella

Tutkimuksen tulokset

Edellä määritettyjen ohjaustoimintojen vaikutus liikenteen sujuvuuteen ja turvallisuuteen voidaan valtatie 3 ja Liehahdenkadun liittymässä tehtyjen mittausten perusteella esittää seuraavasti:

	Kiinteä aikaohjaus (E5)	Minimitoiminnoilla varustettu erillisohjaus (E4)	Laatutasotoimintoja sisältävät ohjaustavat (E3/E2) (E1)	
SUJUUVUUS				
Keskimääräinen viivytys				
- pääsuunnalla	21 sek	17 sek	10 sek	10 sek
- sivusuunnalla	22 sek	14 sek	27/24 sek	18 sek
Viivytyksettä liittymän läpäisseet				
- pääsuunnalla	19 %	17 %	38/48 %	49 %
- sivusuunnalla	18 %	15 %	14/17 %	17 %
Pysähtymään joutuvat				
- pääsuunnalla	50 %	36 %	26/31 %	31 %
- sivusuunnalla	60 %	67 %	68/70 %	66 %
TURVALLISUUS				
Vaarallisella alueella olevien osuus pääsuunnalla	6.6 %	1.9 %	0.6/1.5 %	1.8 %
Päin punaista ajavien osuus pääsuunnalla	1.0 %	0.25 %	0.02/0.18 %	0.16 %

Kun kiinteän aikaohjauksen sijasta käytetään minimitoiminnoin varustettua liikennetieto-ohjausta

- onnettomuusriski pienenee oleellisesti kiinteään aikaohjaukseen verrattuna, koska vaarallisella alueella olevien ja punaista päin ajavien osuus pienenee noin 70 %,
- pääsuunnan sujuvuus paranee, sillä pääsuunnan viivytykset ja pysähtymään joutuvien osuudet ovat keskimäärin 25...30 % pienempiä kuin kiinteässä aikaohjauksessa ja
- valo-ohjaus on hiljaisen liikenteen aikana selvästi kiinteää aikaohjausta joustavampaa, sillä tällöin on ero pääsuunnan pysähtymään joutuvien osuudessa noin 45 %.

Kun minimitoimintojen lisäksi käytetään laatutasoa parantavia toimintoja, voidaan turvallisuutta ja erityisesti pääsuunnan sujuvuutta lisätä. Tutkittujen laatutasotoimintojen vaikutuksista havaittiin, että

- pääsuunnan viivytykset pienenevät noin 40 % ja viivytyksettä liittymän läpäisseiden osuus kasvaa yli 2,5-kertaiseksi kiinteään aikaohjaukseen ja minimitoiminnoin varustettuun liikennetieto-ohjaukseen verrattuna,
- pysähtymään joutuvien osuus oli kaikilla liikennemäärillä 15...30 % pienempi kuin pelkkiä minimitoimintoja käytettäessä,
- turvallisin vihreän lopetus oli vaihtoehdossa E3, jossa vaarallisen alueen tyhjennyksen lisäksi pääsuunnan vihreää pidennettiin vihreän alussa jokaiselle 190 metriä lähempänä liittymää olevalle pääsuunnan ajoneuville,
- paras pääsuunnan sujuvuus oli jonopidennystoiminnot sisältävissä ohjaustavoissa (E1, E2), joissa noin 50% pääsuunnan ajoneuvoista läpäisi liittymän viivytyksettä, kun vastaava osuus minimitoiminnoin varustetulla liikennetieto-ohjaustavalla (E4) oli alle 20 %,
- pääsuunnan vihreän kaksivaiheisen lopetuksen käyttö ohjaustavassa E1 pienensi selvästi (25-30 %) sivusuunnan viivytyksiä toisiin pääsuuntaa suosiviin ohjaustapoihin (E2, E3) verrattuna.

Yhteenkytkennässä osoittautui pääsuunnan vihreän lopetustavalla olevan erittäin suuri merkitys valo-ohjauksen turvallisuuteen. Tutkittujen lopetustapojen vaikutukset on esitetty seuraavassa kaaviossa:

	PÄÄSUUNNAN VIHREÄN LOPETUSTAPA				
	Pääsuunnilla kiinteät lopetushetket		Vaarallisen alueen tyhjennys		
			Pääsuunnat pidentävät toisiaan	Pääsuunnat eivät pidennä toisiaan	
	Kiertoaika			75 sek	75 sek
75 sek	90 sek				
Vaarallisella alueella olevien osuus	6.2 %	4.9 %	4.8 %	3.4 %	2.7 %
Punaista päin ajavien osuus	0.6 %	0.4 %	0.3 %	0.14 %	0.18 %

Vaihtoehdossa, jossa pääsuunnan vihreät pidentävät toisiaan, lopetetaan pääsuunnan vaihe vasta kun molempien suuntien vaaralliset alueet ovat tyhjä. Jos vihreät eivät pidennä toisiaan, lopetetaan pääsuunnan vihreät toisistaan riippumatta heti kun tulosuunnan vaarallinen alue on tyhjä.

Vihreän lopettaminen yhteenkytkennässä vaarallisen alueen tyhjennystä käyttäen on vihreän kiinteää lopetusta selvästi turvallisempaa. Vihreän päättyessä vaarallisella alueella olevien osuus pienenee yli 20 % eli peräänajo-onnettomuus-riski pienenee. Punaista päin ajavien osuus pienenee tällöin yli 50 %. Tutkituista lopetustavoista osoittautui selvästi muita turvallisemmaksi vaihtoehto, jossa vastakkaisien pääsuuntien vihreät eivät pidennä toisiaan.

Tutkimuksen tulosten hyväksikäyttö

Pelkkä ilmaisimien lisääminen ei riitä aikaansaamaan turvallisia ja sujuvia ratkaisuja. Tutkimus osoittaa, että ohjauskojeen ohjelmointiratkaisuilla voidaan ratkaisevasti vaikuttaa sekä pääsuunnan että sivusuunnan olosuhteisiin ilmaisinjärjestelyjä muuttamatta. Väärällä ohjelmoinnilla saatetaan sitä vastoin lisätä onnettomuusriskiä ja vähentää sujuvuutta.

Tutkimuksessa ilmeni lisäksi, että on järkevää pyrkiä minimitasoa parempiin toimintaratkaisuihin. Ratkaisut ovat useimmiten tapauskohtaisia, mutta yleensä on muutamalla lisäilmaisimella ja -toiminnolla mahdollista parantaa pääsuunnan sujuvuutta sivusuuntaa kuitenkin huonontamatta.

Tutkimus osoittaa myös, että on perusteltua teknisesti saneerata käytössä olevia vanhanaikaisia liikennevaloja ja ottaa käyttöön uudenaikaisia ohjausratkaisuja. Jo rakennetuille tasoliittymille voidaan siten saada lisää käyttöaikaa ja parempi liikenneturvallisuus ilman suurempia rakennustoimenpiteitä.

OLIKA SIGNALSTYRNINGSSTRATEGIERS INVERKAN PÅ TRAFIKSÄKERHET OCH FRAMKOMLIGHET

SAMMANDRAG

Allmänt

I undersökningen studeras framkomlighets- och trafiksäkerhetsverknningar av olika trafikstyrningsstrategier för trafiksignaler på trafikled med 70-begränsning och utanför tätort.

I Finland har man traditionellt varit restriktiv då det gällt att anlägga trafiksignaler utanför tätorter, eftersom de i sådan miljö ansetts vara överraskande, förorsaka upphinnandeolyckor och försämra primärledens framkomlighet.

Genom att utnyttja styrapparater med mikroprocessorteknik samt nya styrprinciper är det dock möjligt att rätt långt komma till rätta med såväl framkomlighets- som trafiksäkerhetsproblemen. Detta möjliggör ökad användning av trafiksignaler i landsbygdsmiljö. Signaler kan anläggas antingen som en tillfällig lösning eller som en permanent lösning, ifall framkomlighetsproblemen ej kan lösas på annat sätt, t.ex med en planskild anslutning.

Trafiksäkra och smidigt fungerande trafiksignaler möjliggör också förlängda driftstider, vilket i sin tur förbättrar trafiksäkerheten. Vid lågtrafik bör signalerna fungera så smidigt de upplevs som meningsfulla och trafikdisciplinen därigenom ej äventyras.

Undersökningens innehåll

Fältmätningarna utfördes i november 1985 i korsningen mellan riksväg 3 och huvudgatan Lielahdenkatu i Tammerfors. Defektorbestyckningen och styrapparatens teknik i denna korsning möjliggjorde undersökning av olika styrstrategier. Egenskaperna hos fyra olika strategier (E1...E4) för oberoende styrning samt fast tidsstyrning (E5) studerades. Vid samordning studerades trafiksäkerhetseffekterna av fast eller trafikstyrd gröntidsavslutning.

Beträffande de olika strategierna för oberoende styrning studerades effekten på framkomlighet på basen av medelfördröjning för fordon på primär- och sekundärled, andel fordon utan fördröjning samt stoppandel. Trafiksäkerhetseffekterna av olika strategier för förlängning av primärledens gröntid uppskattades på basen av andel fordon inom valområdet vid gröntidsavslutning samt andel rödkörare.

De studerade styrfunktionerna vid oberoende styrning kan indelas i två grupper: minimifunktioner och standardhöjande funktioner. Med minimifunktioner förstås funktioner, som är nödvändiga för att signalerna skall fungera trafiksäkert och framkomligheten vara acceptabel.

I följande schema redovisas de styrfunktioner, som ingår i de studerade styrstrategierna för oberoende styrning:

MINIMIFUNKTIONER	STANDARDHÖJANDE FUNKTIONER
AVVECKLING AV ANSAMLAD KÖ - kort detektor vid stopplinjen	FÖRLÄNGNINGAR SOM FÖRBÄTTRAR PRIMÄRLEDENS FRAMKOMLIGHET - förlängning från 190 m på primärleden (E3) - förlängning för annalkande kö inom 120 m - 330 m från stopplinjen (E1, E2)
TÖMNING AV VALOMRÅDE - detektorer 55 m och 120 m från stopplinjen	FORCERING AV VÄXLING TILL GRÖNT PÅ SEKUNDÄRLEDEN - gröntidsavslutning riktningvis på primärleden (E1) BEHÅRSKAD TILLÄMPNING AV ALLRÖTT VILOLÄGE - återgång till allrött förhindras med detektorer på 190 m (E3) eller 260 m (E1, E2)

Undersökningsresultat

De ovannämnda styrfunktionernas inverkan på framkomlighet och trafiksäkerhet i ifrågavarande korsning kan på basen av gjorda mätningar framställas enligt följande:

	Fast tidsstyrning (E5)	Oberoende styrning med minimifunktioner (E4)	Oberoende styrning kompletterad med standardhöjande funktioner (E3/E2)	(E1)
<u>FRAMKOMLIGHET</u>				
Medelfördröjning				
- på primärled	21 sek	17 sek	10 sek	10 sek
- på sekundärled	22 sek	14 sek	27/24 sek	18 sek
Andel fordon utan fördröjning				
- på primärled	19 %	17 %	38/48 %	49 %
- på sekundärled	18 %	15 %	14/17 %	17 %
Stoppandel				
- på primärled	50 %	36 %	26/31 %	31 %
- på sekundärled	60 %	67 %	68/70 %	66 %
<u>TRAFIKSÄKERHET</u>				
Andel fordon inom valområde	6.6 %	1.9 %	0.6/1.5 %	1.8 %
Andel rödkörare	1.0 %	0.25 %	0.02/0.18 %	0.16 %

Om man ersätter fast tidsstyrning med trafikstyrning försedd med minimifunktioner:

- minskar olycksrisken betydligt, emedan antalet fordon inom valområdet och antalet rödkörare minskar med ca 70 %

- förbättras framkomligheten på primärled, emedan fördröjningarna och stoppandelen i medeltal är 25-30 % lägre än vid fast tidsstyrning
- vid lågtrafik är signalstyrningen väsentligt smidigare än fast tidsstyrning, ty skillnaden i stoppandel på primärleden är ca 45 %.

Vid tillämpning av standardhöjande funktioner kan trafiksäkerheten och särskilt primärledens framkomlighet ytterligare förbättras. Följande framkom beträffande de studerade funktionerna:

- primärledens fördröjning minskar med ca 40 % och andelen fordon utan fördröjning ökar 2,5-falt jämfört med både fast tidsstyrning och trafikstyrning med minimifunktioner
- stoppandelen var vid alla trafikmängder 15...30 % mindre än vid trafikstyrning med enbart minimifunktioner
- den trafiksäkraste gröntidsavslutningen erhöles, då förutom tömning av valområde också förlängning för enstaka fordon på primärleden inom 190 m från stopplinjen gavs i början av gröntiden (stysätt E3)
- den bästa framkomligheten på primärleden erhöles vid tillämpning av förlängning för annalkande köer (stysätt E1 och E2) varvid andelen fordon utan fördröjning var 50 %, medan motsvarande andel vid trafikstyrning med minimifunktioner var under 20 %
- vid riktningsvis avslutning av primärledens gröntid (stysätt E1) minskade sekundärledens fördröjningar klart (25-30 %) jämfört med de andra primärledsprioriterande stysätten (E2 och E3) utan samtidig försämring av primärledens framkomlighet.

Vid samordning visade det sig, att sättet för gröntidsavslutning hade synnerligen stor betydelse för signalregleringens trafiksäkerhet. Inverkan av de studerade sätten för gröntidsavslutning redovisas i följande schema:

	SÄTT FÖR AVSLUTNING AV PRIMÄRLEDENS GRÖNTID					
	Fasta tidpunkter för gröntidsavslutning	Tömning av valområde				
				Primärledens motsatta riktningar förlänger varandra	Primärledens motsatta riktningar förlänger ej varandra	
		Omloppstid				
	75 sek	90 sek	75 sek	75 sek	90 sek	
Andel fordon inom valområde	6.2 %	4.9 %	4.8 %	3.4 %	2.7 %	
Andel rödkörare	0.6 %	0.4 %	0.3 %	0.14 %	0.18 %	

Då primärledens motsatta tillfarter förlänger varandras gröna signal, avslutas gröntiden först då bägge valområdena är tomma. Om tillfarterna ej förlänger varandra sker växling till gult och rött riktningsvis oberoende av varandra genast då tillfartens valområde är tomt.

Gröntidsavslutning med tömning av valområde är vid samordning betydligt trafiksäkrare än fast gröntidsavslutning. Andelen fordon inom valområdet minskar med över 20 % varvid risken för upphinnandeolycka minskar. Andelen rödkörare minskar med över 50 %. Allra trafiksäkrast var det styrsätt, där de motsatta tillfarterna på primärleden ej förlängde åt varandra.

Utnyttjande av undersökningsresultaten

Ett ökat antal detektorer garanterar inte i och för sig trafiksäkra och smidiga lösningar. Undersökningen visar, att man vid identisk detektorbestyckning i avgörande grad kan inverka på förhållandena på såväl primär- som sekundärled genom styrapparatprogrammeringar. Med olämpliga programmeringar kan man å andra sidan öka olycksrisken och försämra framkomligheten.

Av undersökningen framgår, att det är förnuftigt att sträva till lösningar, som ger högre standard än enbart minimifunktionerna. Tillämpningarna blir ofta individuella, men oftast är det möjligt att med några extra detektorer och styrfunktioner väsentligt förbättra primärledens framkomlighet utan att försämra situationen på sekundärleden .

Undersökningen pekar vidare på att det är lönsamt, att sanera befintliga omoderna signalanläggningar och ta i bruk moderna styrfunktioner. Tidigare anlagda korsningar kan på detta sett ges ökad livslängd och förbättrad säkerhet utan några större byggnadsåtgärder.

S I S Ä L L Y S L U E T T E L O

ESIPUHE

TIIVISTELMÄ

SAMMANDRAG

1. JOHDANTO.....	1
2. TUTKIMUSLIITTYMÄ JA TUTKITUT OHJAUSTAVAT.....	3
2.1 Liittymän sijainti ja liikennemäärät.....	3
2.2 Tutkitut erillisohjausratkaisut.....	4
2.3 Yhteenkytkentä.....	6
3. MITTAUSMENETELMÄN KUVAUS.....	8
3.1 Videon käyttö maastomittauksissa.....	8
3.11 Viivytysten mittaaminen videon avulla.....	8
3.12 Videonauhoista tulostettu materiaali.....	9
3.2 Statuslaskennan käyttö tutkimuksessa.....	9
3.21 Statusmittausten suoritus.....	9
3.22 Statustietojen käsittely.....	10
4. MITTAUSTULOKSET.....	14
4.1 Yleistä.....	14
4.2 Erillisohjaus.....	14
4.21 Liikennevaloista ajoneuvoille aiheutuvat viivytykset.....	14
4.211 Pääsuunnan viivytykset.....	14
4.212 Sivusuunnan viivytykset.....	18
4.22 Pysähtymään joutuvien osuudet.....	20
4.23 Vaarallisella alueella olevien ja päin pu- naista ajavien osuudet pääsuunnalla.....	23
4.231 Yleistä.....	23
4.232 Tulokset eri ohjaustavoilla.....	23
4.3 Yhteenkytkentä.....	26
4.31 Yleistä.....	26
4.32 Tutkittujen lopetusvaihtoehtojen erot.....	27
5. MITTAUSTULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	29
5.1 Sujuvuus- ja turvallisuusnäkökohdat, joihin joh- topäätökset perustuvat.....	29
5.2 Erillisohjaus.....	30
5.21 Tutkittujen ohjausratkaisujen vaikutukset valo-ohjauksen sujuvuuteen ja turvallisuus- teen.....	30
5.22 Vertailu ruotsalaisiin tutkimuksiin.....	36
5.3 Vihreän liikennetieto-ohjatun lopetustavan käy- tön vaikutukset yhteenkytkennässä.....	38
5.4 Erillisohjauksen ja yhteenkytkennän toimivuuden vertailu iltaruuhkassa.....	42

LIITTEET

1. JOHDANTO

Liikennevaloja on asennettu maantiemäisiin olosuhteisiin jo 1970-luvun alusta lähtien. Nykyään yleisillä teillä on yli 200 liikennevalo-ohjattua liittymää. 1970-luvun alun liikennevalot toimivat täysin kiintein ajoituksin riippumatta siitä, olivatko ne yksittäisiä tai yhteenkytkettyjä. 1970-luvun loppupuoliskolla laitetekniikka mahdollisti yksinkertaisia vaihepidennystoimintoja. Vuodesta 1978 lähtien on liikennevaloissa käytetty mikroprosessoripohjaisia ohjauskojeita. Alussa tekniikkaa hyödynnettiin vain vihreiden pituuksien säätämisessä yksinkertaisin toiminnoin. Ilmaisi-
met olivat niin lähellä liittymää, ettei valo-ohjaus kyennyt ottamaan huomioon lähestyviä ajoneuvoja riittävässä määrin.

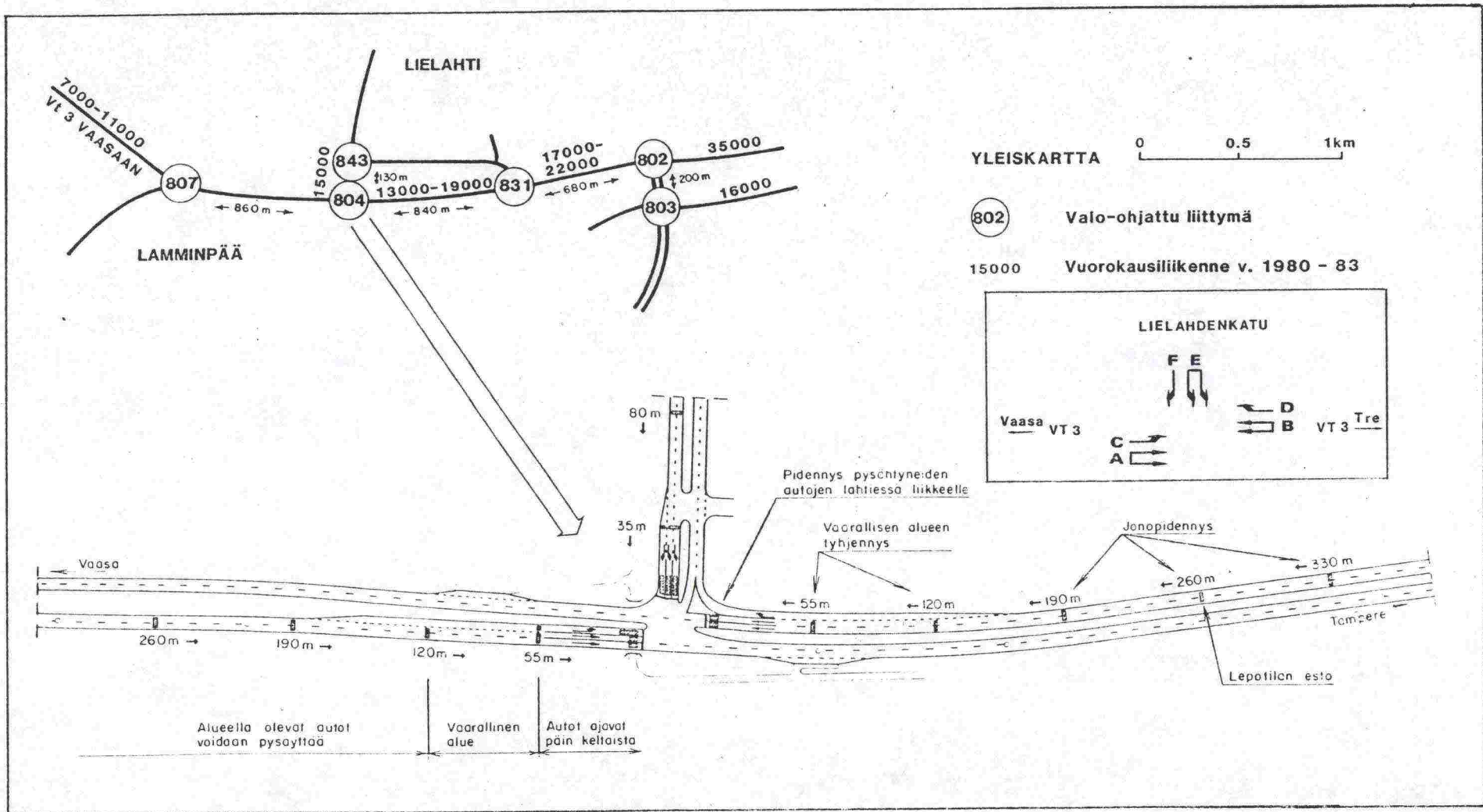
Suurin osa yleisillä teillä olevista liikennevaloista on vieläkin edellä kuvatun kaltaisia. Tämän seurauksena liikennevalot on koettu sopimattomiksi maantiemäisiin olosuhteisiin sekä liikenteen sujuvuuden että turvallisuuden kannalta.

1980-luvulla tapahtuneen kehityksen ansiosta tilanne on kuitenkin muuttumassa. Ruotsissa on kehitetty ns. LHOVRA-ohjaustekniikka, jossa mm. turvallisuus- ja sujuvuusongelmiin on kiinnitetty erityistä huomiota. LHOVRA-sovellutuksista Ruotsissa saadut käytännön kokemukset ovat olleet hyviä. Suomessa toteutettiin 1984 valtatiellä 3 välillä Tampere-Ylöjärvi valo-ohjausjärjestelmä (kuva 1.1), jossa sujuvuus- ja turvallisuusnäkökohtiin on kiinnitetty myös varsin paljon huomiota. Siellä toteutetut ohjaustoiminnot poikkeavat yksityiskohdissaan huomattavasti LHOVRA:n vastaavista, ja esim. pääsuunnan vihreän pidennystoiminnot ovat logiikaltaan pidemmälle vietyjä, mikä mahdollistaa tältä osin valo-ohjauksen järkevämmän toiminnan.

On ilmeistä, että valo-ohjauksen uudet mahdollisuudet turvallisenä ja pääsuunnan sujuvuuden takaavana ratkaisuna aikaansaavat sekä liikennevalojen lisääntymisen yleisillä teillä että nykyisten liikennevalojen saneeraustoiminnan.

Kun pohditaan, mikä on valo-ohjauksen oikea taso erilaisissa ympäristöissä (50...70 km/h, 1-2 ajorataa, 2-4 kaistaa, maaseutu/taajamaolosuhteet jne.), olisi tieto erilaisten ohjaustapojen vaikutuksista liikenteen turvallisuuteen ja sujuvuuteen ensiarvoisen tärkeää.

Valtatien 3 valo-ohjauksen tekniikka (koje ja ilmaisinjärjestelyt) on mahdollistanut erilaisten ohjaustoimintojen kokeilemisen ja niiden vaikutusten mittaamisen. Tässä tutkimuksessa on kiinteiden ajoitusten lisäksi tutkittu neljää eriasteista liikennetieto-ohjausvaihtoehtoa ns. erillishojauksessa sekä yhteenkytkennässä kahta erilaista pidennystoimintoa. Erittäin laajasta aineistosta saadaan luotettavaa tietoa eri ratkaisujen edullisuudesta. Tämän tutkimuksen pohjalta voidaan jatkossa edelleen kehittää ja yhdenmukaistaa suunnittelustandardeja ja yleisille teille soveltuvia valo-ohjausratkaisuja.



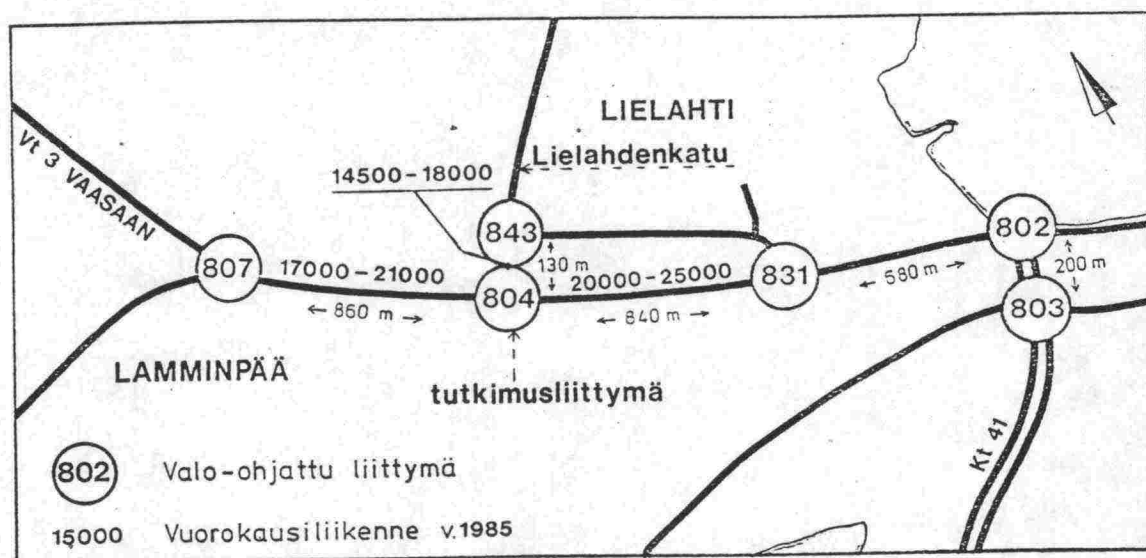
Kuva 1.1 Tutkimusliittymä ja valtatie 3 valo-ohjausjärjestelmä välillä Tampere - Ylöjärvi

2. TUTKITUT OHJAUSTAVAT

2.1 Liittymän sijainti ja liikennemäärät

Lielahdenkadun liittymä sijaitsee valtatiellä 3 Tampereella. Liittymän kohdalla vt 3 on nelikaistainen ja pääsuunnan nopeusrajoitus on 70 km/h. Lielahdenkadulta vasemmalle kääntyvillä on käytössä kaksi kaistaa. Pääsuunnan oikealle kääntyville on liittymässä oma kaista (l=150 m) ja ne ohjataan omalla opastinryhmällä, joka on jatkuvasti vihreällä (ns. ikivihreä).

Valtatien 3 valo-ohjausjärjestelmä otettiin käyttöön syksyllä 1984 lukuunottamatta liittymää 807 (kuva 2.1), joka valmistui syksyllä 1985. Järjestelmä käsittää 6 valo-ohjattua liittymää, joista 4 on valtatie 3 peräkkäisiä liittymiä. Liittymien väliset etäisyydet vaihtelevat 680 metristä 860 metriin. Tutkimusliittymän sijainti muihin valo-ohjattuihin liittymiin nähden ilmenee kuvasta 2.1, jossa on esitetty myös maastomittausten aikaiset vuorokausiliikenteet eri poikkileikkauksissa.



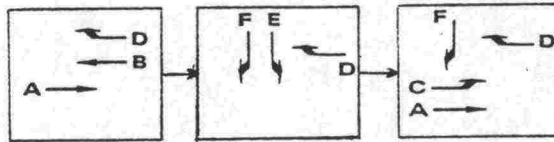
Kuva 2.1 Liittymän sijainti ja vuorokausiliikennemäärät

Sivusuunnan poikkileikkausliikenteen osuus liittymän kokonaisliikennemäärästä on n. 40%.

Kuvassa 2.1 esitetyt liikennevaloliittymät 804, 831 ja 843 toimivat erillisohjatusti ilman kiinteää kiertoaikaa muulloin paitsi aamu- ja iltaruuhkassa, jolloin on käytössä joko 75 sek tai 90 sek yhteenkytkentäohjelma. Liittymä nro 807 toimii aina erillisohjatusti muista liittymistä riippumatta. Liittymäpari 802-803 toimii jatkuvasti kiinteän kiertoajan yhteenkytkennässä.

2.2 Tutkitut erillisohjaustratkaisut

Ohjaustavan ja -toimintojen vaikutusta liikenteen sujuvuuteen ja turvallisuuteen tutkittiin neljän eriasteisen liikennetieto-ohjausvaihtoehdon ja 65 sek kiinteän kiertojon ohjelman avulla. Kaikissa ohjausvaihtoehdoissa noudatettiin samaa alla esitettyä vaihejärjestystä:



Tutkituista erillisohjaustratkaisuista on käytetty lyhenteitä E1, E2, E3, E4 ja E5. Ohjausvaihtoehdot ja niissä käytettyjen pidennystoimintojen pääperiaatteet on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Tutkittujen erillisohjauksen ohjaustapojen pääpiirteet

	Kauimmaiset ilmaisimet		Pidennystoiminnot ja toimintojen 2,3,4,7 ja 8 maksimikesto (sek)									Pääsuunnan vaiheen 2-vaiheinen lopetus	Lepotila	
	pääsuunta	sivusuunta	pääsuunta						sivusuunta				pääsuunta	sivusuunta
			1	2	3	4	5	6	1	7	8			
Ohjaustapa E1	260/330 m	80 m	X	75	40	-	X	-	X	30	13	X	pun	pun
Ohjaustapa E2	260/330 m	80 m	X	75	40	-	X	-	X	30	13	-	pun	pun
Ohjaustapa E3	190 m	80 m	X	75	-	40	-	X	X	30	13	-	pun	pun
Ohjaustapa E4	120 m	35 m	X	75	-	-	-	-	X	30	-	-	pun.	pun
Ohjaustapa E5	-	-	Kiinteä ajoitus 65 sek kiertojonolla											
Pidennystoiminnot: 1) pysähtyneen jonon purku 2) vaarallisen alueen tyhjennys (= pidennys välillä 20-120 m) 3) jonopidennys välillä 120-260/330 m 4) pidennys välillä 120-190 m 5) lepotilan esto 260 m:stä 6) lepotilan esto 190 m:stä 7) pidennys välillä 5-35 m 8) pidennys välillä 35-80 m X toimintoa käytetään ko. ohjaustavassa - toimintoa ei käytetä ko. ohjaustavassa														

Ohjaustapa E1 on liittymään suunniteltu ja siinä nykyisin toimiva ohjaustapa. Taulukossa esitetty toimintojen maksimikesto tarkoittaa sitä, että toiminto on enintään "päällä" kyseisen ajan vihamielisen ryhmän pyyntöhetkestä (so. maksimiaikalaskennan käynnistyshetki). Näin estetään sivusuunnan ajoneuvojen kohtuuttomien odotusaikojen muodostuminen.

Toimintoa 2 kutsutaan vaarallisen alueen tyhjennykseksi. Siinä pääsuunnan vihreää pidennetään aina (edellyttäen kuitenkin, että maksimiaikaa on jäljellä), jos 55 metrin ja 120 metrin etäisyyksillä olevien ilmaisimien välillä on yksikin liittymää lähestyvä ajoneuvo. Vaarallisella alueella tarkoitetaan sitä aluetta, jolla keltaisen syttyessä olevan kuljettajan on tavallista vaikeampaa tehdä päätöstä, jatkaako liittymän läpi vai pysähtyykö (ks. myös kuva 3.4). Peräänajoriskin pienentämiseksi pyritään pääsuunnan vihreä lopettamaan siten, ettei vaarallisella alueella ole yhtään ajoneuvoa sillä hetkellä, kun keltainen opastinkuva syttyy.

Pääsuunnan jonopidennyksistä huolehtivat 190 m, 260 m ja 330 m etäisyyksillä pysäytysviivasta olevat ilmaisimet. Ne pidentävät pääsuunnan vihreää, kun 120-330 m etäisyydellä liittymästä on noin kolme (3) tai useampia autoja.

Lepotilan esto hoidetaan 260 m (ohjaustavassa E3 190 m) etäisyydellä olevan ilmaisimen avulla. Se pidentää vihreää, jos pääsuunnalle vihamielisiä ryhmiä ei ole pyydetty ja 120-260 m etäisyydellä liittymästä on yksikin auto. Lepotila ei näin pääse toteutumaan siten, että heti lepotilan käynnistymisen jälkeen pääsuunnan vihreää pyytävä auto joutuisi pysähtymään liittymään. Ohjaustavassa E4 ei ole lepotilan estoa. Kaikissa ohjaustavoissa on kaikille punainen lepotila lukuunottamatta ohjaustapaa E4, jossa pääsuunnan lepotilana on "jää ennalleen".

Pääsuunnan vaiheen suunnittainen eli ns. kaksivaiheinen lopetus ohjaustavassa E1 toimii seuraavasti:

- vaihe 1: Kun kummallakaan pääsuunnalla ei ole jonopidennyksiä ja toisella suunnalla on myös vaarallinen alue tyhjä, niin tämän tyhjänä olevan suunnan vihreä lopetetaan, vaikka vastakkaisen suunnan vaarallisen alueen ilmaisimet (55 m ja 120 m) vielä pidettäisivätkin sen suunnan vihreää.
- vaihe 2: Vihreäksi jäänyttä ryhmää ei vastakkaisen suunnan lopetuksen jälkeen enää pidennetä liittymästä yli 120 m etäisyydellä olevilla ilmaisimilla vaan vihreä lopetetaan heti kun vaarallinen alue tyhjenee.

Ohjaustapa E2 on muuten sama kuin ohjaustapa E1 mutta siinä ei ole käytössä pääsuunnan vaiheen kaksivaiheisen lopetuksen aikaansaavia apuryhmiä. Ohjaustavassa E2 vastakkaisten pääsuuntien vihreät lopetetaan samanaikaisesti sen jälkeen, kun kummallakaan suunnalla ei ole liittymää lähestyviä autoja.

Ohjaustavassa E3 on jonopidennysten sijasta käytetty pidenystä yhdellekin autolle välillä 120-190 m ennen pysäytysviivaa, jolloin tarvitaan vähemmän ilmaisimia kuin ohjaustavoissa E1 ja E2.

Ohjaustavassa E4 käytettiin pääsuunnalla vain vaarallisen alueen tyhjennystä ja sivusuunnalla kauimmaisina ilmaisina oli 35 metrin etäisyydellä pysäytysviivasta.

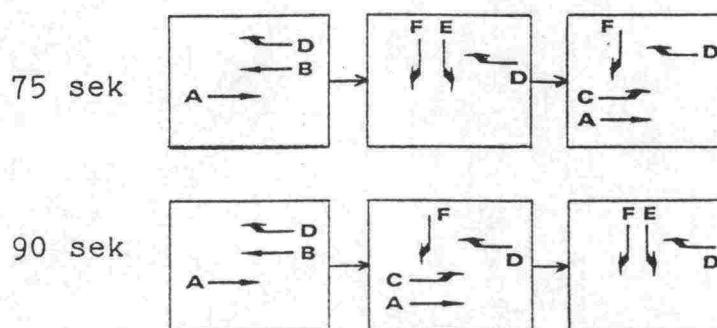
Ohjaustapa E5 on kiinteästi ajoitettu 65 sekunnin kiertoaikaa noudattava ohjelma. Kiinteän kiertoaajan ohjelmassa on vihreiden pituudet määrätty liittymän osatulosuuntien todellisten liikennemäärien suhteessa.

2.3 Yhteenkytkentä

Yhteenkytkennässä, joka on päällä aamu- ja iltaruuhkassa, tutkittiin Lielahdenkadun liittymän valo-ohjausta seuraavilla pääsuunnan vihreän lopetusvaihtoehdoilla, joista on käytetty lyhenteitä Y1, Y2, Y3 ja Y4:

- Y1) Pääsuunnan ryhmät pidentävät toisiaan eli pääsuunnan vaihe lopetetaan vasta kun molempien pääsuuntien vaaralliset alueet ovat tyhjät tai jos maksimiaika täyttyy. Tämän toiminnan tutkiminen oli mahdollista vain 75 sekunnin kiertoaajalla, jossa on toimintaan sopiva vaihejärjestys.
- Y2) Pääsuunnan ryhmät eivät pidennä toisiaan, jolloin tulosuunnan vihreä lopetetaan heti, kun sen vaarallinen alue on tyhjä.
- Y3) Molemmilla pääsuunnilla on kiinteä vihreän lopetushetki. Vihreän aloitushetki määräytyy sivusuuntien vihreiden pidentymistarpeen mukaan.
- Y4) Täysin kiinteästi ajoitettu yhteenkytkentä, jossa kaikkien ryhmien vihreiden aloitus- ja lopetushetket ovat kiinteästi ajoitettuja.

Yhteenkytkentäohjelmat noudattavat joko 75 sek tai 90 sek kiertoaikaa. Pidemmän kiertoaajan ohjelma on päällä iltaruuhkassa (15.00-17.00) ja 75 sek ohjelma yleensä aamuruuhkassa (6.30-8.30). Alla on esitetty ohjelmien vaihejärjestykset:



Ohjaustavoissa Y1 ja Y2 tulosuunnan vihreä koostuu kiinteästä osasta ja vihreän lopussa olevasta pidennysosasta, jonka aikana etsitään pidennysilmäisimien avulla vihreän turvallista lopetushetkeä eli hetkeä, jolloin tulosuunnan vaarallinen alue on tyhjä. Kiinteän osan pituudet olivat 75 sek ohjelmassa 26 sek (ryhmä A) ja 10 sek (ryhmä B) sekä vastaavasti 90 sek ohjelmassa 44 sek ja 26 sek. Pidennysosan pituus oli 75 sek kiertoajalla molemmilla suunnilla 14 sek ja 90 sek kiertoajalla 16 sek (A) ja 10 sek (B).

Valtatien 3 muut liittymät sekä Lielahdenkadun-Taninkadun (etäisyys tutkimusliittymään n.100 m) liittymä toimivat mittausten aikana alkuperäisohjelmointien mukaisesti. Viereinen Lielahdenkadun-Taninkadun liittymä (nro 843 kuvassa 2.1) seurasi ohjelmanvalinnassaan tutkittavaa liittymää. Tutkimusliittymän ollessa erillisohjauksessa toimi Taninkadun liittymäkin erillisohjatusti.

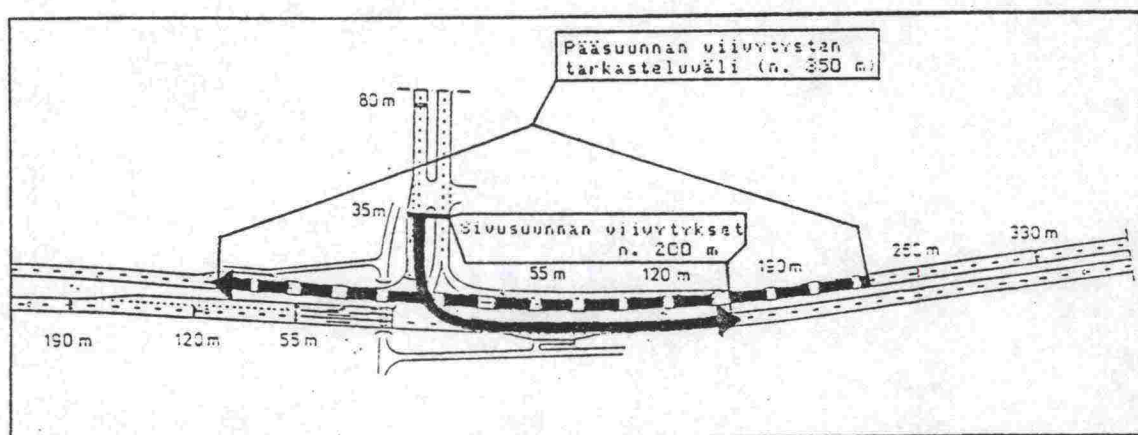
3. MITTAUSMENETELMÄN KUVAUS

3.1 Videon käyttö maastomittauksissa

3.11 Viivytysten mittaaminen videon avulla

Videokuvausten avulla määritettiin liikennevaloista aiheutuva keskimääräinen viivytys pääsuunnan B ja sivusuunnan vasemmalle kääntyville ajoneuvoille (kuva 3.1). Kutakin erillisohjaustratkaisua kuvattiin noin kahden tunnin ajan, josta sitten valittiin tarkastelujaksoksi pääsuunnalla yksi tunti ja sivusuunnalla 1/2-tuntia. Tarkastelujaksot valittiin siten, että liikennemäärien vaihtelu eri ohjaustapojen mittausten välillä olisi mahdollisimman pieni. Liittymää kuvattiin päätien suunnasta noin 600 metrin etäisyydellä olevan mäen päältä. Kuvauspaikka valittiin siten, että pää- ja sivusuunnilta saataisiin selvitettyä ajoneuvojen käyttäytyminen mahdollisimman pitkällä tiejaksolla. Pääsuunnalla edellä mainitun ehdon toteuttamisessa ei ollut ongelmia mutta sivusuunnan vasemmalle kääntyvät saatiin kuvaan vasta noin 35 metriä ennen pysäytysviivaa, koska huoltoasemarakennus peitti osan sivusuunnasta.

Keskimääräinen viivytys (sek/saapuva ajoneuvo) laskettiin vähentämällä ajoneuvon kahden tarkkailupisteen välisestä viivytyksellisestä ajoajasta vastaava viivytyksetön ajoaika. Kuvasta 3.1 selviää tarkastelupisteiden sijainnit ennen ja jälkeen tulosuunnan pysäytysviivan. Viivytyksettömän ajoajan laskemiseksi videonauhalla "poimittiin" ne ajoneuvot, jotka läpäisivät liittymän ilman viivytyksiä eli ilman pysähdystä, jarrutusta tai rullausta. Näiden ajoneuvojen ajoaikojen keskiarvoa käytettiin viivytyksettömänä ajoaikana tarkkailupisteiden välillä. Viivytyksetön ajoaika määriteltiin kussakin mittauksessa erikseen.

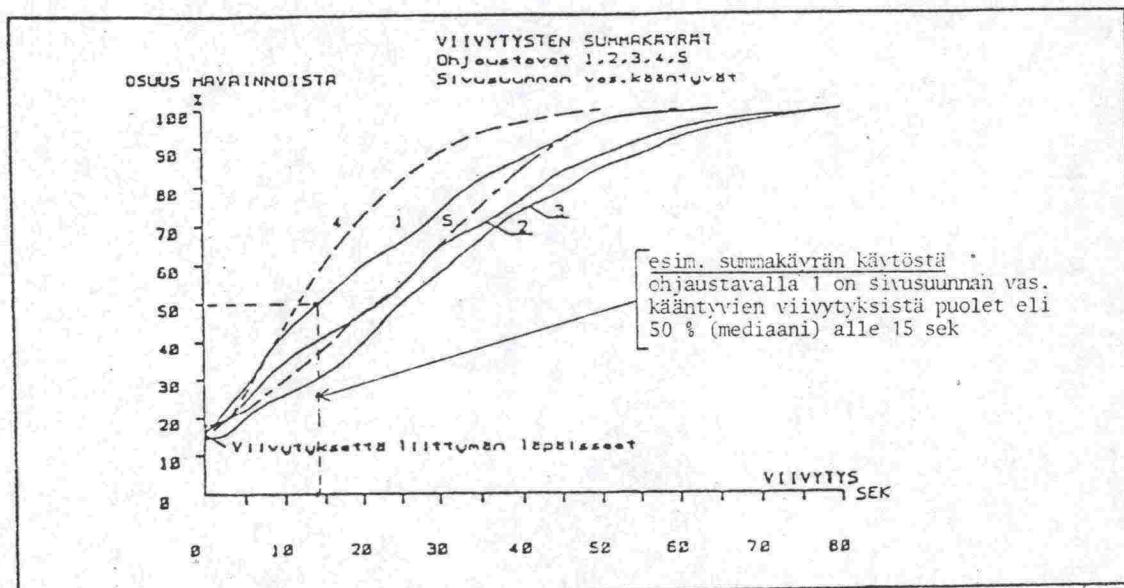


Kuva 3.1 Liikennevaloista aiheutuvien viivytysten määrittämiseen käytetyt tiejaksot

3.12 Videonauhoista tulostettu materiaali

Valitusta yhden (1) tunnin mittausjaksosta määritettiin liikennevaloista aiheutuvan viivytyksen keskiarvo ja keskihajonta (sek/ajon) Tampereen keskustasta tulevan pääsuunnan ajoneuvoille ja sivusuunnalta vasemmalle kääntyville ajoneuvoille.

Havaintomateriaalista piirrettiin myös viivytysten jakaumat viiden (5) sekunnin luokittain sekä viivysten keston summakäyrät. Summakäyristä, joista on esimerkki kuvassa 3.2, ilmenee myös viivytyksettä liittymän läpäisseiden ajoneuvojen osuus saapuvasta liikenteestä. Viivytyksettä eli ilman pysähdystä, jarrutusta tai rullausta liittymän läpäisseet autot "poimittiin" kunkin ohjausvaihtoehdon nauhoituksesta. Summakäyrien avulla voidaan tarkastella esimerkiksi sivusuunnan ajoneuvoille muodostuvien ns. ylipitkien viivytysten osuutta erilaisissa pidennysratkaisuissa.



Kuva 3.2 Esimerkki viivytysten summakäyrien käytöstä eri pidennysratkaisuja vertailtaessa

3.2 Statuslaskennan käyttö tutkimuksessa

3.2.1 Statusmittausten suoritus

Statuslaskennassa ohjauskoje laskee tietyiltä ennalta määrättyiltä ilmaisimilta tulevien pulssien määrän ohjattavan opastinryhmän neljää eri tilaa kohti. Nämä tilat ovat opastinryhmän

- punakeltainen ja normaalivihreä
- vihreän lopetusviive
- keltainen
- punainen

Yksi pulssi vastaa yleensä yhtä ilmaisimen ylittävää ajoneuvoa. Kahden kaistan ilmaisimissa saattaa varsinkin ruuhkaaikoina esiintyä tilanne, jossa kaksi ajoneuvoa on yhtä aikaa ilmaisimen päällä. Tällöin on ilmaisimelta tulevien pulssien määrä todellista liikennemäärää pienempi. Vastavasti saattaa rekka-auton perävaunu aiheuttaa ylimääräisen pulssin vetovaunun aiheuttaman pulssin lisäksi. Ennen mitausten alkamista suoritettussa ilmaisimilla laskettujen liikennemäärien ja todellisten liikennemäärien vertailussa todettiin, että ilmaisimien virhe on suhteellisen pieni eli korkeintaan +5 ... -5 prosenttia.

Tutkimuksessa tulostettiin ohjauskojeen liikennemäärälaskureista kaikkien ilmaisimien liikennemäärät 15 min jaksoissa. Tämän lisäksi tulostettiin pääsuunnan 55 m:n ja 120 m:n ilmaisimien, sivusuunnan 35 m:n ilmaisimien, pääsuunnan vasemmalle kääntyvien esi-ilmaisimen ja Tampereen keskustan suunnasta tulevan pääsuunnan pysäytysviivan takana olevan, tutkimusta varten rakennetun, ilmaisimen tilakohtaiset liikennemäärät (liite 1). Kunkin ohjaustavan keskimääräisen kiertoajan määrittämiseksi liittymäkoje ohjelmoitiin laskemaan Tampereen suunnasta tulevan pääsuunnan vihreiden määrän kussakin 15 minuutin jaksossa.

Statuslaskentaa tulostettiin kirjoittimella koko mittauksen ajan. Kirjoitin oli ohjauskojeen sisällä ja se tulosti statustietoja joka 15 minuutti. Riittävän lähtöaineiston varmistamiseksi jokainen ohjaustapa oli toiminnassa keskimäärin 3 vuorokautta.

3.22 Statustietojen käsittely

Statuslaskureiden antamista liikennemäärästä määritettiin tutkimusta varten laaditulla Fortran-ohjelmalla liittymän toiminnan analysoimiseksi seuraavat tiedot:

- 1) Pääsuuntien ja pääsuunnan vasemmalle kääntyvien 55 m ilmaisimien sekä sivusuunnan 35 m ilmaisimien liikennemäärät ko. opastinryhmän keltaisen ja punaisen aikana liittymään pysähtymään joutuvien osuuden selvittämiseksi.
- 2) Pääsuuntien 55 m ilmaisimien liikennemäärät opastinryhmän keltaisen aikana keltaisen syttyessä vaarallisella alueella olevien ajoneuvojen osuuden selvittämiseksi.
- 3) Tampereen keskustasta tulevan pääsuunnan ajosuunnassa pysäytysviivan jälkeen olevan ja tätä tutkimusta varten rakennetun ilmaisimen liikennemäärä opastinryhmän punaisen aikana, punaista päin ajavien määrän selvittämiseksi tutkituissa ohjaustavoissa.

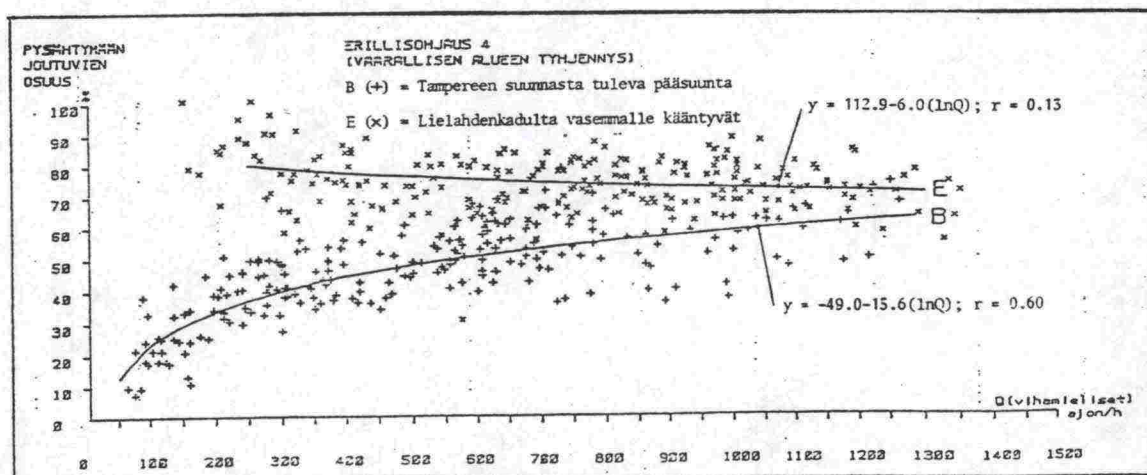
Kirjoittimella tulostetut tiedot syötettiin tietokoneeseen. Tämän jälkeen lähtöaineistosta laskettiin ohjaustavoittain seuraavat valo-ohjauksen toimintaa kuvaavat keskiarvo-, keskipoikkeama- ja keskihajontasuureet:

- 1) Tarkasteltavalle tulosuunnalle vihamielinen liikennemäärä (ajon/h).
- 2) Pysähtymään joutuvien osuus tulosuunnittain.
- 3) Vihreän päättyessä "vaarallisella alueella" olevien (keltaisen kohtaavat) ajoneuvojen määrä yhtä pääsuunnan vihreän lopetusta kohti sekä suhteellinen osuus ko. pääsuunnan liikenteestä.
- 4) Punaista päin ajavista vastaavat kohdassa 3 mainitut suureet.

Liikennemäärän vaikutusta pysähtymään joutuvien ja vaarallisella alueella olevien osuuteen tarkasteltiin piirtämällä tulosuunnittain jokaisesta 15 minuutin mittausjaksosta laskettu pysähtymään joutuvien tai vaarallisella alueella olevien osuutta kuvaava piste koordinaatistoon, jossa selittävänä liikennemääränä (x-akselina) oli ko. tulosuunnalle vihamielinen liikennemäärä.

Kokeiltaessa selittävänä liikennemääränä myös liittymän kokonaisliikennemäärää ja ko. tulosuunnan liikennemäärää, todettiin, että pysähtymään joutuvien osuuden vaihteluun vaikutti voimakkaammin vihamielinen liikennemäärä.

Muodostettuihin pisteistöihin, joista on esimerkki kuvassa 3.3, estimoitiin regressioanalyysillä kuvaajat, jotka olivat joko logaritmikäyriä tai suoria. Vastaavat pisteistöt piirrettiin myös vaarallisella alueella olevien osuuksista.



Kuva 3.3 Esimerkki statistietojen avulla muodostetuista pisteistöistä tutkittaessa liikennemäärän vaikutusta pysähtymään joutuvien osuuteen

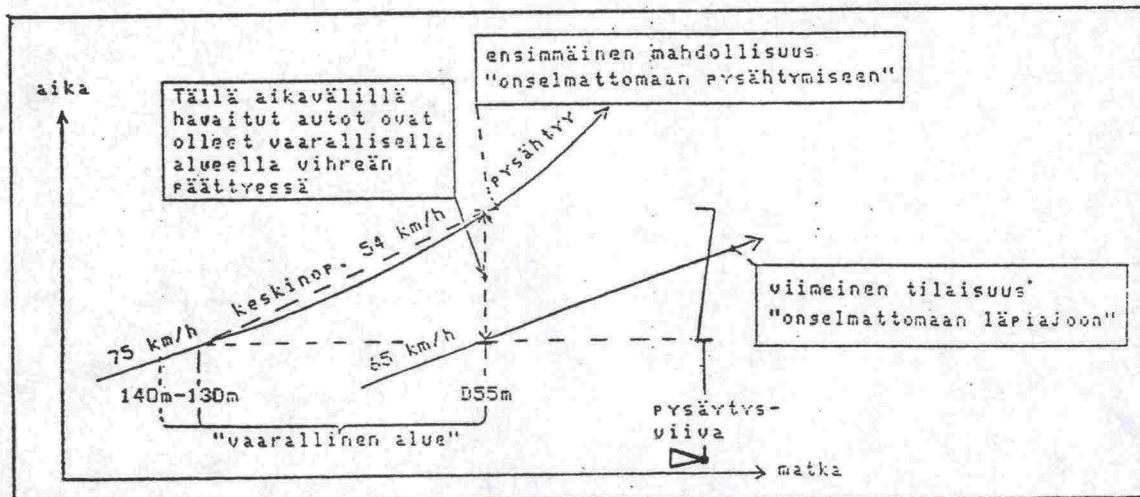
Pääsuunnan 55 m etäisyydellä pysäytysviivasta olevan ilmaisimen statustietojen avulla määritetty pysähtymään joutuvien osuus kuvaa keltaisen ja punaisen opastinkuvan kohtavien ajoneuvojen määrää, jotka eivät selviä pelkällä hidastamisella vaan joutuvat yleensä pysähtymään liittymään. Näiden ajoneuvojen kokonaisviivytys oli keskimäärin yli 10 sekuntia. Laskettu arvo ei siis vastaa samaa kuin videomittauksesta saatava viivytettyjen ajoneuvojen (100% - viivytettyjen osuus) määrä, jossa ovat mukana kaikki vähäisenkin liikennevaloista aiheutuvan viivytyksen "kokoneet" ajoneuvot.

Kauemmalta 120 m:n ilmaisimelta määritetty pysähtymään joutuvien osuus sisältäisi pysähtymään joutuneiden lisäksi myös "hidastelemaan" joutuvia ajoneuvoja. Pääsuunnan opastinryhmät on kuitenkin ohjelmoitu siten, että liittymän ollessa lepotilassa (so. millään opastinryhmällä ei ole pyyntöjä eikä pidennyksiä) ryhmän vihreä syttyy vasta, kun pääsuunnan ajoneuvo aiheuttaa ilmaisupulssin 120 m:n ilmaisimelta. Tämän takia hiljaisen liikenteen aikana ohjauskojeen statuslaskuri luokittelee osan todellisuudessa liittymän vihreällä läpäisevistä ajoneuvoista punaisen aikana liittymään saapuneiksi. Koska haluttiin tutkia ohjaustapojen eroja sujuvuuden osalta myös hiljaisen liikenteen aikana, käytettiin 55 m:n ilmaisimen statustietoja.

Sivusuunnan ja pääsuunnan vasemmalle kääntyvien kaistan statuslaskentaan liitetyt esi-ilmaisimet (D55 m ja D35 m) toimivat vihamielisten pyyntöjen puuttuessa samalla tavalla kuin pääsuunnan 120 m:n ilmaisimet. Lisäksi, koska sivusuunnan statuslaskentailmaisimet olivat suhteellisen lähellä pysäytysviivaa, ylettyi punaisen aikana kertynyt jono ilmaisimelle, mikä aiheutti ruuhka-aikoina lisävirhettä sivusuunnalle laskettuun pysähtymään joutuvien arvoon.

Vihreän päättyessä "vaarallisella alueella" olevien osuuden määrittäminen 55 m:n ilmaisimen keltaisen aikana ylittäneen liikennemäärän mukaan perustuu kuvassa 3.4 esitettyyn kaavioon.

Kuvassa 3.4 käytetty termi "viimeinen tilaisuus ongelmattomaan läpiajoon" ja sitä vastaava nopeusviiva tarkoittavat sitä, että ajoneuvo ehtii keltaisen opastinkuvan aikana nopeusrajoitusta ylittämättä liittymän läpi, koska se on keltaisen opastinkuvan syttyessä jo niin lähellä liittymää (nopeusrajoitusalueella 70 km/h kyseinen etäisyys on n. 50 m), että kuljettajan on helppo tehdä päätös: "on turvallisempaa jatkaa liittymän läpi kuin yrittää pysähtyä voimakkaasti jarruttamalla". Vastaavasti termi "ensimmäinen mahdollisuus ongelmattomaan pysähtymiseen" tarkoittaa sitä, että auton ollessa keltaisen syttyessä vielä niin kaukana liittymästä (nopeusrajoitusalueella 70 km/h kyseinen etäisyys on noin 130-140 m), ettei liittymän läpäiseminen ilman suurta ylinopeutta ole mahdollista, jolloin ajoneuvon kuljettajan on helppo tehdä päätös: "jarrutan ja pysähdyn liittymään". Täten voidaan 55 m ilmaisimen keltaisen opastinkuvan aikana ylittäneet ajoneuvot tulkita vaarallisella



Kuva 3.4 Vihreän päättyessä "vaarallisella alueella" olevien osuuden määrittäminen 55 m:n ilmaisimen avulla

alueella oleviksi, koska "ongelmattoman läpiajon" ja "ongelmattoman pysähtymisen" välisellä alueella keltaisen syttyessä olevat autot ehtivät ylittää kuvan 3.4 mukaisessa tilanteessa kyseisen ilmaisimen vielä keltaisen aikana.

Ruotsissa on, LHOVRA-liittymien toimintaa tutkittaessa, vaarallisella alueella olevien osuus määritelty saman periaatteen mukaan. Kuvassa 3.4 esitetyn kaavion todettiin pitävän hyvin paikkansa, kun tarkasteltiin vaarallisella alueella keltaisen syttyessä olevien autoilijoiden käyttäytymistä videonauhoilta.

4. MITTAUSTULOKSET

4.1 Yleistä

Tässä luvussa on esitetty ne mittausaineistosta lasketut tulokset, joiden perusteella on luvussa 5 tehty johtopäätöksiä pidennysratkaisujen vaikutuksista nopeilla väylillä sijaitsevien liikennevaloliittymien sujuvuuteen ja turvallisuuteen.

Tutkitut erillisohjaustavat ja yhteenkytkentävaihtoehdot on esitetty erikseen, koska yhteenkytkennän yhteydessä on vertailtu pääasiassa pääsuunnan vihreän turvallisen lopetuksen onnistumista erilaisissa pidennysratkaisuissa eikä yhteenkytkennän aikana ole suoritettu videomittauksia.

4.2 Erillisohjaus

4.21 Liikennevaloista ajoneuvoille aiheutuvat viivytykset

4.211 Pääsuunnan viivytykset

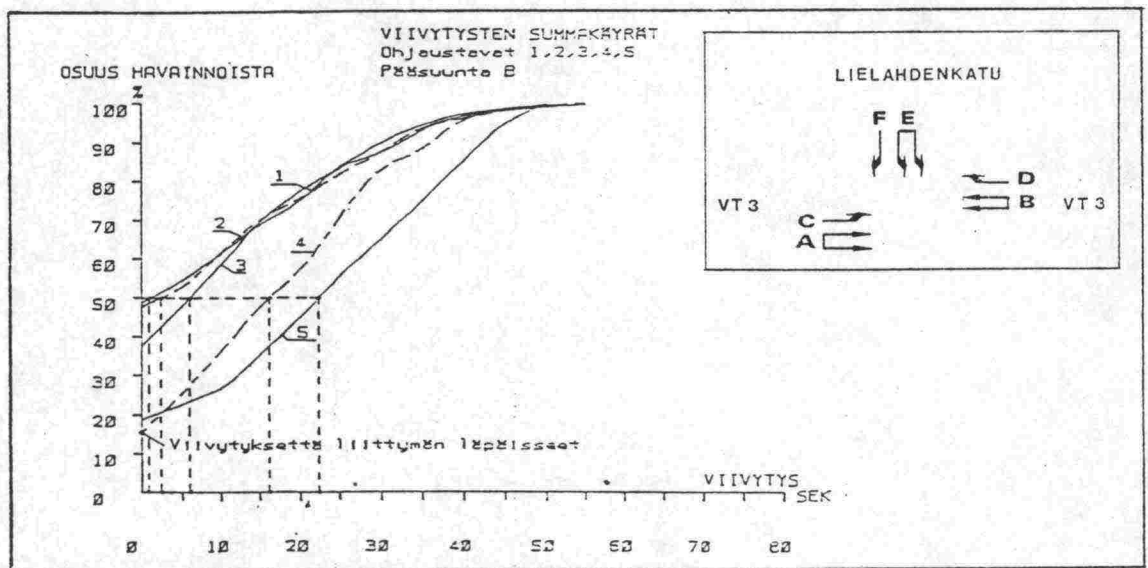
Liikennevaloista pääsuunnan B ajoneuvolle aiheutuvat keskimääräiset viivytykset ilmenevät taulukosta 2. Ohjaustapa-tunnuksen alla oleva luku on mittausjakson aikana toteunut keskimääräinen kiertoaika (c). Havaintojen määrä taulukossa on pääsuunnan B liikenne yhden tunnin mittausjakson aikana.

Taulukko 2. Keskimääräiset viivytykset pääsuunnalla B

Ohjaustapa	Havaintojen määrä (kpl)	Vihamielinen liikennemäärä (ajon/h)	Viivytysten (sek/ajon.)	
			keskiarvo	k-hajonta
E1 (c = 61 sek)	216	609	10.3	13.4
E2 (c = 75 sek)	331	710	10.2	13.4
E3 (c = 66 sek)	257	598	10.5	12.3
E4 (c = 51 sek)	264	648	16.6	12.9
Kiinteä aika-ohjaus E5 (c = 65 sek)	244	693	21.4	15.3
<p>Ohjaustapa E1: Pysähtyneen jonon purku + pidennys välillä 55 - 120 m pysäytysviivasta (= vaarallisen alueen tyhjennys) + jonopidennys välillä 120 - 260/350 m + pääsuuntien vihreiden eriaikainen lopetus mahdollista + lepotilaan siirtymisen esto 260 m etäisyydeltä</p> <p>Ohjaustapa E2: Kuten E1 mutta pääsuuntien vihreiden samanaikainen lopetus (eli pääsuuntien vihreät pidentävät toisiaan)</p> <p>Ohjaustapa E3: Pysähtyneen jonon purku + vaarallisen alueen tyhjennys + pidennys välillä 120 - 190 m + lepotilaan siirtymisen esto 190 m:stä</p> <p>Ohjaustapa E4: Pysähtyneen jonon purku + vaarallisen alueen tyhjennys</p> <p>c: Ohjaustavan toteuttama keskimääräinen kiertoaika mittausjakson aikana</p>				

Viivytysten jakaumat viiden (5) sekunnin luokittain eli luokkien suhteelliset frekvenssit on esitetty ohjaustavoittain kuvissa 4.2a ja 4.2b. Kuvion ensimmäinen pylväs (nollan sekunnin viivytys) tarkoittaa viivytyksettä liittymän läpäissemiiden pääsuunnan B ajoneuvojen osuutta. Kuviosta ilmenevät myös liikennevirtakohtaiset liikennemäärät kunkin ohjaustavan mittauksen aikana.

Pääsuunnan viivytysten summakäyrät tutkituilla pidennysratkaisuilla on esitetty kuvassa 4.1. Summakäyrä kuvaa tiettyä viivytystä (x-akselilla) pienempien viivytysten osuutta havaintoaineistossa.



Kuva 4.1 Pääsuunnan viivytysten summakäyrät

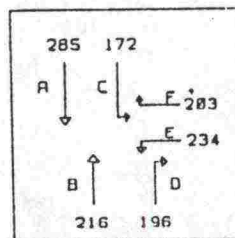
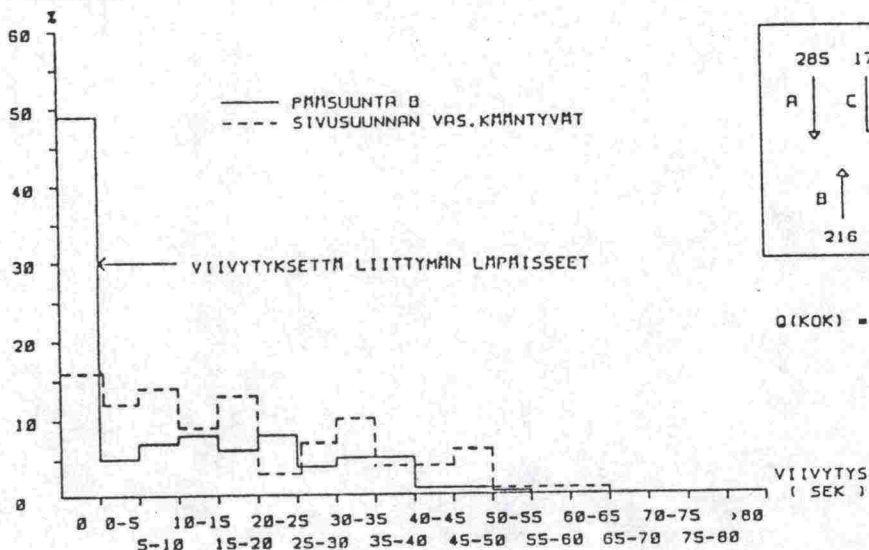
Kuvasta määritetyt havaintoaineiston mediaanit ja yläkvartiilit ovat ohjaustavoittain seuraavat:

	Mediaani (50 %:n arvo)	Yläkvartiili (75 %:n arvo)	Yli 30 sek viivytysten osuus
E1	1.5 sek	20.0 sek	12 %
E2	2.5 sek	18.5 sek	12 %
E3	6.0 sek	17.5 sek	10 %
E4	16.0 sek	26.0 sek	18 %
Kiinteä kiertoaika	22.5 sek	35.0 sek	35 %

Mediaani tarkoittaa sitä, että 50 % saapuvista ajoneuvoista selvisi liittymästä pienemmällä kuin mediaanin osoittamalla viivytyksellä. Vastaavasti yläkvartiilin osoittaman viivytksen arvon ylitti 25 % pääsuunnan ajoneuvoista.

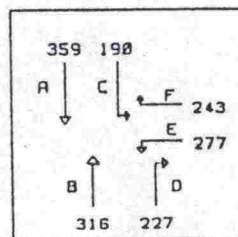
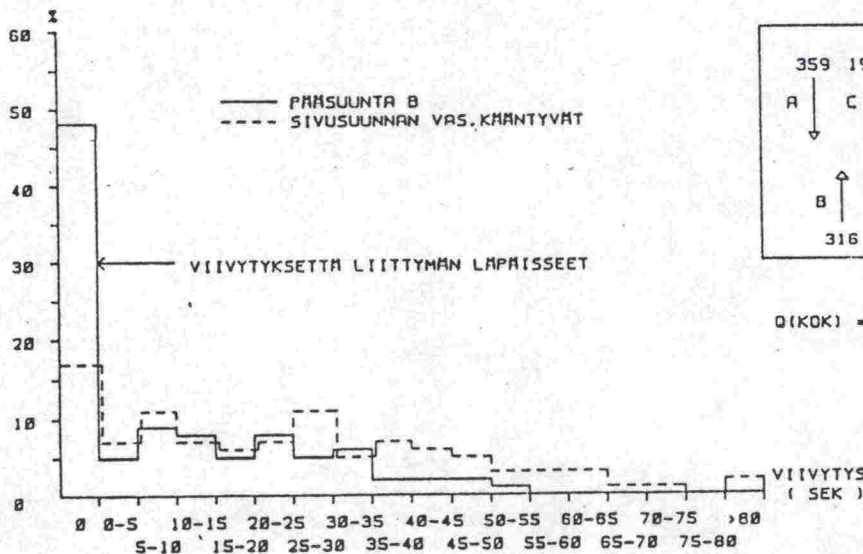
SUhteellinen
FREKVENSsi

OHJAUSTAPA 1



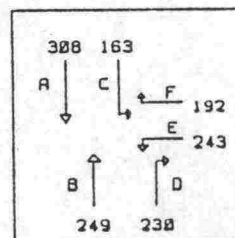
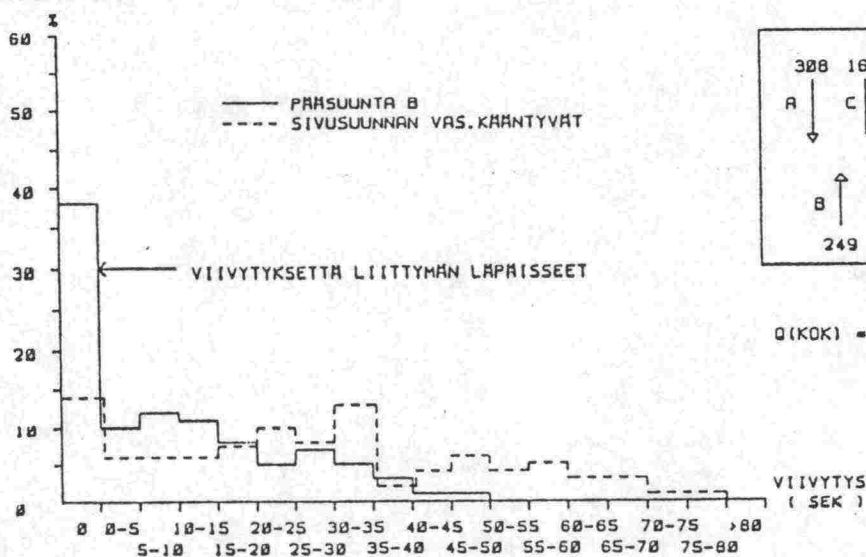
SUhteellinen
FREKVENSsi

OHJAUSTAPA 2

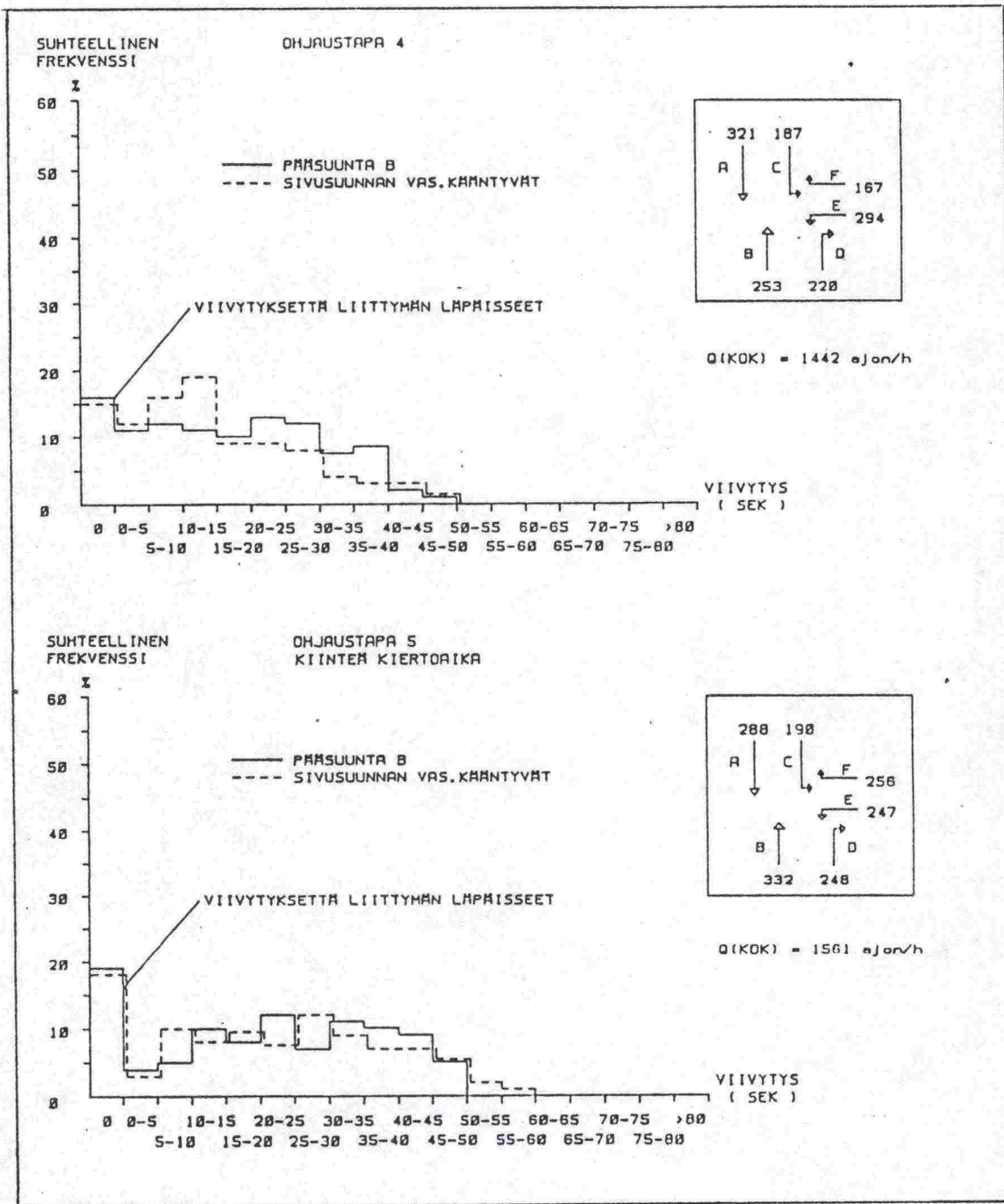


SUhteellinen
FREKVENSsi

OHJAUSTAPA 3



Kuva 4.2a Viivytysten jakaumat 5 sek luokittain ohjaustavoissa E1 - E3



Kuva 4.2b Viivytysten jakaumat 5 sek luokittain ohjaustavoissa E4 ja E5

Viivytyksettä liittymän läpäisevien osuus kasvaa huomattavasti vietäessä ajoneuvoilmaisimet kauemmaksi pysäytysviivasta, ollen ohjaustavoittain 19 % (kiinteä aikaohjaus), 17 % (E4), 38 % (E3), 48 % (E2) ja 49 % (E1).

4.212 Sivusuunnan viivytykset

Viivytykset laskettiin Lielahdenkadulta Tampereen suuntaan vasemmalle kääntyville ajoneuvoille (ks. kuva 3.1).

Keskimääräinen sivusuunnan ajoneuvoille aiheutuva viivytys eri ohjaustavoissa on esitetty taulukossa 3, josta ilmenee myös tarkastellulle tulosuunnalle vihamielisen liikenteen määrä (ajon/h) mittausjakson aikana.

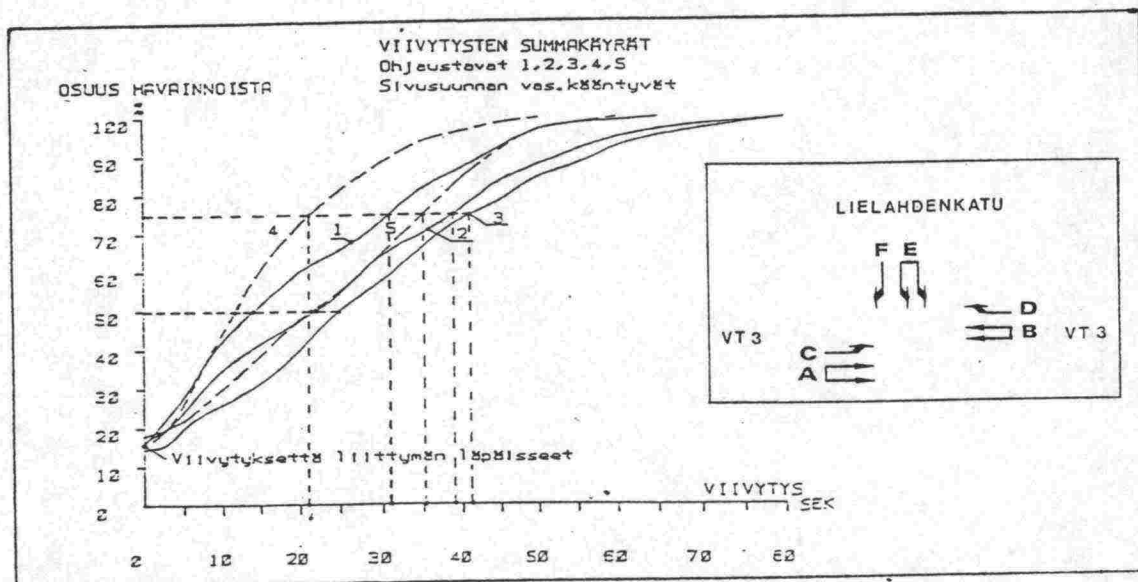
Taulukko 3. Keskimääräinen viivytys sivusuunnan vasemmalle kääntyvillä eri ohjaustavoissa

Ohjaustapa	Ilkavaintojen määrä (kpl)	Vihamielinen liikennemäärä (ajon/h)	Viivytysten (sek/ajon.)	
			keskiarvo	k-lajonta
E1 (c = 60 sek)	134	673	18.3	16.6
E2 (c = 75 sek)	150	865	24.2	20.7
E3 (c = 67 sek)	124	720	27.0	20.5
E4 (c = 47 sek)	159	761	14.0	11.9
Kiinteä aika- ohjaus E5 (c = 65 sek)	134	810	21.7	16.2
<p>Ohjaustapa E1: Pysähtyneen jonon purku + pidennys välillä 55 - 120 m pysäytysviivasta (= vaarallisen alueen tyhjennys) + jonopidennys välillä 120 - 260/350 m + pääsuuntien vihreiden eriaikainen lopetus mahdollista + lepotilaan siirtymisen esto 260 m etäisyydeltä</p> <p>Ohjaustapa E2: Kuten E1 mutta pääsuuntien vihreiden samanaikainen lopetus (eli pääsuuntien vihreät pidentävät toisiaan)</p> <p>Ohjaustapa E3: Pysähtyneen jonon purku + vaarallisen alueen tyhjennys + pidennys välillä 120 - 190 m + lepotilaan siirtymisen esto 190 m:stä</p> <p>Ohjaustapa E4: Pysähtyneen jonon purku + vaarallisen alueen tyhjennys</p> <p>c: Ohjaustavan toteuttama keskimääräinen kiertoaika mittausjakson aikana</p>				

Jotta laskettuja keskimääräisiä viivytyksiä voitaisiin luotettavasti verrata keskenään, olisi vihamielisen liikennemäärän (ajon/h), joka vaikuttaa voimakkaimmin viivysten pituuteen, oltava vähintään 100 ajoneuvon tarkkuudella sama. Tämän takia ohjaustapojen E1 ja E2 sivusuunnan viivy-

tysten vertailemiseksi, valittiin kummankin ohjaustavan 1/2-tunnin mittausjaksosta sellaiset 10 minuutin jaksot, joissa vihamieliset poikkesivat vähiten toisistaan. Näistä jaksoista lasketut keskimääräiset viivytykset olivat 17.2 sek (E1) ja 24.2 sek (E2) eli vastasivat taulukossa 3 esitettyjä arvoja.

Sivusuunnan viivytysten jakaumat viiden sekunnin luokittain on esitetty kuvissa 4.2a ja 4.2b. Viivytysten summakäyrät ilmenevät alla olevasta kuvasta 4.3.



Kuva 4.3 Viivytysten summakäyrät sivusuunnan vasemmalle kääntyvillä

Mitä jyrkemmin ja nopeammin summakäyrä saavuttaa 100 prosentin arvon sitä vähemmän on havaintoaineistossa pitkiä viivytyksiä.

Kuvasta määritetyt havaintoaineiston mediaanit ja yläkvartiilit sekä yli 45 sekunnin viivytysten osuus ovat seuraavat:

	Mediaani (50 %:n arvo)	Yläkvartiili (75 %:n arvo)	Yli 45 sek viivytysten osuus
E1	14.0 sek	31.0 sek	8 %
E2	22.0 sek	38.5 sek	17 %
E3	25.0 sek	40.5 sek	22 %
E4	11.5 sek	21.0 sek	2 %
Kiinteä kiertoaika	21.0 sek	35.0 sek	9 %

Viivytyksettä liittymän läpäisseiden ajoneuvojen osuus on kaikilla tutkituilla ohjaustavoilla melkein sama. Ohjaustavoittain viivytyksettä liittymän läpäisseiden osuudet ovat 17 % (E1, E2), 14 % (E3), 15 % (E4) ja 18 % kiinteän kiertoajan aikaohjauksessa.

4.22 Pysähtymään joutuvien osuudet

Ohjaustavan vaikutusta liikenteen sujuvuuteen voidaan tarkastella paitsi viivytysten myös pysähtymään joutuvien osuuden avulla. Se, mitä "pysähtymään joutuvien osuudella" tässä tutkimuksessa tarkoitetaan on määritelty luvussa 3.22.

Koska korkealuokkaisten väylien valo-ohjauksessa tulisi pystyä takaamaan pääsuunnan liikenteen riittävä sujuvuus, on jäljempänä keskitytty lähinnä pääsuunnan pysähtymään joutuvien osuuden tarkasteluun. Oleellisinta eri pidennysratkaisujen vertailussa on, kuinka paljon (%) pystytään vähentämään pysähtyneiden määrää perinteisiin ohjaustapoihin verrattuna (mm. kiinteä aikaohjaus), siirtämällä ilmaisimia etäämmälle pysäytysviivasta ja lisäämällä pidennystoimintojen määrää.

Taulukosta 4 ilmenevät pääsuunnan pysähtyneiden osuudet ohjaustavoittain. Vihamielinen liikennemäärä ja keskimääräinen kiertoaika (c) ovat koko mittausjaksosta laskettuja keskiarvoja.

Taulukko 4. Pääsuunnan pysähtymään joutuvien osuudet ohjaustavoittain

Ohjaustapa	Vihamielinen liikennemäärä (ajon/h) pääsuunnalle A B		Pysähtymään joutuvien osuus tulosuunnan liikenteestä (%)			
			pääsuunta A		pääsuunta B	
			k-arvo	k-hajonta	k-arvo	k-hajonta
E1 (c = 64 sek)	246	557	23.8	7.7	40.1	10.5
E2 (c = 71 sek)	233	548	19.2	6.3	33.4	10.9
E3 (c = 77 sek)	235	534	21.2	6.0	38.0	10.4
E4 (c = 62 sek)	241	521	27.3	7.6	45.3	13.8
Kiinteä aikaohjaus E5 (c = 65 sek)	232	532	38.7	7.1	61.6	8.8
Ohjaustapa E1: Pysähtyneen jonon purku + pidennys välillä 55 - 120 m pysäytysviivasta (= vaarallisen alueen tyhjennys) + jonopidennys välillä 120 - 260/350 m + pääsuuntien vihreiden eriaikainen lopetus mahdollista + lepotilaan siirtymisen esto 260 m etäisyydeltä						
Ohjaustapa E2: Kuten E1 mutta pääsuuntien vihreiden samanaikainen lopetus (eli pääsuuntien vihreät pidentävät toisiaan)						
Ohjaustapa E3: Pysähtyneen jonon purku + vaarallisen alueen tyhjennys + pidennys välillä 120 - 190 m + lepotilaan siirtymisen esto 190 m:stä						
Ohjaustapa E4: Pysähtyneen jonon purku + vaarallisen alueen tyhjennys						
c: Ohjaustavan toteuttama keskimääräinen kiertoaika mittausjakson aikana						

Regressioanalyysillä estimoidut käyrät ovat melkein poikkeuksetta logaritmisia ja vihamielisen liikennemäärän lisääntyessä kasvaa myös pysähtymään joutuvien osuus. Käyriä tarkastelemalla havaitaan, että erot pysähtymään joutuvien osuudessa liikennetieto-ohjattujen ohjaustapojen E1...E4 kesken pysyvät suunnilleen vakiona koko liikennemääräalueella. Sitä vastoin ero kiinteän aikaohjauksen ja muiden ohjaustapojen pääsuunnan pysähtymään joutuvien osuuksissa on pienillä liikennemäärillä suhteellisesti suurempi kuin suurilla liikennemäärillä. Ohjaustapojen välisiä keskimääräisiä eroja voidaan kuitenkin tarkastella riittävän luotettavasti taulukossa 4 esitettyjen mittauksen keskiarvotulosten perusteella. Kyseisten keskiarvojen perusteella lasketut prosentuaaliset erot pysähtymään joutuvien osuuksissa tutkittujen ohjausvaihtoehtojen välillä on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Prosentuaaliset erot pysähtymään joutuvien osuuksissa eri ohjaustapojen välillä

		Prosentuaalinen ero pysähtymään joutuvien osuudessa eli kuinka paljon pystysarakkeen ohjaustapojen pysähtyvien osuus on suurempi (+) tai pienempi (-) kuin vaakarivin ohjaustavassa							
		E2 pääsuunta		E3 pääsuunta		E4 pääsuunta		E5 pääsuunta	
		A	B	A	B	A	B	A	B
E1	A	-19.5%		-10.9%		+14.7%		+62.6%	
	B		-16.7%		-5.2%		+15.0%		+55.6%
E2	A			+10.4%		+12.2%		+101.6%	
	B				+13.8%		+35.6%		+84.4%
E3	A					+28.8%		+82.5%	
	B						+19.2%		+62.1%
E4	A							+41.8%	
	B								+36.0%

Sivusuunnalla pysähtymään joutuvien osuuksien keskiarvot eivät paljontaan vaihdelleet ohjaustapojen välillä (taulukko 6). Sivusuunnan ja pääsuunnan vasemmalle kääntyville estimoidut käyrät vihamielisen liikennemäärän funktiona ilmenevät liitteistä 2a - 2e.

Taulukko 6. Pysähtymään joutuvien osuudet sivusuunnalla

Ohjaustapa	Vihamielinen liikennemäärä (ajon/h) tulosuunnalle C E F	Pysähtymään joutuvien osuus tulosuunnan liikenteestä (%)					
		tulosuunta C		tulosuunta E		tulosuunta F	
		k-arvo	k-haj.	k-arvo	k-haj.	k-arvo	k-haj.
E1	525 737 280	80.5	8.7	71.6	8.5	58.2	13.5
E2	525 739 292	83.6	10.3	76.0	7.8	64.3	18.6
E3	509 716 274	80.8	10.1	75.2	6.9	60.1	12.4
E4	521 731 280	81.6	11.4	73.9	8.4	59.9	19.2
Kiinteä aika-ohjaus E5	485 665 255	77.1	8.2	71.6	7.9	47.9	12.9

4.23 Vaarallisella alueella olevien ja punaista päin ajavien osuus pääsuunnalla

4.231 Yleistä

Valo-ohjaustavan vaikutusta liikenteen turvallisuuteen voidaan tarkastella peräänajoriskin ja päin punaista ajamisen avulla. Peräänajoriski on liikennevaloissa suurin vihreän päättyessä ja keltaisen opastinkuvan aikana, jolloin peräkäisten ajoneuvojen kuljettajien päätökset, "ajanko päin keltaista vai pysähdynkö", saattavat olla vastakkaisia, minkä seurauksena on konfliktitilanne.

Peräänajoriskiä on tutkimuksessa havainnollistettu ns. vaarallisella alueella vihreän päättyessä olevien ajoneuvojen määrällä. Vaarallisella alueella tarkoitetaan sitä aluetta, jossa kuljettajan on normaalia vaikeampaa tehdä päätöstä, jatkaako liittymän läpi vai pysähtyykö (vrt. kuva 3.5 tai LHOVRA-raportti). Vaarallisen alueen eturaja (lähempänä liittymää) on se etäisyys, josta kaikki ajavat vielä päin keltaista (70 km/h alueella n. 50 m). Takaraja (n. 130...140 m pysäytysviivasta) on vastaavasti se etäisyys, jolta ei enää ehdi liittymän läpi nopeusrajoitusta noudattaen (eikä edes pienellä ylinopeudellakaan) ennen punaisen syttymistä.

Punaista päin ajamista tutkittiin Tampereen suunnasta tulevalle pääsuunnalla B. Sitä varten asennettiin ajosuunnassa kaksi metriä pysäytysviivan taakse ajoneuvoilmaisain, jonka punaisen statustiedon avulla määritettiin punaista päin ajavien määrä.

4.232 Tulokset eri ohjaustavoilla

Pääsuunnalla vihreän päättyessä vaarallisella alueella olevien määrä on esitetty taulukossa 7. Taulukosta ilmenee myös toteutunut keskimääräinen kiertoaika (c) ja vihamielisen liikennemäärän keskiarvo kunkin ohjaustavan mittauksen aikana. Pääsuunnalle on laskettu vaarallisella alueella olevien osuudet erikseen. Tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, että pääsuunnalla A on loiva alamäki ja vain yksi vihamielinen liikennevirta, kun pääsuunnalla B sitä vastoin on loiva ylämäki ja kaksi vihamielistä liikennevirtaa. Lisäksi pääsuunta A kuuluu kahteen vaiheeseen, joten se saa suhteessa enemmän vihreää kuin pääsuunta B.

Kiertoaika vaihteli eri ohjaustavoilla ja mitä lyhyempi kiertoaika sitä enemmän on turvallisuuden kannalta kriittisiä vihreän lopetuksia. Taulukossa 7 esitetty vaarallisella alueella olevien määrä yhtä vihreän lopetusta kohti tarkoittaa, että esim. ohjaustavan E1 kierroista keskimäärin 10 %:ssa oli vihreän päättyessä vähintään yksi auto pääsuunnan A vaarallisella alueella (arvo= 0.10 ajon/kierto). Näin voidaan tarkastella mm. sitä, kuinka usein pääsuunnan vihreän lopetus onnistui mahdollisimman turvallisesti.

Taulukko 7. Vihreän päättyessä vaarallisella alueella olevien ajoneuvojen määrä ohjaustavoittain

Ohjaustapa	Vihameiäinen liikennemäärä (ajon/h) pääsuunnalle A B		Vaarallisella alueella olevat ajoneuvot			
			% - osuus pääsuunnan liikenteestä		yhtiä pääsuunnan vihr. lopetusta kohti	
			A	B	A	B
E1 (c = 64 sek)	246	557	1.68	1.77	0.10	0.09
E2 (c = 71 sek)	233	548	1.29	1.66	0.08	0.10
E3 (c = 77 sek)	235	534	0.65	0.39	0.04	0.04
E4 (c = 62 sek)	241	521	1.83	2.02	0.10	0.10
Kiinteä aika- ohjaus E5 (c = 65 sek)	232	532	6.82	6.41	0.34	0.31

Ohjaustapa E1: Pysähtyneen jonon purku + pidennys välillä 55 - 120 m pysäytysviivasta (= vaarallisen alueen tyhjennys) + jonopidennys välillä 120 - 260/330 m + pääsuuntien vihreiden eriaikainen lopetus mahdollista + lepotilaan siirtymisen esto 260 m etäisyydeltä

Ohjaustapa E2: Kuten E1 mutta pääsuuntien vihreiden samanaikainen lopetus (eli pääsuuntien vihreät pidentävät toisiaan)

Ohjaustapa E3: Pysähtyneen jonon purku + vaarallisen alueen tyhjennys + pidennys välillä 120 - 190 m + lepotilaan siirtymisen esto 190 m:stä

Ohjaustapa E4: Pysähtyneen jonon purku + vaarallisen alueen tyhjennys

c: Ohjaustavan toteuttama keskimääräinen kiertoaika mittausjakson aikana

Vaarallisella alueella olevien osuuden riippuvuus vihameiäisen liikennemäärän muutoksista oli hyvin pieni eli estimoidut käyrät olivat x-akselin suuntaisia suorina (liite 3). Ohjaustapojen keskinäinen vertailu voidaan suorittaa yllä olevassa taulukossa esitettyjen keskiarvolukujen perusteella.

Taulukossa 8 on esitetty ohjaustapojen väliset prosentuaaliset erot vaarallisella alueella olevien ajoneuvojen osuuksissa pääsuunnilla A ja B.

Taulukoista 7 ja 8 on havaittavissa se mielenkiintoinen seikka, että ohjaustavalla E3 (pääsuunnan vihreän alussa vihreää pidennetään, jos yksikin auto on lähempänä kuin 190 metriä liittymästä) on ollut keltaisen syytyessä vaarallisella alueella olevia autoja huomattavasti vähemmän kuin muilla ohjausratkaisuilla. Vaikuttaa siis siltä, että ohjaustavassa E3 käytetyt pidennysratkaisut olisivat vihreän turvallisen lopetuksen kannalta muita tutkittuja vihreän pidennysratkaisuja parempia. Asiaa tarkastellaan lähemmin tulosten tulkinnan yhteydessä luvuissa 5.21 ja 5.22.

Taulukko 8. Prosentuaaliset erot vaarallisella alueella keltaisen syttyessä olevien osuuksissa tutkittujen ohjaustapojen välillä

		Prosentuaalinen ero vaarallisella alueella olevien osuudessa eli kuinka paljon pystysarakkeen ohjaustapojen vaarallisella alueella olevien osuus on suurempi (+) tai pienempi (-) kuin vaakarivin ohjaustavassa							
		E2 pääsuunta		E3 pääsuunta		E4 pääsuunta		E5 pääsuunta	
		A	B	A	B	A	B	A	B
E1	A	-23.2%		-61.3%		+ 8.9%		+306.0%	
	B		- 6.2%		-78.0%		+14.1%		+262.1%
E2	A			-49.6%		+41.9%		+428.7%	
	B				-76.5%		+21.7%		+286.1%
E3	A					+181.5%		+949.2%	
	B						+417.9%		+1543.6%
E4	A							+272.7%	
	B								+217.3%

Punaista päin ajamista tapahtui kaikilla ohjaustavoilla vähän (taulukko 9). Punaista päin ajavien suhteellinen osuus tulosuunnan liikenteestä oli alle 0.3 % kaikissa muissa ohjaustavoissa paitsi kiinteän kiertoajan ohjauksessa E5, jossa sitä tapahtui suhteellisesti neljä kertaa enemmän (>1 %) kuin muissa ohjaustavoissa.

Taulukko 9. Punaista päin ajavien osuus pääsuunnalla B

Ohjaustapa	Hyvän (HY) tai huonon (HU) kelin osuus mittaustunneista (%)	Punaista päin ajavien autojen		
		absoluuttinen määrä (ajon)	% - osuus pääsuunnan B liikenteestä	määrä yhtä vihreän lovetusta kohti
E1 (HY)	60	12	0.16	0.006
(HU)	40	43*	0.60*	0.033*
E2 (HY)	82	10	0.18	0.008
(HU)	18	4	0.08	0.008
E3 (HY)	76	1	0.02	0.001
(HU)	24	4	0.24	0.010
E4 (HY)	90	30	0.25	0.010
(HU)	10	3	0.19	0.010
E5 (HY)	49	24	1.01	0.040
(HU)	51	31	1.47	0.058

(HY) = hyvän kelin keskiarvo

(HU) = huonon kelin keskiarvo

* = vika "mittausilmaisimessa" tai toimintahäiriö valoissa

Maastomittausten aikana oli muutamana päivänä liukas keli ja lumisateen takia huono näkyvyys. Taulukossa 9 onkin esitetty punaista päin ajavien osuudet hyvän ja huonon sään osalta erikseen. Voisi nimittäin olettaa, että liukkaalla kelillä ajettaisiin herkästi 1-2 sekuntia päin punaista, koska jarrutusmatkan pidennettyä kuljettajat "pelkäävät" sitä mahdollisuutta, että jarrutettaessa ajoneuvoa ei saada-kaan pysähtymään ennen pysäytysviivaa vaan auto liukuukin sen yli ja pysähtyy vasta keskelle liittymää.

Taulukon 9 arvoja tarkasteltaessa (sarake ajon/vihreän lopetus) näyttäisi siltä, ettei liukkaalla kelillä ainakaan tutkimuksessa liittymässä olisi punaista päin ajamista lisäävää vaikutusta, vaikka ohjaustapojen E1 ja E3 yhteydessä onkin huonolla kelillä tapahtunut suhteellisesti enemmän punaista päin ajamista kuin kuivalla kelillä. Ohjaustavan E3 aikana tapahtui punaista päin ajamista kuitenkin niin vähän (yhteensä 5 tapausta koko mittausjaksossa), ettei havainnoista voi tehdä luotettavia päätelmiä. Ohjaustavalla E1 saatu suuri punaista päin ajavien määrä huonolla kelillä on todennäköisesti seurausta joko viasta punaista päin ajavien laskemiseen käytetyssä ilmaisimessa tai tilapäisistä häiriöistä valojen toiminnassa yleensä.

Koska huonon kelin osuus kunkin ohjaustavan mittaustunneista oli ohjaustapoja E1 ja E5 lukuunottamatta pieni ja koska myös punaista päin ajavien absoluuttinen määrä yleensäkin oli pieni, ei luotettavien johtopäätösten tekeminen sään vaikutuksesta punaista päin ajamiseen ole tutkimuksessa saadun havaintoaineiston perusteella mahdollista.

4.3 Yhteenkytkentä

4.31 Yleistä

Yhteenkytkennässä tutkittiin neljän eri ohjaustavan (ks. luku 2.3) avulla pääsuunnan vihreän lopetustavan vaikutusta lähinnä vaarallisella alueella olevien ja punaista päin ajavien määrään. Liittymässä on käytössä yhteenkytkentäohjelmat 75 sekunnin ja 90 sekunnin kiertoajoille, joista 75 sekunnin ohjelma on käytössä yleensä aamuruuhkassa (6.30-8.30) ja 90 sekunnin ohjelma vastaavasti iltaruuhkassa (15.00-17.00).

Yhteenkytkennän päälläolo määräytyi keskusohjauspulssin mukaan ja ohjelmat olivat päällä seuraavasti:

	75 sek:n ohjelmat	90 sek:n ohjelmat
Y1:	6.5 tuntia	8 tuntia
Y2:	3.5 tuntia	6 tuntia
Y3:	2.0 tuntia	5.5 tuntia
Y4:	4 tuntia	4 tuntia

4.32 Tutkittujen lopetusvaihtoehtojen erot

Taulukosta 10 ilmenevät vihreän eri lopetusvaihtoehtoilla saavutetut tulokset 75 sek kiertoaajalla. Siinä on esitetty pysähtymään joutuvien, vaarallisella alueella olevien ja päin punaista ajavien osuudet vastaavalla tavalla kuin edellä erillishjauksenkin yhteydessä. Lisäksi vaarallisella alueella olevista ja punaista päin ajavista on esitetty absoluuttiset määrät, koska absoluuttisen määrän ollessa pieni (punaista päin ajavat) ei suhteellisen osuuden avulla suoritettu eri vaihtoehtojen vertailu anna todellista kuvaa niiden eroista. Yhden yksikönkin ero saattaa suhteellisesti ilmaistuna merkitä 50 %:n eroa.

Taulukko 10. Yhteenkytkentävaihtoehtojen erot 75 sekunnin kiertoaajalla

Ohjaustapa	Vihän. liikennemäärä (ajon/h)	Pysähtymään joutuvien osuus tulos. liikenteestä (%)	Vaarallisella alueella olevat ajoneuvot			Päin punaista ajavat ajoneuvot		
			abs. määrä	%-osuus	ajon/c	abs. määrä	%-osuus	ajon/c
Y1 A	441	37.5	133	3.6	0.43	-	-	-
	826	47.7	154	4.8	0.50	8	0.51	0.03
Y2 A	498	39.8	75	3.2	0.44	-	-	-
	799	52.9	44	3.4	0.26	2	0.14	0.01
Y3 A	471	55.7	94	6.7	0.98	-	-	-
	757	45.1	36	6.0	0.38	1	0.18	0.01
Y4 A	455	39.0	142	6.1	0.74	-	-	-
	700	50.8	74	6.5	0.39	11	0.96	0.06

A = pääsuunta A, B = pääsuunta B, ajon/c = ajon/kierto
 Ohjaustapa Y1: Pääsuuntien vihreät pidentävät toisiaan (vain 75 sek kiertoaajalla)
 Ohjaustapa Y2: Pääsuuntien vihreät eivät pidennä toisiaan
 Ohjaustapa Y3: Pääsuunnan vihreillä kiinteät lopetushetket - aloitushetki määrätty sivusuunnan pidennyksistä
 Ohjaustapa Y4: Täysin kiinteästi ajoitettu yhteenkytkentä

Pääsuunnan A pysähtymään joutuvien osuuden pienuus verrattuna suuntaan B johtuu siitä, että se esiintyy kahdessa vaiheessa, jolloin se saa aina suhteellisesti enemmän vihreää kuin suunta B.

Taulukossa 11 ovat vastaavasti lopetusvaihtoehtojen erot 90 sekunnin kiertoaajalla. Tällä kiertoaajalla ohjaustavat Y1 ja Y2 toimivat samalla tavalla (pääsuunnat eivät pidennä toisiaan), joten ne on taulukossa käsitelty yhtenä ohjaustapana.

Taulukko 11. Yhteenkytkentävaihtoehtojen erot 90 sek:n kiertoajalla

Ohjaustapa	Viham. liikennemäärä (ajon/h)	Pysähtymään joutuvien osuus tulos. liikenteestä (%)	Vaarallisella alueella olevat ajoneuvot			Päin punaista ajavat ajoneuvot			
			abs. määrä	%-osuus	ajon/c	abs. määrä	%-osuus	ajon/c	
Y1, Y2	A	368	28.0	186	2.6	0.53	-	-	-
	B	986	39.8	222	2.7	0.40	15	0.18	0.02
Y3	A	548	27.0	136	5.3	0.62	-	-	-
	B	990	37.6	167	5.4	0.76	11	0.34	0.05
Y4	A	354	31.6	98	5.4	0.62	-	-	-
	B	959	37.8	99	4.4	0.62	11	0.49	0.07

A = pääsuunta A, B = pääsuunta B
ajon/c = ajon/kierto

Ohjaustavat Y1 ja Y2: Pääsuunnilla vaarallisen alueen tyhjennys ja ne eivät pidennä toisiaan

Ohjaustapa Y3: Pääsuunnan vihreillä kiinteät lopetushetket - aloitushetki määräytyy sivusuunnan pidennyksistä

Ohjaustapa Y4: Täysin kiinteästi ajoitettu yhteenkytkentä

Pääsuunnan liikennemäärä vaihteli 15 min jaksoissa välillä 700-1300 ajon/h. Pääsuunnille vihamielisen liikennemäärän keskiarvo vaihteli hyvin vähän mittauksesta toiseen. Vihamielinen liikennemäärä vaikuttaa ohjaustavoissa Y1, Y2 ja Y3 siihen, kuinka paljon pääsuunnan aloitus alkaa viimeistä mahdollista aloitushetkeä aikaisemmin. Liikennemäärien keskiarvot ja vaihtelualueet olivat eri ohjaustavoissa riittävällä tarkkuudella toisiaan vastaavat, joten saadut keskiarvotulokset ovat keskenään vertailukelpoisia.

Erot pysähtymään joutuvien osuuksissa tutkittujen ohjaustapojen välillä ovat niin pieniä, että liikenteen ja yhteenkytkennän sujuvuuden kannalta tutkittuja vaihtoehtoja voidaan pitää keskenään samantasoisina. Sen sijaan liikenteen turvallisuuden kannalta on vihreän lopetustavalla suuri merkitys. Pääsuunnan vihreän liikennetieto-ohjatun lopetuksen (so. vaarallisen alueen tyhjennys) käyttö on saatujen tulosten mukaan selvästi kiinteää vihreän lopetusta turvallisempaa.

5. MITTAUSTULOSTEN TULKINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Sujuvuus- ja turvallisuusnäkökohdat, joihin johtopäätökset perustuvat

Liikenteen sujuvuutta on arvioitu seuraavien kullekin tutkitulle erillisohjausratkaisulle laskettujen ominaisuuksien avulla:

K e s k i m ä ä r ä i n e n v i i v y t y s

Viivytysten minimointiin pitäisi pyrkiä erityisesti pääsuunnalla. Sivusuuntakin pitää kuitenkin huomioida etenkin, jos sivusuunnan osuus liittymän kokonaisliikenteestä on suuri, mikä olikin tilanne tutkimusliittymässä.

S i v u s u u n n a n "y l i p i t k i e n" v i i v y t y s t e n o s u u s

Sivusuunnan liikennemäärä tutkimusliittymässä oli suhteellisen suuri pääsuuntaan verrattuna (n. 30-40 %), joten ohjaustapojen vertailussa on tarkasteltava myös sivusuunnan sujuvuutta. Ylipitkiksi viivytyksiksi luokiteltiin yli 45 sekunnin viivytykset (noin kaksi kertaa sivusuunnan keskimääräinen viivytykset).

P y s ä h t y m ä ä n j o u t u v i e n o s u u s

Tarkoittaa niitä ajoneuvoja, jotka "kohtaavat" keltaisen tai punaisen opastinkuvan ollessaan 55 m etäisyydellä pysäytysviivasta. Ruotsissa tehdyissä LHOVRA-tutkimuksissa käytetty vihreän kohtaavien autojen osuus (grönmötare) on siis 100 % - tulosuunnan pysähtymään joutuvien osuus. Vaikka statuslaskennan avulla laskettu osuus ei täysin vastaa kaan pysähtymään joutuvien osuutta, on erilaisten ohjaustapojen vertailu ruotsalaisten selvitysten mukaan mahdollista. Mitä pienempi on pysähtymään joutuvien osuutta kuvaava arvo sitä useampi ajoneuvo läpäisee liittymän tekevästä pysähdystä tai alentamatta nopeuttaan kovinkaan paljon.

V i i v y t y k s e t t ä l i i t t y m ä n l ä p ä i s s e i d e n o s u u s p ä ä s u u n n a l l a

Pääsuunnan sujuvuuserojen selvittämiseksi on pysähtymään joutuvien osuuden lisäksi määritetty videonauhoilta ilman viivytyksiä liittymän läpäisseiden Tampereen suunnasta tulevan pääsuunnan ajoneuvojen osuus. Nopeilla väylillä viivytyksettä liittymän läpäisevien osuuden lisääminen on tärkeää, koska jarrutus ja pysähdys suuresta nopeudesta ja kiihdyttäminen takaisin samaan nopeuteen koetaan erittäin kiusallisena ja lisäksi siitä on seurauksena ylimääräistä energianhukkaa.

Valo-ohjauksen turvallisuutta voidaan arvioida teoreettisesti (onnettomuusriskin pienentymisen arvioiminen) seuraavien kahden tekijän perusteella:

V a a r a l l i s e l l a a l u e e l l a v i h r e ä n p ä ä t t y e s s ä o l e v i e n a j o n e u v o j e n o s u u s

Vihreän päättyessä vaarallisella alueella olevilla autoilla on normaalia suurempi todennäköisyys joutua peräänajo-onnettomuuteen, varsinkin silloin, kun vihreä katkeaa ajoneuvojonon lähestyessä liittymää. Vaarallisella alueella tarkoitetaan sitä pääsuunnan aluetta, jolla vihreän päättyessä olevan kuljettajan on normaalia vaikeampaa tehdä päätöstä, "jatkanko liittymän läpi keltaisella vai pysähdynkö". Tilanne on erityisen vaarallinen silloin, kun peräkkäisten ajoneuvojen kuljettajat tekevät vastakkaiset ratkaisut eli edellä ajava on päättänyt pysähtyä liittymään mutta jälkimmäinen aikookin jatkaa liittymän läpi.

P u n a i s t a p ä i n a j a v i e n o s u u s p ä ä s u u n n a l l a B

Minimointi tärkeää, koska suurten nopeuksien takia onnettomuuksien seuraukset ovat yleensä vakavia.

5.2 Erillisohtaus

5.21 Tutkittujen ohjausratkaisujen vaikutukset valo-ohjauksen sujuvuuteen ja turvallisuuteen

Taulukkoon 12 on koottu tutkittujen erillisohtausratkaisujen tärkeimmät liikenteen sujuvuuteen ja turvallisuuteen vaikuttavat ominaisuudet.

Seuraavissa kappaleissa on tarkasteltu tutkittujen ohjausratkaisujen (E1...E5) keskinäisiä sujuvuus- ja turvallisuuseroja. Kunkin ohjausratkaisun yhteydessä on myös lyhyesti selostettu siinä käytettyjen ohjaus- ja pidennystoimintojen pääperiaatteet. Lähtökohdaksi on otettu kiinteä aikaohjaus (E5) ja lähinnä taulukossa 12 esitettyihin lukuarvoihin perustuen on tarkasteltu, miten ilmaisimien ja tutkituissa ohjausratkaisuissa käytettyjen pääsuunnan ohjaustoimintojen lisääminen vaikuttaa liikenteen sujuvuuteen ja turvallisuuteen 70 km/h nopeusrajoitusalueella sijaitsevilla liikennevaloissa.

Muutos kiinteästä aikaohjauksesta (E5) vaarallisen alueen tyhjentämiseen (E4):

Kiinteän kiertoajan aikaohjaus muutetaan ohjaustavaksi E4 lisäämällä kaikille tulosuunnille tarvittavat ilmaisimet.

Taulukko 12. Ilmaisimien ja pidennystoimintojen lisäämisen vaikutus liikenteen sujuvuuteen ja turvallisuuteen

	E5: Kiinteä aikaohjaus	E4: Pelkkä vaarallisen alueen tyhjennys	E3: Pidennys ja lepotilan esto 190 metristä	E2: Jonopiden-nykset välillä 120-260/330 m	E1: Kuten E2 + pääsuunnan kaksi-vaiheinen lopetus
Kauimmaisin ilmainen	-	120 m	190 m	260/330 m	260/330 m
Keskimääräinen kiertoaika	65 sek	62 sek	77 sek	71 sek	64 sek
SUJUUVUUS					
Keskimääräinen viivytys					
- pääsuunnalla	21.4 sek	16.6 sek	10.5 sek	10.2 sek	10.3 sek
- sivusuunnalla	21.7 sek	14.0 sek	27.0 sek	24.2 sek	18.3 sek
Yli 45 sek viivytysten osuus sivusuunnalla	9 %	2 %	22 %	17 %	8 %
Viivytyksettä liittymän läpäisevien osuus					
- pääsuunnalla	19 %	17 %	38 %	48 %	49 %
- sivusuunnalla	18 %	15 %	14 %	17 %	17 %
Pysähtymään joutuvien osuus					
- pääsuunnalla	50 %	36 %	29 %	26 %	31 %
- sivusuunnalla	60 %	67 %	70 %	68 %	66 %
TURVALLISUUS					
Vaarallisella alueella olevien osuus pääsuunnalla	6.6 %	1.9 %	0.6 %	1.5 %	1.8 %
Niiden kiertojen osuus, joissa vaarallinen alue oli tyhjä	67 %	90 %	96 %	91 %	91 %
Punaista päin ajavien osuus pääsuunnalla	1.0 %	0.25 %	0.02 %	0.18 %	0.16 %

Kauimmaisten ilmaisimien etäisyydet pysäytysviivasta ovat:

- pääsuunnilla 120 m
- sivusuunnalla 35 m

Pääsuunnalla käytetään kahta pidennystoimintoa:

- 1) Pysähtyneen jonon purku pysäytysviivailmaisimilla.
- 2) Vaarallisen alueen tyhjennys 55 m ja 120 m etäisyydellä liittymästä olevilla ilmaisimilla. Vihreää pidennetään, jos välillä 55-120 m liittymästä on yksikin auto.

Näiden toimintojen käytöllä saavutetaan seuraavat hyödyt kiinteään aikaohjaukseen verrattuna:

- pääsuunnan viivytykset (sek/ajon) pienenevät 22 % ja sivusuunnan vastaavasti 35 %
- pääsuunnan pysähtymään joutuvien osuus pienenee 28 %
- vaarallisella alueella on vihreän päättyessä 70 % vähemmän autoja kuin kiinteällä aikaohjauksella
- punaista päin ajaminen vähenee 75 %

Vaarallisen alueen tyhjennyksellä varmistetaan ennen kaikkea pääsuunnan vihreän turvallinen lopetus. Tästä johtuen voidaan ohjaustavassa E4 käytetyt ohjaustoiminnot käsittää minimivaatimuksiksi korkealuokkaisten väylien liikennevaloissa. Myös pääsuunnan sujuvuus paranee mutta esimerkiksi viivytyksettä liittymän läpäisevien osuuden (17 %) lisääminen edellyttää lisäilmaisimia etäämmälle pysäytysviivasta. Kiinteän kiertoajan ohjauksessa ja ohjaustavassa E4 ovat pää- ja sivusuunta keskenään suunnilleen samantoimisia.

Muutos ohjaustavasta E4 pääsuuntaa suosivaan ohjaustapaan E3:

Pääsuunnan sujuvuuden parantamiseksi tarvitaan tietoa lähestyvistä autoista kauempaa kuin 120 m:n etäisyydeltä liittymästä. Ohjaustavassa E3 on lisätty molemmille pääsuunnille yksi ilmaisimien 190 m:n etäisyydelle pysäytysviivasta.

Ohjaustavan E4 pidennystoimintojen lisäksi pääsuunnalla käytetään kahta lisätoimintoa:

- 1) Pääsuunnan vaiheen alussa, kuitenkin enintään 40 sek vihamielisen pyynnöstä, vihreää pidennetään jos yksikin ajoneuvo on lähempänä kuin 190 m liittymästä. Jos tämä 40 sek aika ylittyy lopetetaan vihreät sitten, kun molempien suuntien vaaralliset alueet ovat samanaikaisesti tyhjä.

- 2) Lepotilan estotoiminto, joka pääsuunnalle vihamielisten pyyntöjen puuttuessa estää pääsuuntaa siirtymästä kaikille punaiseen lepotilaan, jos lähempänä kuin 190 metriä liittymästä on yksikin auto

Näillä lisä- tai erikoistoiminnoilla saavutetaan tämän tutkimuksen mukaan seuraavat hyödyt ja haitat kiinteään aikaohjaukseen ja ohjaustapaan E4 verrattuna:

hyödyt

- pääsuunnan viivytykset pienenevät 50 % kiinteään ohjaukseen verrattuna ja 35 % ohjaustapaan E4 nähden
- viivytyksettä liittymän läpäisevien osuus pääsuunnalla kaksinkertaistuu (17 % → 38 %)
- pääsuunnan pysähtymään joutuvien osuus pienenee 20 %
- vaarallisella alueella vihreän päättyessä olevien autojen määrä pienenee alle kymmenesosaan kiinteään ohjauksen (E5) arvosta (6.6 % → 0.6 %) ja viidesosaan ohjaustavan E4 arvosta (1.9 % → 0.6 %)
- punaista päin ajaminen saadaan estettyä melkein kokonaan

haitat

- lähinnä kiertoajan pitenemisen myötä sivusuunnan viivytysten pituus kaksinkertaistuu ohjaustapaan E4 nähden
- pitkien (yli 45 sek) viivytysten osuus sivusuunnalla kymmenkertaistuu ohjaustapaan E4 ja kaksinkertaistuu kiinteään aikaohjaukseen nähden

Ohjaustavan E3 pidennystoiminnoilla saadaan vihreän lopetus erittäin turvalliseksi ja lisäksi pääsuunnan sujuvuus paranee tuntuvasti verrattuna ohjaustapaan E4, jossa kauimmaisinkin ilmaisoin oli 120 metrin etäisyydellä liittymästä. Sivusuunnan sujuvuus sitävastoin muodostui muita tutkittuja ohjaustapoja selvästi huonommaksi.

Siirtyminen ohjaustavasta E3 "jonopidennysohjaustapaan" E2

Jonopidennysten avulla halutaan vihreän aikana liittymää lähestyvä jono viedä sujuvasti liittymän läpi. Toiminnon toteuttamiseksi on lisätty vielä 1-2 ilmaisinta/tulosuunta 260-330 metrin etäisyydelle liittymästä.

Ohjaustavan E4 yhteydessä selostettujen toimintojen lisäksi käytetään seuraavia pääsuunnan vihreän pidennystoimintoja:

- 1) Ohjaustavassa E3 käytetty pidennys yhdellekin autolle välillä 120-190 m korvataan jonopidennyksellä välillä 120-260/330 m. Nämä ilmaisimet pidentävät vihamielisen pyynnön ollessa voimassa pääsuunnan vihreää, kun vähintään 2-3 autoa on lähestymässä liittymää etäisyydellä, jolla vihamielisen käynnistyessä olevat autot joutuvat aina pysähtymään liittymään. Jos vihreää

pidennetään yli 40 sekuntia vihamielisen pyynnöstä, niin tällöin pääsuunnan vihreät lopetetaan molempien suuntien vaarallisten alueiden tyhjentyessä.

- 2) Liian lyhyen lepotilan estosta huolehtii 260 metrin etäisyydellä pysäytysviivasta oleva ilmaisain vastavalla tavalla kuin ohjaustavassa E3.

Pääsuunnan jonopidennysten käytöllä havaittiin olevan seuraavia hyötyjä ja haittoja jo edellä selostettuihin ohjaustapoihin E5, E4 ja E3 verrattuna:

hyödyt

- pääsuunnan ajoneuvon keskimääräinen viivytys 10.2 sek ja pysähtymään joutuvien osuus 26 % ovat muilla ohjaustavoilla saatuja arvoja pienempiä
- sivusuunnan keskimääräinen viivytys pienenee ohjaustapaan E3 verrattuna 10 %
- viivytyksettä liittymän läpäisevien osuus pääsuunnalla
 - lisääntyy 25 % ohjaustapaan E3 verrattuna
 - lähes kolminkertaistuu kiinteään aikaohjaukseen ja ohjaustapaan E4 verrattuna (17 % → 48 %)
- turvallisuuden kannalta ohjaustapa E2 on myös selvästi kiinteää aikaohjausta ja ohjaustapaa E4 parempi

haitat

- vaarallisella alueella olevien osuus kasvaa nelinkertaiseksi (0.4 % → 1.7 %) ohjaustapaan E3 verrattuna
- punaista päin ajamista esiintyy selvästi useammin kuin ohjaustavassa E3 (0.02 % → 0.18 %)
- sivusuunnan viivytykset (24.2 sek/ajon) ovat lähes kaksinkertaisia ohjaustavan E4 (14.0 sek/ajon) viivytyksiin nähden

Pääsuunnan sujuvuus ja turvallisuus, jotka ovat nopeilla ja korkealuokkaisilla väylillä sijaitsevilla liikennevaloliittymissä ensisijainen tavoite, on saavutettu ainakin tutkimusliittymässä edellä läpikäytyjen ohjaustapojen E3 ja E2 ohjaustoiminnoilla. Näissä ohjaustavoissa sivusuunnan viivytykset olivat kuitenkin noin kaksinkertaiset verrattuna esim. pelkkää vaarallisen alueen tyhjennystä käyttävään ohjaustapaan E4. Tämä sivusuunnan viivytysten piteneminen ohjaustavoissa E2 ja E3 aiheutuu pääsuunnan vihreän "venymisestä", koska pääsuunnan lopettaminen niissä ohjaustavoissa edellyttää molempien pääsuuntien kaikkien ilmaisimien pidennysten samanaikaista päättymistä. Ohjaustavassa E1 tutkittiin, olisiko pääsuunnan vihreän kaksivaiheisesta lopetuksesta hyötyä vihreän liiallisen pidentymisen estämisessä.

Pääsuunnan kaksivaiheisen lopetuksen sisältävän ohjaustavan E1 hyödyt ja haitat

Ohjaustapa E1 sisältää samat pidennystoiminnot kuin ohjaustapa E2 lukuunottamatta pääsuuntaa lopettavia apuryhmiä, joiden avulla on ohjaustavassa E1 toteutettu pääsuunnan vihreän kaksivaiheinen lopetus. Käytettäessä pääsuunnan vihreiden kaksivaiheista lopetusta (ks. myös luku 2.1) voidaan ensiksi tyhjentyneen tulosuunnan vihreä lopettaa, vaikka vastakkaisen suunnan vihreää vielä pidennettäisiinkin lähimpänä liittymää olevilla ns. vaarallisen alueen ilmaisimilla (55 m ja 120 m pysäytysviivasta). Jos toisen pääsuunnan vihreä on jo lopetettu, ei vihreäksi jäänyttä pääsuuntaa ja sitä ohjaavaa ryhmää enää pidennetä muilla kuin vaarallisen alueen tyhjennyksestä vastaavilla ilmaisimilla. Tämän jälkeen vihreä lopetetaan heti, kun tulosuunnan vaarallinen alue on tyhjä ajoneuvoista.

Ohjaustavan E1 käytöllä saavutettiin mm. seuraavat hyödyt ja haitat muihin ohjaustapoihin verrattuna:

hyödyt

- pääsuunnan viivytykset ovat
 - yhtä pieniä kuin muissakin pääsuuntaa suosivissa ohjaustavoissa E2 ja E3
 - n. 50 % pienempiä kuin kiinteässä aikaohjauksessa E5
 - n. 40 % pienempiä kuin pelkän vaarallisen alueen tyhjennyksen sisältävässä ohjaustavassa E4
- viivytyksettä liittymän läpäisseiden osuus pääsuunnalla (49 %) on
 - melkein kolminkertainen (17 % → 45 %) verrattuna yksinkertaisempiin ohjaustapoihin E5 ja E4
 - 30 % suurempi kuin ohjaustavassa E3
- sivusuunnan viivytykset (18 sek/ajon) ovat selvästi pienempiä kuin muissa pääsuuntaa suosivissa ohjaustavoissa E2 (24 sek/ajon) ja E3 (27 sek/ajon)
- liikenneturvallisuus on myös selvästi parempi kuin kiinteässä aikaohjauksessa E5 ja pelkän vaarallisen alueen tyhjennyksen sisältävässä ohjaustavassa E4, sillä
 - vaarallisella alueella olevia havaittiin n. 60 % vähemmän kuin ohjaustavassa E5 ja n. 10 % vähemmän kuin ohjaustavassa E4
 - punaista päin ajavia havaittiin 85 % vähemmän kuin kiinteässä aikaohjauksessa ja n. 40 % vähemmän kuin ohjaustavassa E4

haitat

- pysähtymään joutuvien osuus on n. 20 % suurempi kuin ohjaustavassa E2, jossa ei käytetä pääsuunnan vihreän kaksivaiheista lopetusta
- vaarallisella alueella olevia (1.8 %) on noin 3 kertaa enemmän ja punaista päin ajavia (0.16 %) noin 8 kertaa enemmän kuin pääsuuntaa suosivissa ohjaustavassa E3

Pääsuunnan vihreän kaksivaiheisen lopetuksen käyttö näyttää parantavan sivusuunnan sujuvuutta kuitenkin pääsuunnan sujuvuutta ja turvallisuutta heikentämättä. Pääsuunnan sujuvuus ei kärsi ryhmien eriaikaisesta lopettamisesta, koska vihreät päättyvät tutkimusliittymän liikennemäärillä yleensä muutaman sekunnin välein, joten aikaisemmin lopettettavan pääsuunnan punainen aika ei oleellisesti lisääny. Ainoastaan pysähtymään joutuvien osuus lisääntyi 18 % verrattuna ohjaustapaan E2, jossa pääsuunnan kaksivaiheista lopetusta ei käytetty. Kuitenkin pääsuunnan keskimääräinen viivytys ja viivytyksettä liittymän läpäisevien osuus pysyi samana käytettiin kaksivaiheista lopetusta tai ei. Vihreän kaksivaiheisen lopetuksen sisältävä ohjaustapa E1 toteutti selvästi lyhyempää kiertoaikaa kuin ohjaustavat E2 ja E3. Kiertoaajan lyheneminen pienentää ennen kaikkea sivusuunnan keskimääräistä viivytystä sekä vähentää sivusuunnan "ylipitkien" viivytysten osuutta.

5.22 Vertailu ruotsalaisiin tutkimuksiin

Ruotsissa on tutkittu siellä kehitettyjen ja laajaan käyttöön otettujen LHOVRA-ohjaustoimintojen vaikutuksia pääsuunnan sujuvuuteen ja turvallisuuteen, arvoituna tässäkin tutkimuksessa käytetyillä ominaisuuksilla. Ruotsissa on pysähtymään joutuvien osuuden sijasta käytetty vihreän kohtaavien osuutta, joka on 100 % - pysähtymään joutuvien osuus. Taulukossa 13 on vertailtu tutkittujen ohjaustapojen pääsuunnan vihreän kohtaavien (ruots. grönmötare) autojen, vaarallisella alueella keltaisen (Ruotsissa keltavihreän) kohtaavien (gulkörning) autojen ja päin punaista ajaneiden (rödkörning) ajoneuvojen osuuksia vastaaviin LHOVRA-liittymistä saatuihin tuloksiin.

Taulukko 11. Tutkittujen ohjaustapojen vertailu Ruotsissa käytössä olevaan LHOVRA-ohjaustapaan.

	E1	E2	E3	E4	LHOVRA
Vihreän kohtaavien osuus pääsuunnalla (%)	69	74	71	64	65
Vaarallisella alueella keltaisen kohtaavat (%)	1.8	1.5	0.6	1.9	1.0
Punaista päin ajavien osuus pääsuunnalla (%)	0.2	0.2	0.02	0.3	1.0

Tutkimusliittymässä on jo ohjaustavan E4 pidennystoiminnoilla (pysähtyneiden jonojen purku ja vaarallisen alueen tyhjennys) saavutettu yhtä hyvä pääsuunnan sujuvuus kuin

ruotsalaisissa LHOVRA-liittymissä keskimäärin. Pääsuuntaa vihreän alussa voimakkaasti suosivien pidennystoimintojen käyttö (esim. jonopidennykset ohjaustavoissa E1 ja E2 sekä pidennys 190 m:stä ohjaustavassa E3) näyttää selvästi lisäävän vihreän kohtaavien osuutta LHOVRA:an verrattuna. Täysin luotettavan vertailun tekeminen vaatisi esim. oleelliset LHOVRA-toiminnot sisältävän ohjaustavan simuloinnin tutkimusliittymässä. Verrattaessa ohjaustavalla E4, joka tutkituista ohjaustavoista on toiminnoiltaan lähimpinä LHOVRA-tekniikkaa, saatua vaarallisella alueella olevien osuutta vastaavaan LHOVRA-liittymistä laskettuun keskiarvoon on suhteellinen ero (1.9 % - 1.0 %) noin 50 % LHOVRA:n eduksi.

Vaarallisen alueen tyhjennyksen tehokkuus riippuu siitä, onko vaarallisen alueen takarajan määräävä ilmaisain riittävän kaukana pysäytysviivasta. LHOVRA-liittymissä kyseinen ilmaisain sijaitsee, väylän nopeusrajoituksen ollessa 70 km/h, 140 metrin etäisyydellä pysäytysviivasta. Ilmaisain pitää sijoittaa niin kauas, että riittävällä varmuudella kaikki ko. ilmaisimen takana keltaisen syttyessä olevien ajoneuvojen kuljettajat kokevat pysähtymispäätöksen tekemisen helpoksi. Etäisyys pysäytysviivasta määräytyy lähinnä väylän nopeusrajoituksen mukaan. Lielahdenkadun liittymässä kyseinen ilmaisain on 120 m etäisyydellä pysäytysviivasta, mikä on valtatie 3 tasoiselle väylälle ilmeisesti liian vähän. Tällöin osa kuljettajista päättääkin ajaa liittymän läpi, vaikka onkin kauempana kuin 120 metriä liittymästä, kun keltainen syttyy. Ruotsalaiset ovat tutkimustensa perusteella suositelleet käytettäväksi seuraavia etäisyyksiä:

- 50 km/h alueella 100 metriä,
- 60 km/h alueella 120 metriä,
- 70 km/h alueella 140 metriä.

Tutkituista ohjaustavoista tehokkain vaarallisen alueen tyhjennys on ohjaustavassa E3, jossa pääsuunnan vihreää pidennetään, jos 190 metriä lähempänä liittymää on yksikin ajoneuvo, kuitenkin enintään 40 sekunnin ajan ensimmäisestä vihamielisen pyynnöstä. Ohjaustavan E3 selvä paremmuus kyseisen ominaisuuden suhteen muihin ohjaustapoihin verrattuna on osaksi seurausta siitä, että pääsuunnan kuormitusaste on erillisohjauksen päälläoloaikana kuitenkin niin alhainen, että vihreän lopetukseen vaadittava aikaväli pääsuunnan liikennevirrassa löytyy yleensä ennenkuin 40 sek on kulunut vihamielisen pyynnöstä. Tällainen tilanne merkitsee ohjaustavassa E3 sitä, ettei vihreän lopetushetkellä ole yhtään ajoneuvoa 190 metriä lähempänä liittymää.

Ohjaustavoissa E1 ja E2 käytetyllä jonopidennysmenetelmällä on lisäksi lievä taipumus "kerätä" autoja välille 120-190 metriä liittymästä. Syynä tähän ovat 1-2 auton jonon, välillä 120-260/330 metriä liittymästä, aikaansaamat ns. "vajaat" jonopidennykset, joilla kyseiset autot eivät ehdi kukaan enää 190 m:n ilmaisimelta 120 m:n ilmaisimelle, vaan vihreä saattaa katketa juuri autojen saapuessa vaaralliselle alueelle.

5.3 Vihreän liikennetieto-ohjatun lopetustavan käytön vaikutukset yhteenkytkennässä

Yhteenkytketyssä liittymässä, johon edellisestä liittymästä tulevat pääsuunnan ajoneuvot lähestyvät yleensä melko tiiviinä jonona, on peräänajoihin mahdollisesti johtavien vaaratilanteiden ehkäisemiseksi tärkeää, että pääsuunnan vihreille etsitään mahdollisimman turvallinen lopetushetki. Vihreä ei saisi katketa esim. silloin, kun liittymää lähestyvä jono on enää 50-100 m etäisyydellä pysäytysviivasta. Toisaalta vihreän turha pitkittäminen ei ole järkevää, mikäli pääsuunnalta on loppunut liikenne, sillä siitä aiheutuu vain lisäviivytyksiä sivusuunnalle. Kuitenkin vielä nykyäänkin on suuri osa yhteenkytketyistä liikennevaloista kiinteästi ajoitettuja, tai jos ilmaisimia on, ne ovat yleensä niin lähellä liittymää, ettei niistä vihreän turvallisen lopetuksen kannalta ole sanottavaa hyötyä.

Pääsuunnan vihreän hallittu lopetus saadaan aikaan jättämällä vihreän loppuun ns. pidennysosa, jonka aikana vihreää pidennetään, mikäli tiettyä etäisyyttä (esim. nopeusrajoitusalueella 70 km/h turvallinen etäisyys on noin 140 m) lähempänä liittymää on ajoneuvoja. Tutkimuksessa on vertailtu kiinteän ja liikennetieto-ohjatun pääsuunnan lopetuksen lisäksi myös kahden erilaisen liikennetieto-ohjatun lopetuksen eroja lähinnä turvallisuuden suhteen. Nämä kaksi vihreän lopetusvaihtoehtoa ovat seuraavat:

- Y1) Pääsuunnan vihreät pidentävät toisiaan, mikä tarkoittaa sitä, että pääsuunnan vaihe lopetetaan vasta, kun molempien suuntien vaaralliset alueet (väli 20-120 m liittymästä) ovat tyhjä.
- Y2) Pääsuunnan vihreät eivät pidennä toisiaan, jolloin toinen vihreä voidaan lopettaa heti, kun sen vaarallinen alue on tyhjä, vaikka toisella suunnalla olisikin vielä pidennyksiä. Vihreäksi jäänyt suunta lopetetaan, kun sen vaarallinen alue on tyhjä.

Lopetustapaa Y2 tutkittiin vain 75 sekunnin yhteenkytkentäohjelmassa, koska 90 sekunnin ohjelman vaihejärjestyksellä pääsuunnat eivät pystyneet pidentämään toisiaan. Sen sijaan kiinteän ja liikennetieto-ohjatun pääsuunnan lopetuksen eroja pystyttiin tutkimaan molemmilla kiertoajoilla.

Vihreän lopetustavan turvallisuutta on arvioitu, kuten erillisohjauksenkin yhteydessä, vaarallisella alueella keltaisen syttyessä olevien pääsuunnan ajoneuvojen osuuden sekä punaista päin ajavien osuuden perusteella. Vaarallisella alueella olevaksi on luokiteltu auto, joka ylittää 55 metäisyydellä olevan ilmaisimen pääsuunnan ryhmän keltaisen opastinkuvan (5 sek) aikana eli on siis ollut välillä 55-140 m liittymästä keltaisen syttyessä (ks. myös kuva 3.5).

Maastotutkimuksissa havaittiin seuraavat "turvallisuuserot" eri lopetusvaihtoehtojen välillä:

	Keltaisen syttyessä vaarallisella alueella olevien (peräänajo-onnettomuuksiin mahdollisesti joutuvien) osuus pääsuunnalla	
Kiertoaika	75 sek	90 sek
Täysin kiinteästi ajoitettu yhteenkytkentä (Y4)		
Pääsuunnan vihreillä kiinteä lopetushetki (Y3), sivusuunnalla vihreän pidennysilmaisimet käytössä	<pre> graph TD A[6.5 %] -- -8 % --> B[6.0 %] B -- -20 % --> C[4.8 %] C -- -29 % --> D[3.4 %] A -- -48 % --> D </pre>	<pre> graph TD A[4.4 %] -- +23 % --> B[5.4 %] B -- -50 % --> C[2.7 %] A -- -39 % --> C </pre>
Pääsuunnan vihreät pidentävät toisiaan (Y1)		ei tutkittu
Pääsuunnan vihreät eivät pidennä toisiaan (Y2)		

Yllä on tarkasteltu vain toista pääsuuntaa (B) mutta vastasuunnan tulokset ovat samansuuntaisia. Lisäksi taulukosta ilmenevät prosentuaaliset erot "siirryttäessä" lopetusta vasta toiseen.

	Punaista päin ajavien osuus pääsuunnan B liikenteestä	
Kiertoaika	75 sek	90 sek
Täysin kiinteästi ajoitettu yhteenkytkentä (Y4)	(11) 0.96 %	(11) 0.49 %
Pääsuunnan vihreillä kiinteä lopetushetki (Y3)	(1) 0.25 %	(11) 0.34 %
Pääsuunnan vihreät pidentävät toisiaan (Y1)	(8) 0.31 %	-
Pääsuunnan vihreät eivät pidennä toisiaan (Y2)	(2) 0.14 %	(15) 0.18 %

Suluissa on punaista päin ajaneiden absoluuttiset määrät.

Vihreän lopetustavan vaikutuksista liikenneturvallisuuteen ja liikenteen sujuvuuteen voidaan tämän tutkimuksen perusteella tehdä seuraavat johtopäätökset:

- 1) Kun yhteenkytkennässä - pääsuunnan vihreän kiinteän lopetuksen sijasta - "etsitään" oikea ja turvallinen vihreän lopetushetki vaarallisen alueen tyhjennyksellä, niin tällöin vähenee niiden ajoneuvojen, joilla on suurin riski joutua peräänajo-onnettomuuteen, määrä ainakin 25 - 35 %
- 2) Edelleen, jos vastakkaisten pääsuuntien vihreiden lopetuskohdat "haetaan" erikseen (suunnat eivät siis pidennä toisiaan), pienenee vaarallisella alueella keltaisen kohtaavien (riskiryhmä) määrä 40-50 %:lla kiinteään lopetukseen verrattuna ja noin 30 %:lla siitä, mitä se on vastasuuntien vihreiden pidentäessä toisiaan.
- 3) Siirryttäessä käyttämään liikennetieto-ohjattua vihreän lopetusta pienenee punaista päin ajavien osuus alle puoleen siitä, mitä se on kiinteän lopetuksen yhteenkytkennässä.
- 4) Pysähtymään joutuvien osuuksissa (taulukot 10 ja 11 luvussa 4.32) ei havaittu niin suuria eroja, että niiden perusteella voisi jonkun lopetustavan sanoa olevan toista parempi. Paremmuuden onkin tässä tapauksessa ratkaissut lopetustavan turvallisuus.

Tuloksia tarkastellessa saattaa huomio kiinnittyä erityisesti siihen seikkaan, että myös vihreän kiinteän lopetuksen omaavat ohjaustavat Y3 ja Y4 antavat suhteellisen hyviä tuloksia. Tämä johtuu kuitenkin pääasiassa siitä, että näissä tutkimusta varten tehdyissä kiinteästi ajoitetuissa yhteenkytkennöissä oli sujuvat vihreät aallot ja vihreiden pituudet oli määritetty tarkasti liittymän liikennemäärien mukaan.

Selitys siihen, miksi vastasuuntien vihreiden erikseen lopettaminen on turvallisuuden kannalta parempi kuin niiden lopettaminen yhtäaikaan, on se, että jälkimmäisessä tapauksessa pääsuunnan vihreä pidentyy useammin maksimiaikaansa, jolloin vihreä katkeaa, vaikka vaarallisella alueella olisikin ajoneuvoja.

Vihreän maksimiaikaan pidentymistä voidaan hieman vähentää pidentämällä pääsuunnan vihreän pidennysosaa. Tällöin on todennäköisempää, että koje löytää turvallisen lopetuksen edellyttämän aikavälin pääsuunnan liikennevirrassa. Liian pitkän pidennysosan käyttö saattaa kuitenkin aiheuttaa pääsuunnan vihreän tarpeettoman aikaisen lopettamisen, josta saattaa olla seurauksena sekä pää- että sivusuunnan sujuvuuden heikkeneminen.

Myös yhteenkytkennässä voidaan edelleen vähentää vaarallisella alueella keltaisen kohtaavien ajoneuvojen määrää, kuten erillishjauksen käsittelyn yhteydessä jo todettiin, viemällä vaarallisen alueen takarajan määräävä ajoneuvoilmaisin (Lielahdenkadun liittymässä kyseinen ilmaisin on 120 metrin etäisyydellä pysäytysviivasta) vieläkin etäämmälle liittymästä. Näin voitaisiin varmistaa se, että kaikki kyseisen ilmaisimen takana, keltaisen syttyessä, olevien ajoneuvojen kuljettajat tekevät saman päätöksen, "pysähdyn liittymään". Nyt havaittuihin tuloksiin ja Ruotsissa LHOVRA:sta saatuihin kokemuksiin nojautuen voidaan sanoa, että valtatieolosuhteissa olisi 60 km/h nopeusrajoitusalueella sopiva etäisyys n. 110-120 metriä ja vastaavasti 70 km/h alueella 140 metriä.

5.4 Erillishojauksen ja yhteenkytkennän toimivuuden vertailu iltaruuhkassa

Iltaruuhkassa klo 15.00-17.00 on Lielahdenkadun liittymässä käytössä yleensä 90 sek yhteenkytkentäohjelma Y1. Maastomittausten aikana kokeiltiin kuitenkin kahden tunnin ajan myös erillishojauksen E1 toimivuutta iltaruuhkassa.

Yleisiä johtopäätöksiä siitä, kumpi ohjaustavoista - yhteenkytkentä vaiko erillishojaus - on ruuhka-aikana liikenteen sujuvuuden kannalta parempi, ei voida tehdä pelkästään yhtä liittymää tarkastelemalla, vaan tällöin pitäisi tarkastella kaikkia systeemiin kuuluvia liikennevaloliittymiä samanaikaisesti. Erillishojauksen ja yhteenkytkennän väliset turvallisuuserot saadaan kuitenkin selville yhdesäkin liittymässä määritettyjen vaarallisella alueella olevien ja punaista päin ajavien osuuksien avulla.

Vertailu on suoritettu siten, että kunkin 90 sek yhteenkytkentävaihtoehdon (Y1/Y2, Y3, Y4) iltaruuhkamittauksista on valittu yksi kahden tunnin jakso (klo 15-17), josta määritettiin pää- ja sivusuunnan pysähtymään joutuvien sekä vaarallisella alueella olevien ja punaista päin ajavien osuuksien keskiavot ja vaihtelukäyrät. Tulokset on esitetty taulukossa 14 ja kuvassa 5.1.

Taulukko 14. Erillishojauksen E1 ja 90 sek yhteenkytkentävaihtoehtojen Y1, Y2, Y3 ja Y4 vertailu iltaruuhkassa

	E1	Y1, Y2	Y3	Y4
Pysähtymään joutuvien osuus pääsuunnalla	39 %	34 %	31 %	35 %
Pysähtymään joutuvien osuus sivusuunnalla	51 %	39 %	45 %	36 %
Vaarallisella alueella olevien osuus pääsuunnalla	0.8 % (14)	3.0 % (58)	5.9 % (112)	4.9 % (90)
Punaista päin ajavien osuus pääsuunnalla B	0.08 % (1)	0.15 % (1)	0.27 % (3)	0.54 % (5)

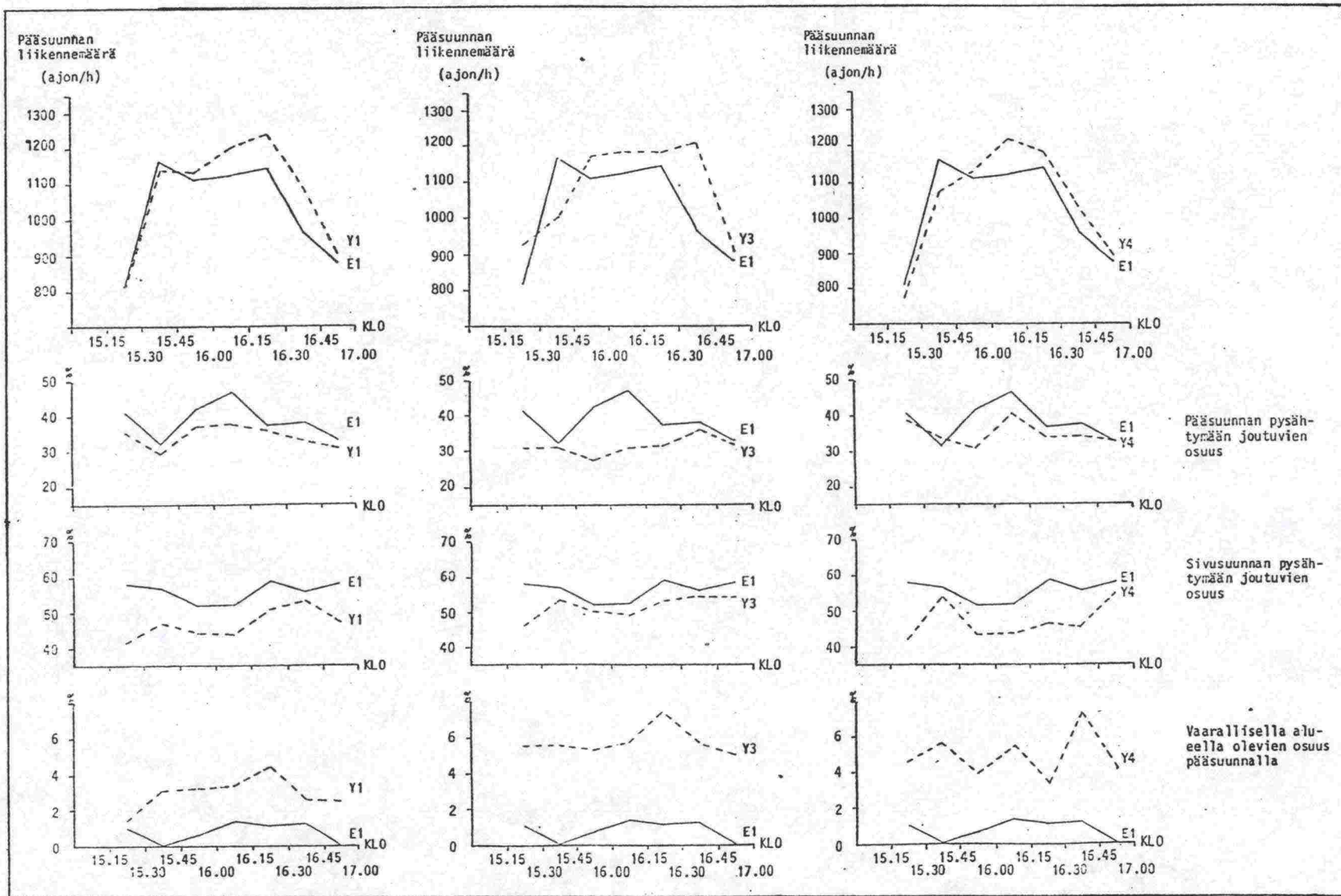
A = pääsuunta A, B = pääsuunta B, ajon/c = ajon/kierto

Ohjaustapa E1: Pysähtyneen jonon purku + pidennys välillä 55 - 120 m pysäytysviivasta (= vaarallisen alueen tyhjennys) + jonopidennys välillä 120 - 260/330 m + pääsuuntien vihreiden eriaikainen lopetus mahdollista + lepotilaan siirtymisen esto 260 m etäisyydeltä

Ohjaustavat Y1 ja Y2: Pääsuunnilla vaarallisen alueen tyhjennys ja ne eivät pidennä toisiaan

Ohjaustapa Y3: Pääsuunnan vihreillä kiinteät lopetushetket - aloitushetki määräytyy sivusuunnan pidennyksistä

Ohjaustapa Y4: Täysin kiinteästi ajoitettu yhteenkytkentä



Kuva 5.1 Erillishjaustavan E1 ja yhteenkytkentävaihtoehtojen (90 sek) Y1, Y2, Y3 ja Y4 sujuvuus- ja turvallisuusvertailu iltaruuhkassa

Tulosten perusteella voidaan erillisohjauksen ja yhteenkytkennän välisistä sujuvuuseroista tutkitun liittymän osalta sanoa seuraavaa:

- suurin ero (n.20-25 %) yhteenkytkennän eduksi pysähtymään joutuvien osuuksissa on havaittavissa voimakkaimman ruuhkahuipun aikana (klo 15.45-16.30), jolloin sekä pää- että sivusuunnalle on eniten hyötyä vihreiden aaltojen olemassaolosta
- varsinaisen ruuhkahuipun ulkopuolella on erillisohjauksessa pääsuunnan pysähtymään joutuvien enää noin 10 % suurempi kuin yhteenkytkennässä

Edelleen taulukkoa 14 ja kuvaa 5.1 tarkastelemalla voidaan havaita ainakin seuraavat turvallisuuserot erillisohjauksen E1 ja yhteenkytkentävaihtoehtojen välillä:

- erillisohjauksen E1 toiminnot sisältävä erillisohjaustapa on myös ruuhka-aikana kiinteän kiertoajan yhteenkytkentää turvallisempi ohjaustapa
- yhteenkytkennässä Y1, vaikka siinäkin käytetään vaarallisen alueen tyhjennystä, on vaarallisella alueella olevien osuus erityisesti voimakkaimman ruuhkahuipun aikana selvästi suurempi kuin erillisohjaustavassa E1, mikä on ilmeisesti seurausta pääsuunnan vihreän pidentymisestä maksimiaikaansa yhteenkytkennässä (yhteenkytkennässä vihreän turvallista lopetushetkeä "etsitään" vain 10 - 15 sek ajan vihreän lopussa, jolloin suurilla liikennemäärillä tapahtuu usein, että vihreä pidentyy maksimiinsa ja katkeaa tällöin hallitsemattomasti)
- liikennetieto-ohjatun vihreän lopetuksen yhteenkytkennässä Y1 on keskimäärin neljä (4) kertaa enemmän ja kiinteän lopetuksen yhteenkytkennöissä Y3 ja Y4 noin kahdeksan (8) kertaa enemmän vaarallisella alueella olevia kuin erillisohjaustavassa E1
- punaista päin ajamista esiintyi eniten täysin kiinteän ajoituksen yhteenkytkennässä Y4

Yleisesti ottaen voidaan suoritetun vertailun perusteella todeta, että huolellisesti suunnitellut pidennystoiminnot ja riittävät maksimiajat sisältävällä erillisohjauksella pystytään myös suurilla liikennemäärillä pääsuunnan vihreät lopettamaan turvallisemmin kuin kiinteän kiertoajan yhteenkytkennässä on mahdollista.

LIIKENNEVALOJEN OHJAUSKOJEEN LIIKENNEMÄÄRÄ- JA STATUSLASKUREIDEN KIRJOITINTULOSTUS VALTATIE 3 JA LIELAHDENKADUN LIITTYMASSA

		Päivämäärä		Printtaushetki (15 min välein)		Pääsuunnan B vihreiden määrä (D26)		
VEH CNTR		23	18:15					
D01	3669	5970	2954	3655	1917	2322	3537	D01 - D25
D08	4046	797	4978	5348	5374	3935	4299	Käytössä olevien ilmaisimien kumulatiiviset liikennemäärät.
D15	3517	953	7027	6206	833	7054	7373	
D22	5369	4293	4978	2918	4091	000	000	
VEH. COUNT&STATUS								
G01	1673	8084	7232	3260	6887	3721	2050	Kahdeksan (8) ennalta määrätyn ilmaisimen kumulatiiviset tilakohtaiset liikennemäärät (laskurit eivät nollaudu erintauksen yhteydessä).
P01	000	000	000	000	000	000	000	
Y01	1810	632	806	509	557	1196	571	
R01	186	7254	4916	9888	073	3005	6516	
G08	8712	000	000	000	000	000	400	
P08	000	000	000	000	000	000	447	
Y08	1273	000	000	000	000	000	447	
R08	9663	000	000	000	000	000	447	
VEH CNTR 23 18:30								
D01	3741	5988	3006	3677	1999	2404	3620	SEURAAVA 15 MINUUTIN JAKSO
D08	4132	861	4978	5450	5477	4063	4430	
D15	3647	968	7043	6224	905	7071	7389	
D22	5471	4424	4978	2987	4105	000	000	D01: Pysäytysviivan takana pääsuunnalla B oleva ilmainen
VEH. COUNT&STATUS								
G01	1739	8088	7242	3264	6931	3755	2120	D02: Ryhmä F ilmainen D35 m
P01	000	000	000	000	000	000	000	D03: Ryhmä E ilmainen D35 m
Y01	1816	633	809	509	560	1205	572	D04: Ryhmä C ilmainen D55 m
R01	186	7267	4955	9904	108	3044	6529	D05: Ryhmä B ilmainen D55 m
G08	8770	000	000	000	000	000	400	D06: Ryhmä B ilmainen D120 m
P08	000	000	000	000	000	000	447	D07: Ryhmä A ilmainen D55 m
Y08	1276	000	000	000	000	000	447	D08: Ryhmä A ilmainen D120 m
R08	9688	000	000	000	000	000	447	

Ilmaisimella ohjattavan opastinryhmän PUNAISEN aikana ilmaisimen ylittänyt kumulatiivinen liikennemäärä.

Opastinryhmän Keltaisen aikana ilmaisimen ylittänyt liikenne.

Opastinryhmän vihreän lopetusviiveen aikana ilmaisimen ylittänyt liikennemäärä (tutkittavassa liittymässä ei ole lopetusviivettä).

Opastinryhmän Punakeltaisen ja vihreän aikana ilmaisimen ylittänyt liikennemäärä.

Ilmaisimen ylittänyt todellinen liikennemäärä 15 minuutin aikana saadaan laskemalla kahden peräkkäisen 15 min jakson liikennemäärien erotus.

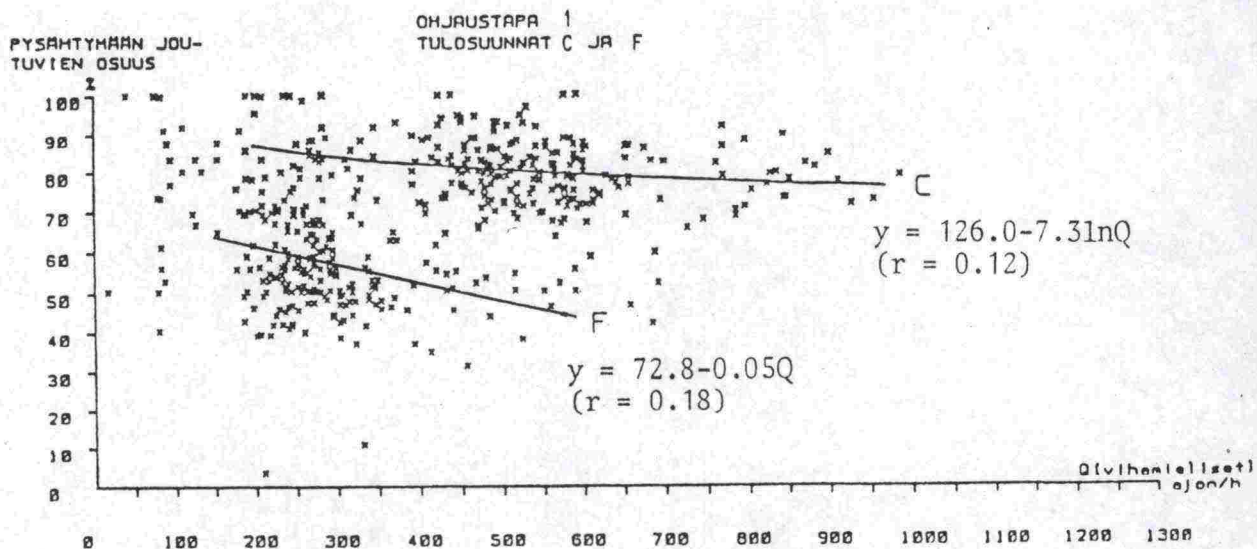
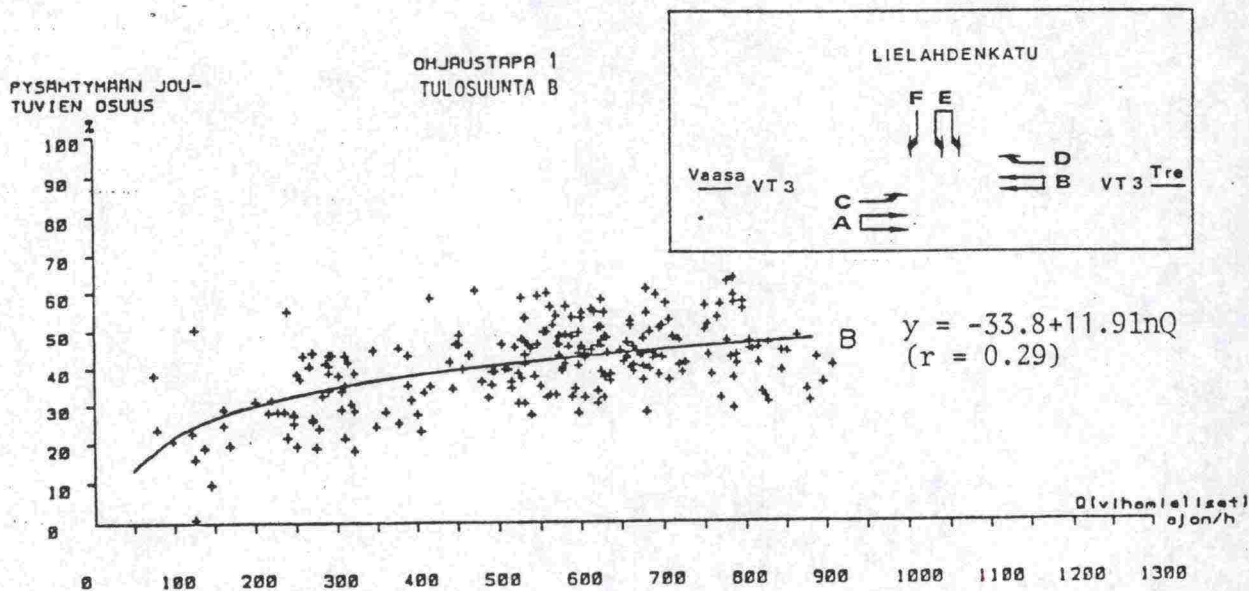
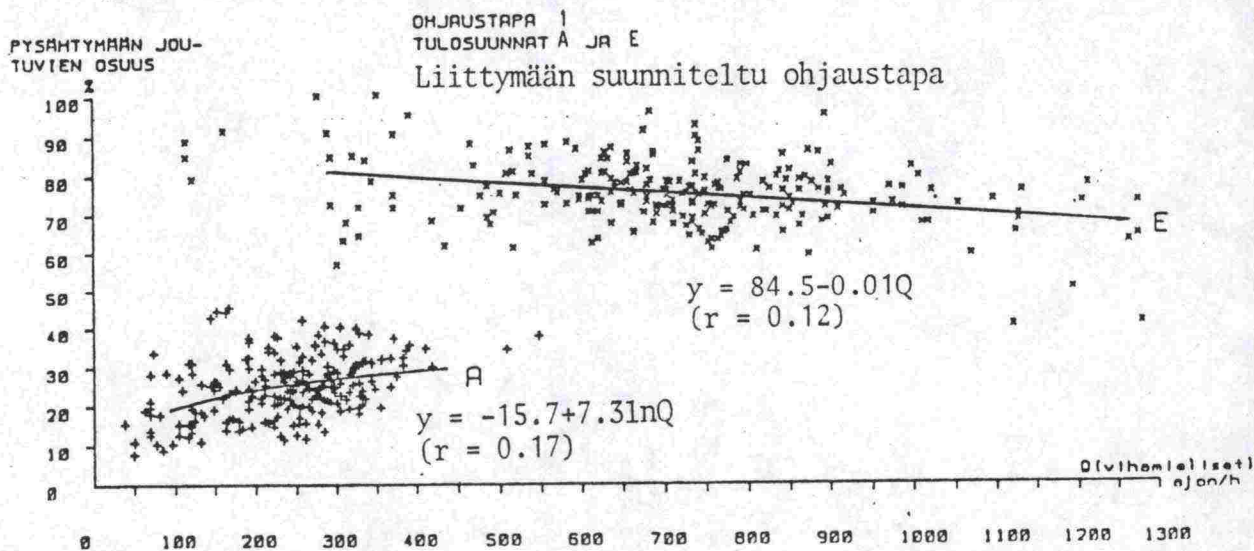
Esim. Ilmaisimen D02 (tulosuunnan F esi-ilmaisimien) liikennemäärä klo 18.15 - 18.30

$$Q(15min) = 5988 - 5970 = 18 \text{ ajon}$$

$\left\{ \begin{array}{l} q(\text{vihreä}) = 4 \text{ ajon} \\ q(\text{kelt.}) = 1 \text{ ajon} \\ q(\text{pun.}) = 13 \text{ ajon} \end{array} \right.$

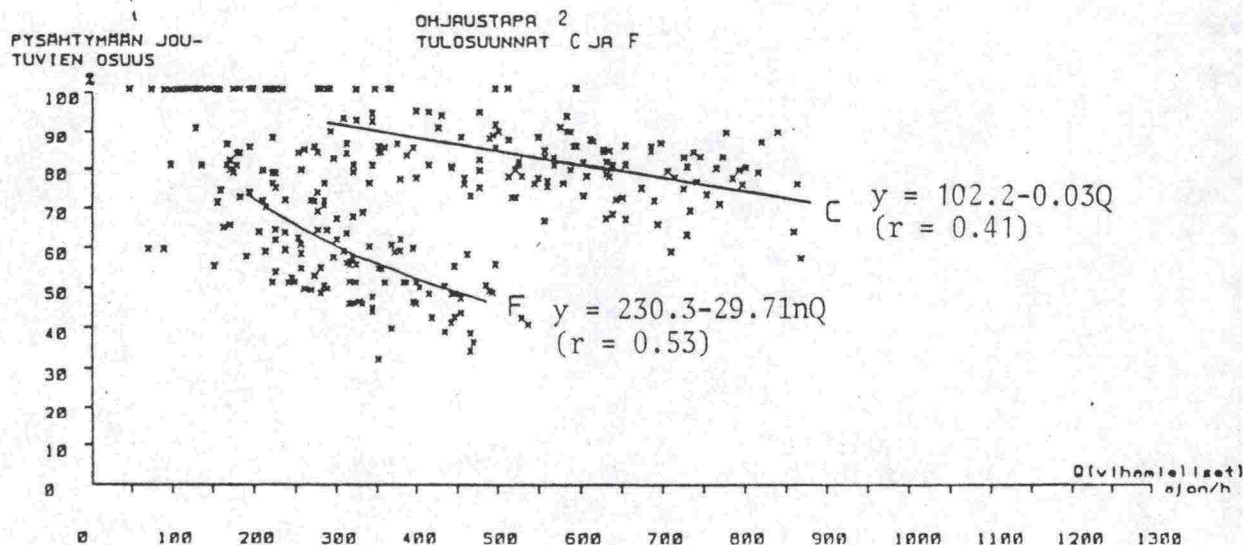
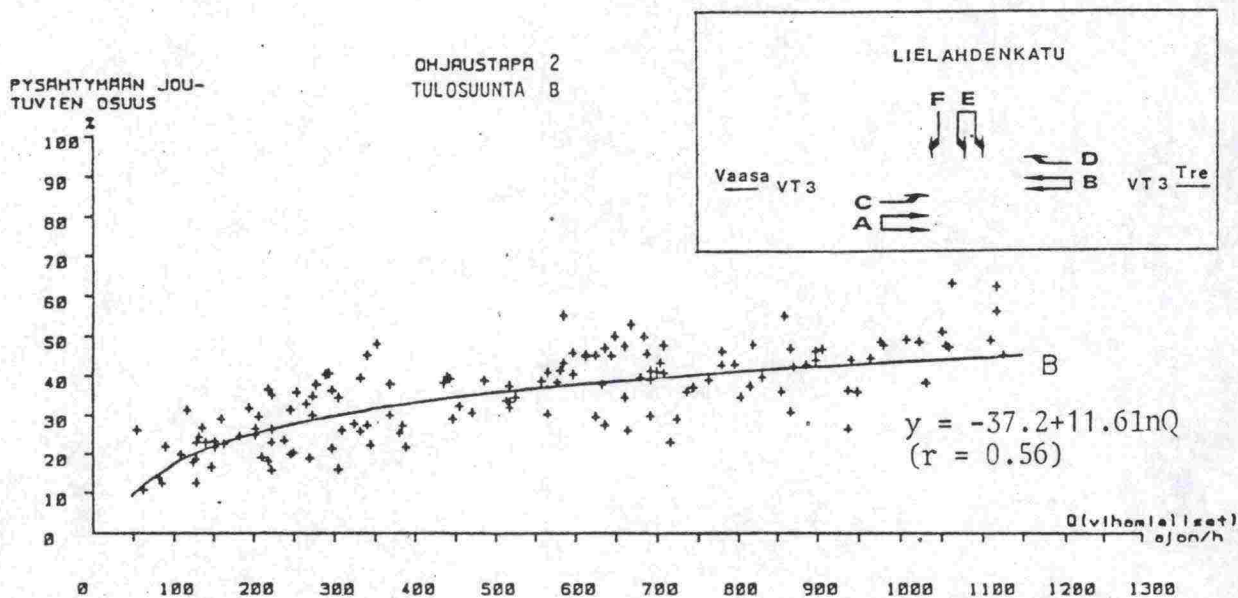
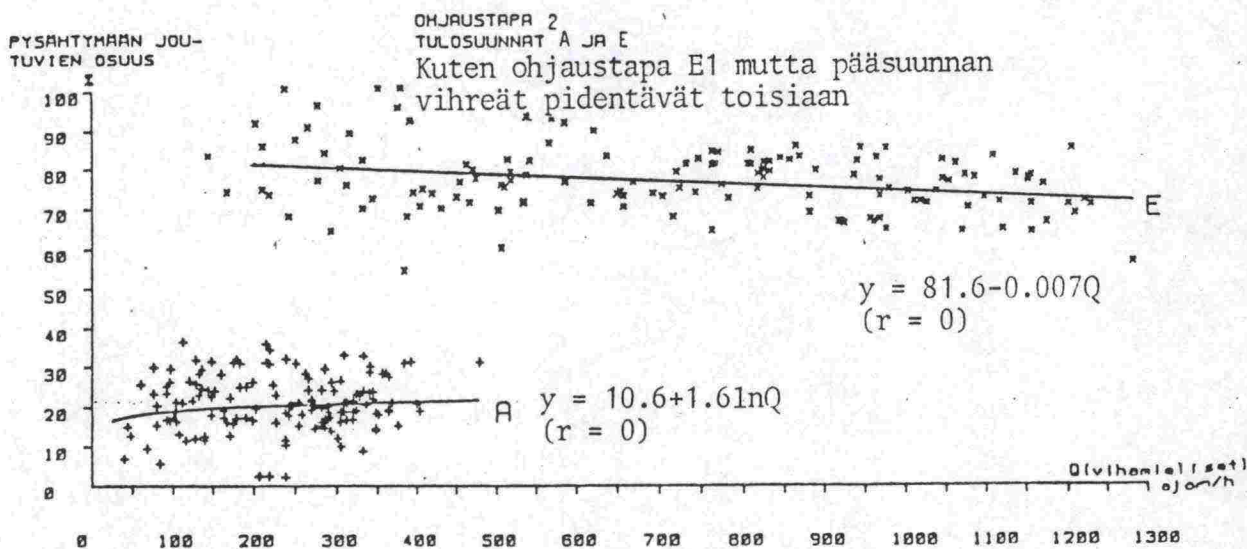
PYSÄHTYMÄÄN JOUTUVIEN OSUDET TULOSUUNNITTAIN 15 MIN JAKSOISSA VIHAMIELISEN LIIKENNEMÄÄRÄN FUNKTIONA (kukin piste edustaa yhtä 15 min jaksoa)

Ohjaustapa E1 (ohjaustoiminnot on esitetty luvussa 2.2)



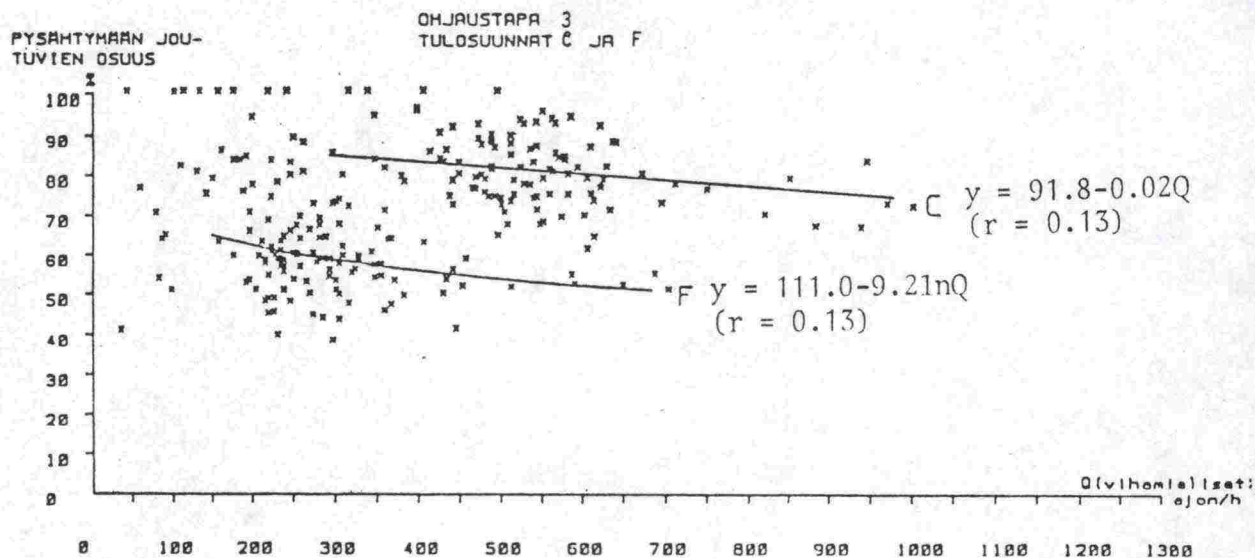
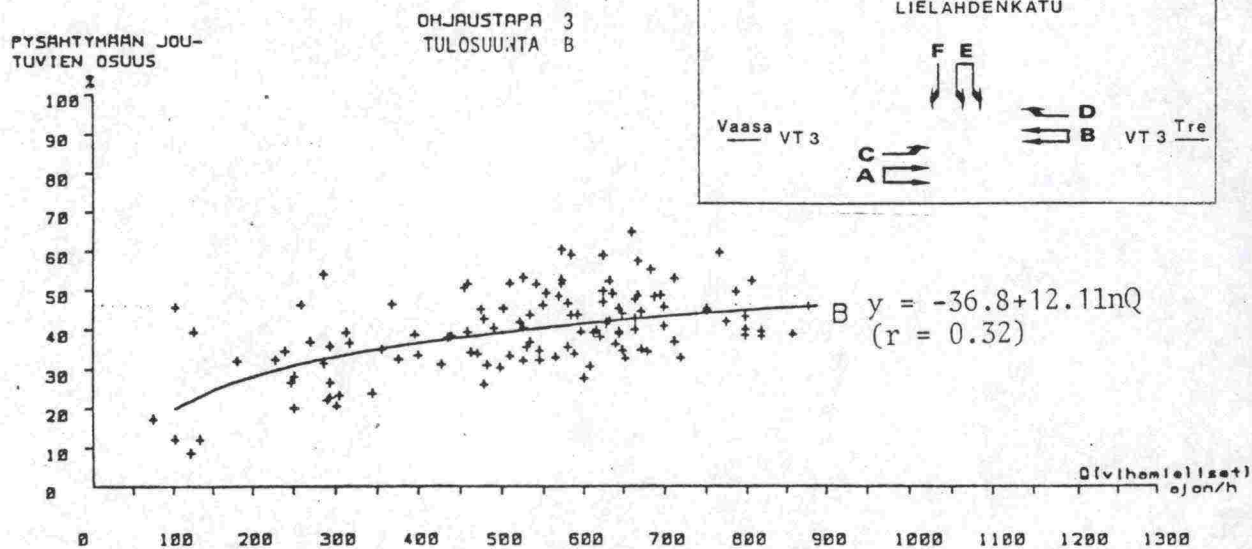
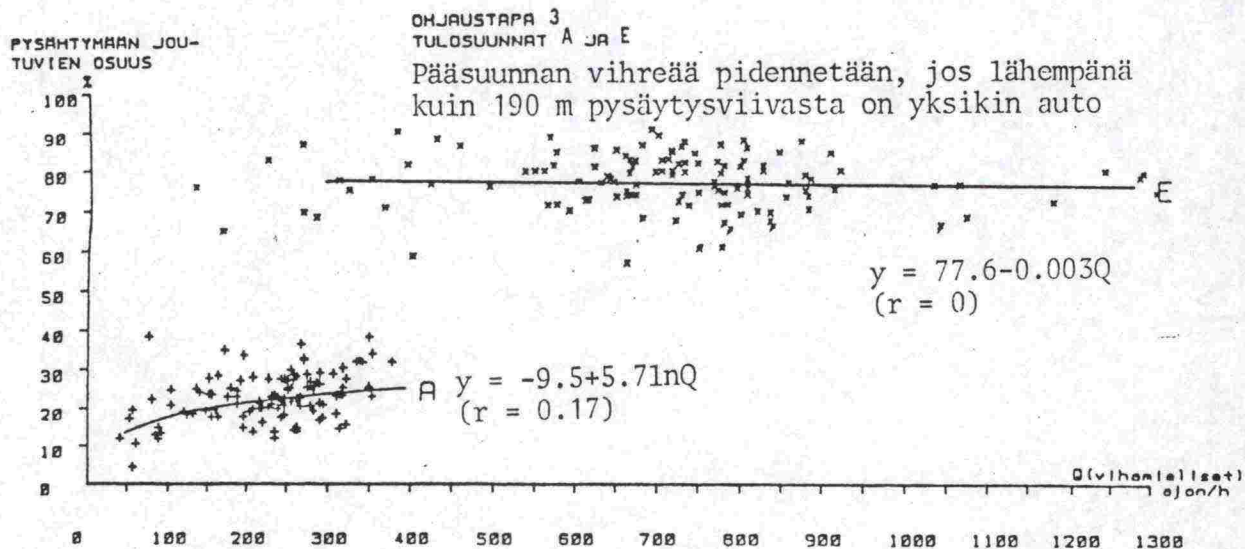
PYSÄHTYMÄÄN JOUTUVIEN OSUDET TULOSUUNNITTAIN 15 MIN JAKSOISSA VIHAMIELISEN LIIKENNEMÄÄRÄN FUNKTIONA (kukin piste edustaa yhtä 15 min jaksoa)

Ohjaustapa E2 (ohjaustoiminnot on esitetty luvussa 2.2)



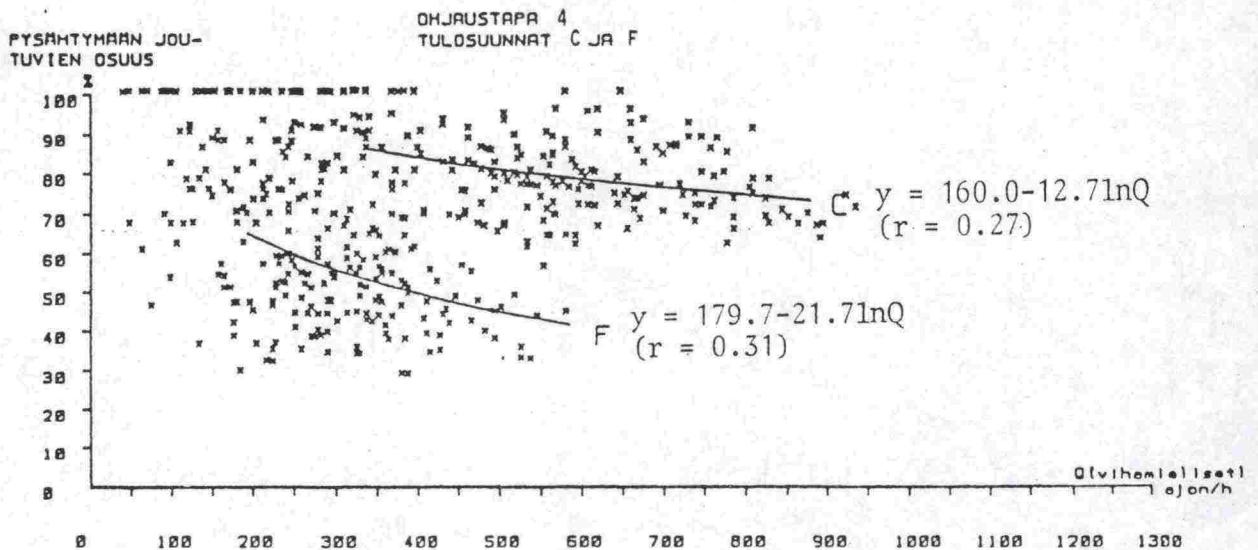
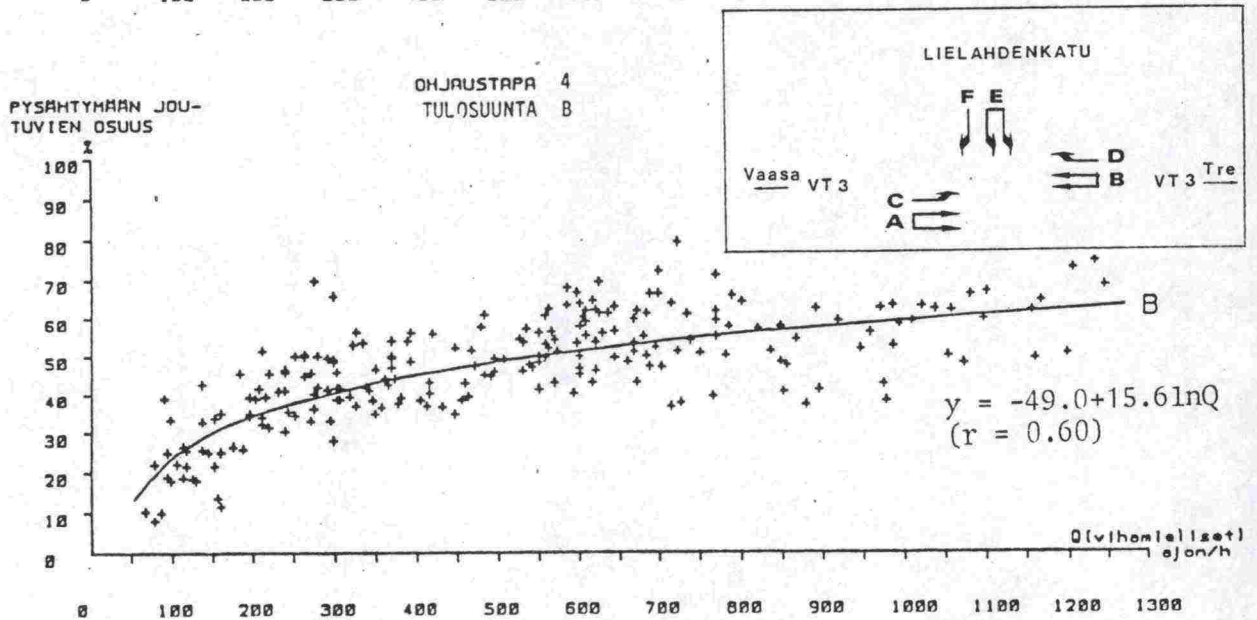
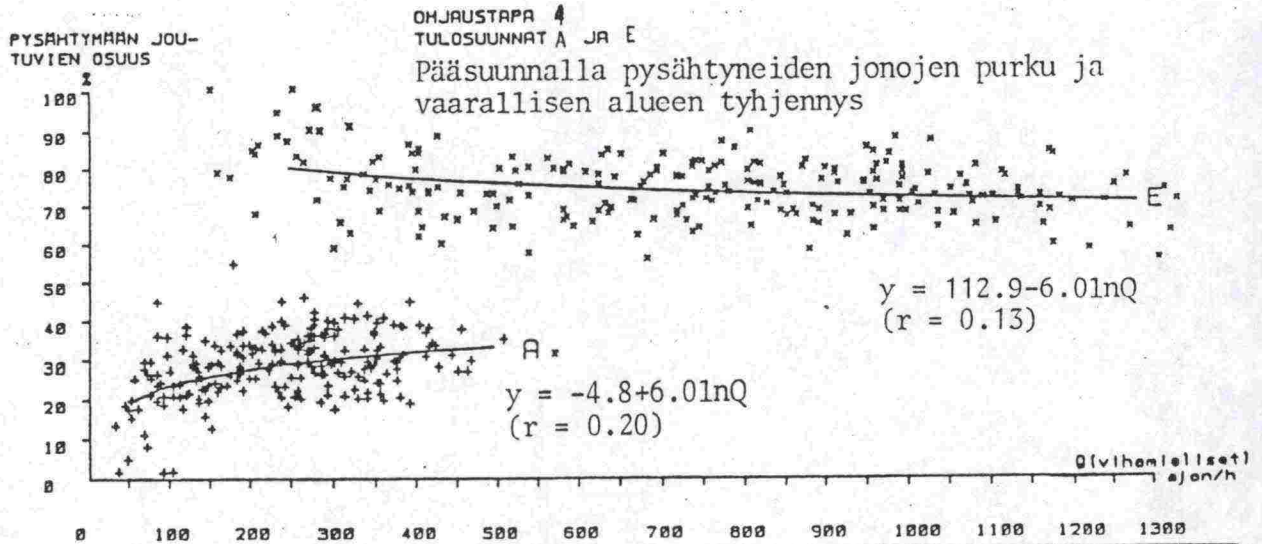
PYSÄHTYMÄÄN JOUTUVIEN OSUDET TULOSUUNNITTAIN 15 MIN JAKSOISSA VIHAMIELISEN LIIKENNEMÄÄRÄN FUNKTIONA (kukin piste edustaa yhtä 15 min jaksoa)

Ohjaustapa E3 (ohjaustoiminnot on esitetty luvussa 2.2)



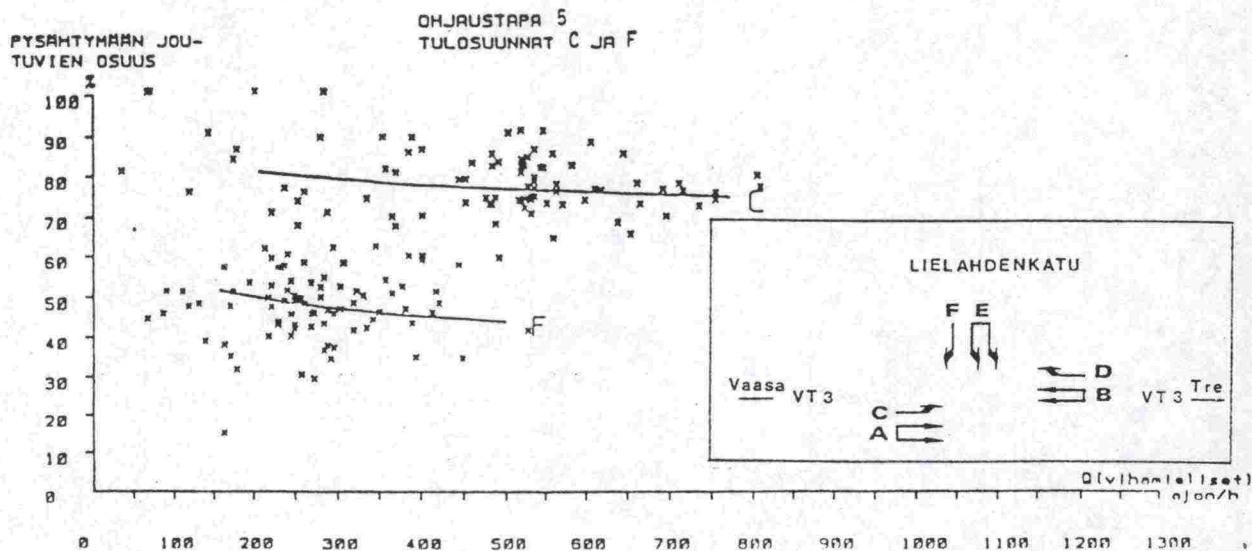
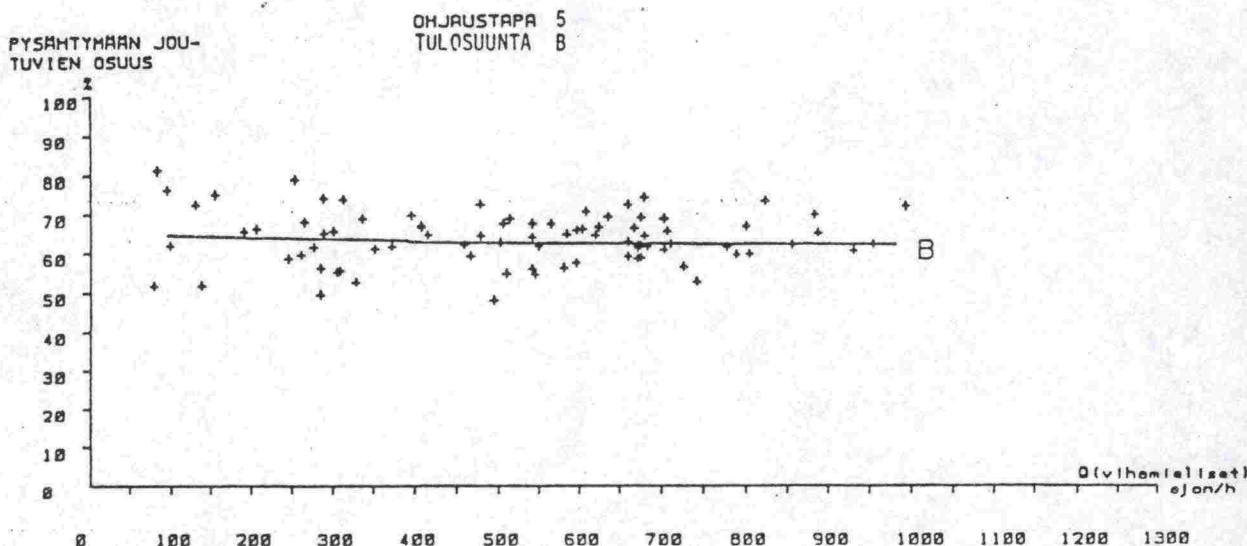
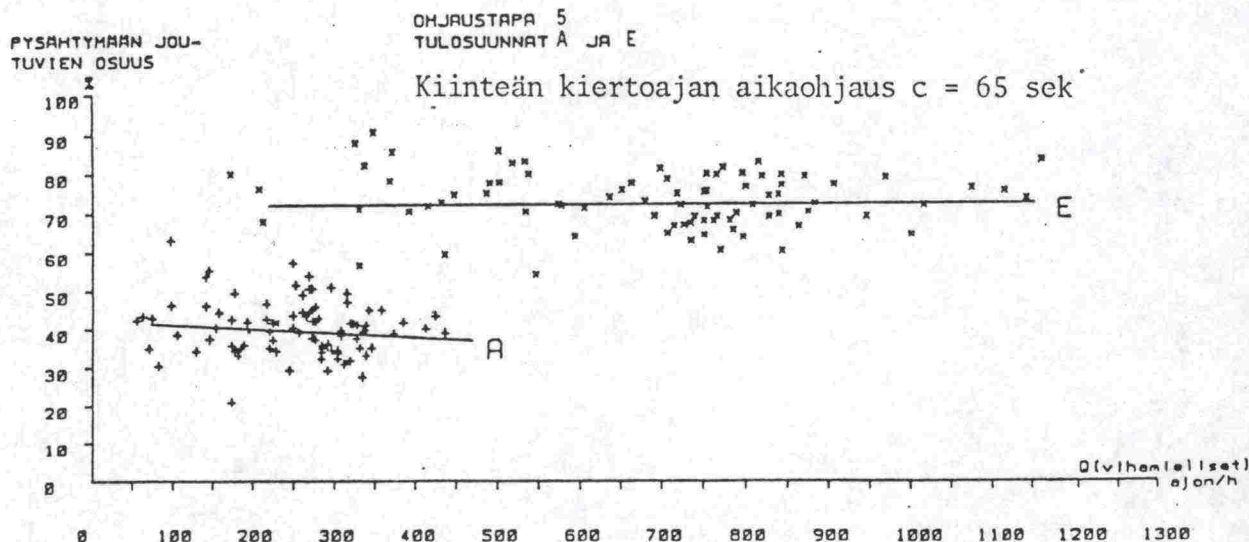
PYSÄHTYMÄÄN JOUTUVIEN OSUDET TULOSUUNNITTAIN 15 MIN JAKSOISSA VIHAMIELISEN LIIKENNEMÄÄRÄN FUNKTIONA (kukin piste edustaa yhtä 15 min jaksoa)

Ohjaustapa E4 (ohjaustoiminnot on esitetty luvussa 2.2)



PYSÄHTYMÄÄN JOUTUVIEN OSUDET TULOSUUNNITTAIN 15 MIN JAKSOISSA VIHAMIELISEN LIIKENNEMÄÄRÄN FUNKTIONA (kukin piste edustaa yhtä 15 min jaksoa)

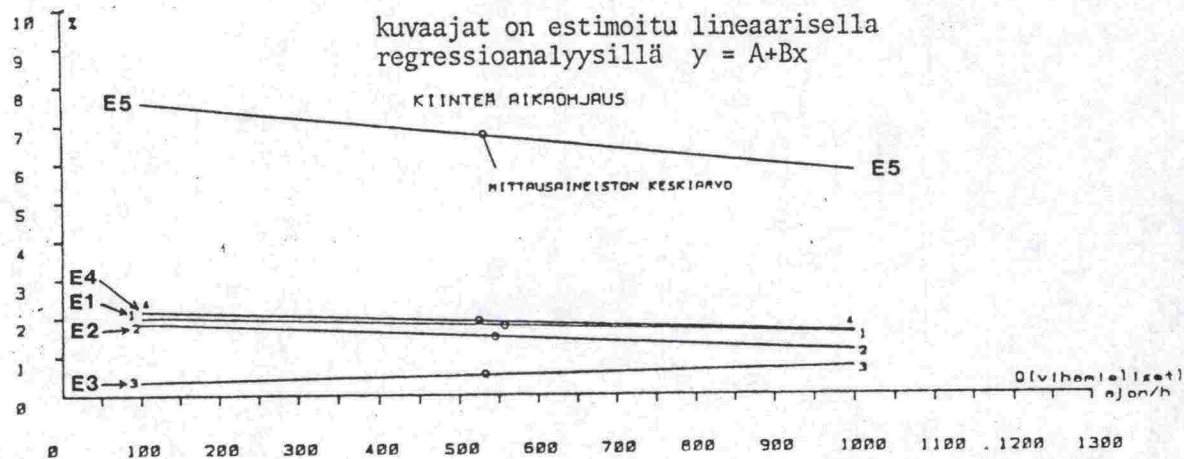
Ohjaustapa E5 (ohjaustoiminnot on esitetty luvussa 2.2)



VAARALLISELLA ALUEELLA Keltaisen syttyessä olevien osuus pääsuunnalla vihamielisen liikennemäärän funktiona

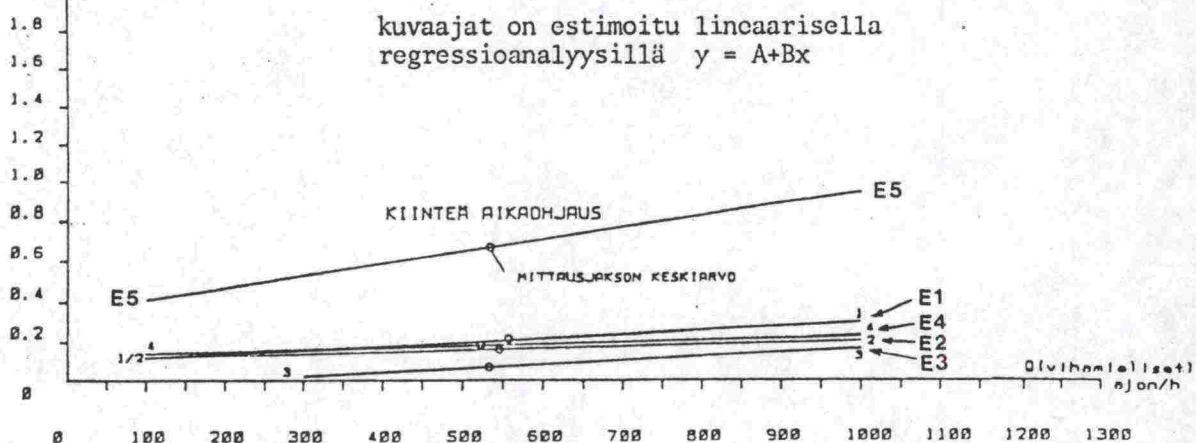
Keltaisen syttyessä vaarallisella alueella olevat (%)

ERILLISOHJAUS 1,2,3,4,5
PÄÄSUUNNAT YHTEENSÄ



Keltaisen syttyessä vaarallisella alueella olevat (ajon/kierto) 2.0 ajon/kierto

ERILLISOHJAUS 1,2,3,4,5
PÄÄSUUNNAT YHTEENSÄ



Keltaisen syttyessä vaarallisella alueella olevat

OHJAUSTAPA E4
PÄÄSUUNNAT A JA B

