

TVH

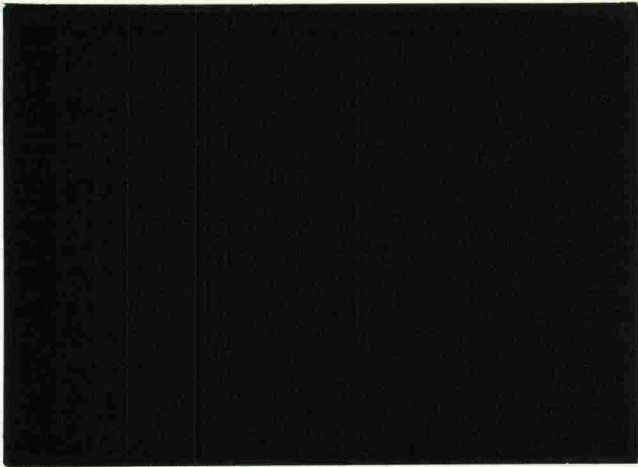
Taloussosasto

Tutkimustoimisto



08
TIE-

77 141



NOUSUKAISTOJEN RAKENTAMISEN
LIIKENNETALOUDELLISISTA
PERUSTEISTA

TVH N:O 2.483 HELSINKI 1976

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
Talousoosaston tutkimustoimisto

ISBN-951-46-1625-1

NOUSUKAISTOJEN RAKENTAMISEN LIIKENNETALOUEDELLISISTA PERUSTEISTA

<u>Sisältö:</u>	sivu
Alkulause	iv
Taulukko- ja kuvaluettelo	v
Käyttäjälle	vii
1. NOUSUKAISTOJEN RAKENTAMISEN PERUSTEISTA	1
1.1 Yleistä	1
1.2 Ulkomaisia perusteita	2
1.3 Suomalaisista perusteista	3
2. NOUSUKAISTAT SUOMESSA	3
2.1 Tilanne v. 1975	3
2.2 Tarve v. 1985 mennessä	4
2.3 Nousukaistat käytössä	6
2.4 Liikenneturvallisuus	9
2.5 Liikenneolosuhteet ja tien liikenteenvälityskyky	11
3. NOUSUKAISTOJEN LIIKENNETALOUEDELLINEN TARKASTELU: tavoitteet ja tutkimusmenetelmät	14
3.1 Tavoitteet	14
3.2 Ajoneuvomittaukset	16
3.3 Muut mittaukset ja havainnot	17
4. NOUSUKAISTOJEN RAKENTAMISEN LIIKENNETALOUEDELLISET PERUSTEET: selvityksen tulokset	20
4.1 Yleistä	20
4.2 Ajokustannusten muuttuminen: aikasäästöt	21
4.3 Ajokustannusten muuttuminen: ajoneuvokustannukset	29
4.4 Muita vaikutuksia	36
4.5 Rakentamis- ja kunnossapitokustannukset	38

5. TARKASTELUOHJE JA ESIMERKKEJÄ	40
5.1 Tarkasteluohje	40
5.2 Kannattavuustunnuslukujen tulkinta	44
5.3 Esimerkkejä	45
5.4 Kannattavuuden pika-arviointi	49
5.5 Huomioon otettavaa	51
6. KIRJALLISUUTTA	53
7. LIITTEET	

Alkulause

Tämä selvitys on tarkoitettu tiepiirien käyttöön avuksi tieverkkosuunnitteluun ja toimenpideohjelmien laadintaan, kun harkittavana on nousu- l. ryömimiskaistan rakentaminen.

Kymmenvuotiskautena 1975 - 1985 tarve nousukaistojen rakentamiseen ei lukumääräisesti ole kovinkaan suuri. Sen vuoksi tässä selvityksessä esitetty tarkasteluohje on luonteeltaan ns. käsinlaskentaohje. Esitetyssäkin muodossa sen avulla voitaneen varsin helposti karsia liikennetaloudellisesti täysin kannattamattomat nousukaistahankkeet pois.

Selvitys on laadittu talousosaston tutkimustoimiston taloudellisessa jaostossa. Työn suunnittelusta on vastannut tutkija Nils Halla, joka myös on kirjoittanut pääosan tekstistä. Matemaattiset mallit ja tietokoneohjelmat on laatinut ins.opp. Tuomo Kallionpää. Mittausajoista on vastannut tekn. Markku Pulkkanen.

Toimistopäällikkö

Jorma Kosunen

Taulukko- ja kuvaluettelo

Taulukot:

N:o	Nimi	sivu
1	Rakennetut tai rakenteilla olevat nousukaistat v. 1975	5
2	Suunnitteilla olevat nousukaistat v. 1975	7
3	Mahdollisia nousukaistojen rakennuskoh- teita v. 1975-85	7
4	Onnettomuusluvut välillä Tammissilta-Kum- pula (vt 1)	10
5	Onnettomuusluvut välillä Salo-Uudenmaan piirin raja (vt 1)	10
6	Nousukaistan tarpeellisuuden toteamiseen liittyvä liikenne-ennuste KVL ₁₉₈₅ tieosal- la Valkoja-Kumpula (vt 1)	13
7	Esimerkki nousukaistatutkimuksen seuranta- mittausaineistosta	19
8	Nousukaistatutkimuksen tutkimuskohteet	22
9	Tietoja tutkimuksessa mukana olleista mäis- tä	22
10	Kaikkien kuorma-autojen nopeudet tutkimus- mäittäin	23
11	Keskinopeudet ajoneuvolajeittain eri tutki- musmäissä	23
12	Seurantamittaushavainnot ajoneuvolajeittain	24

Kuvat:

1	Nousukaistojen tarpeellisuuden toteaminen	12
2	Ajokustannusten muodostuminen	15
3	SISU M-162 CT:n ja Mercedes-Benz 2632:n hi- dastuvuudet nousussa 3	18

N:o	Nimi	sivu
4	Kuorma-autojen keskinopeuden riippuvuus nousun pituudesta ja keskikaltevuudesta	26
5	Nomogrammi nousukaistan aikasäästöjen arvioimiseksi	30
6	Nomogrammi nousukaistan vaikutuksesta henkilöautojen polttoaineenkulutukseen	33
7	1. vuoden tuottokertoimen riippuvuus liikennemäärästä, nousun keskikaltevuudesta ja nousun pituudesta	50

KÄYTTÄJÄLLE

Luvut 1 ja 2

Tämän selvityksen kahdessa ensimmäisessä luvussa on lyhyesti ja yleisluonteisesti tarkasteltu nousukais-
tojen rakentamisen tarvetta sekä tilannetta Suomes-
sa. Sivuilla 5 ja 7 olevista taulukoista selviävät
jo rakennetut sekä rakenteilla tai suunnitteilla
olevat nousukaistat.

Luku 3

Kolmannessa luvussa selostetaan mittausjärjestelyt
empiirisen aineiston hankkimisesta luvun 4 laskel-
mien perustaksi.

Säästöjen ja
kustannusten
määrittäminen

Neljännessä luvussa esitetään varsin tarkasti nou-
sukaistan aiheuttamien ajokustannusten muutosten
laskeminen. Laskelmien tuloksena on laadittu kaksi
nomogrammia (sivulla 30: aikasäästöjen arvioiminen
ja sivuilla 33-35: polttoainekustannusten muutoksen
arviointi). Näiden nomogrammien avulla saadaan pe-
rustiedot kannattavuustarkasteluun. Luvussa 4 on
myös tarkasteltu rakentamis- ja kunnossapitokustan-
nusten muodostumista.

Laskentaohje

Luvussa viisi on esitetty nousukaistahankkeen talou-
dellisen tarkastelun suorittaminen: säästöjen ja
kustannusten arvioiminen sekä laskettujen kannatta-
vuustunnuslukujen tulkinta. Asiaa havainnollistetaan
joillakin esimerkeillä.

Pika-arvio

Laskentamenettely on hieman hankala ja etenkin toi-
sen nomogrammin käyttö on varsin mutkikasta. Usein
kuitenkin riittää ajatellun nousukaistahankkeen kan-
nattavuuden arviointiin sivun 50 diagrammi, josta
eräiden nopeasti saatavien lähtötietojen avulla sel-
viää hankkeen 1. vuoden tuottokerroin. Haluttaessa
voidaan sitten tehdä yksityiskohtaisemmat laskelmat
kohdassa 5.1 esitetyllä tavalla.

1

NOUSUKAISTOJEN RAKENTAMISEN PERUSTEISTA

1.1

Yleistä

Moottoriajoneuvojen mäennousukyky¹⁾ riippuu ensisijaisesti ajoneuvon moottoritehon suhteesta ajoneuvon painoon (tätä kuvaa ns. teho/painosuhteeksi). Henkilöautojen teho/painosuhte on yleensä niin edullinen, että jyrkät tiestöllä esiintyvät nousut eivät oleellisesti pudota ajoneuvon nopeutta; poikkeuksena ovat esim. matkailuperävaunua vetävät autot.

Kuorma-autojen nopeus pienenee nousuissa yleensä selvästi, mikäli autossa on kuormaa. Kuorma-autojen teho/painosuhte on varsin alhainen, jota dieselmoottorin bensinimoottoria parempi ominaisvääntömomentti vain osittain kompensoi. Tyypillinen kuorma-auton teho/painosuhte on esim. Mercedes-Benz Typ 2632:n 5,6 kW/t (7,6 hv/t) (DIN-teho kokonaispainolla 42 t). Tyypillinen henkilöauton teho/painosuhte on esim. 40 kW/t (54 hv/t), jos moottoriteho on 56 kW (75 hv) ja auton paino 1,4 t.

Pitkässä ja jyrkässä nousussa raskaan kuorma-auton nopeus saattaa pudota hyvinkin pieneksi, esim. 15 km/h on tavallinen ryömintänopeus, ts. nopeus, jonka auto voi nousussa säilyttää. Tällaisella nopeudella liikkuva ajoneuvo häiritsee jo tuntuvasti muuta liikennettä ja saattaa aiheuttaa jonoja ja ruuhkaamia tien nousukohtiin. Tien liikenteenvälityskyky alenee ja liikenteen ajokustannukset nousevat; myös ajomukavuus kärsii.

Mikäli tie on vilkkaasti liikennöity, saattavat jyrkät ja pitkät nousut oleellisesti vähentää tien liikenteenvälityskykyä eli kapasiteettia. Käyttökelpoinen ratkaisu on tällöin rakentaa nousu- ja ryömintäkaistoja.

1) Tässä mäennousukyvyllä tarkoitetaan ajoneuvon kykyä säilyttää nopeutensa mäessä.

Nousukaistat ovat hidasta moottoriajoneuvoliikennettä varten rakennettuja lisäkaistoja jyrkissä ja pitkissä nousukohdissa. Niiden rakentamisen edellytyksenä on yleensä se, että tie on vilkkaasti liikennöity. Nousukaistojen tarkoituksena on ohitusmahdollisuuksia lisäämällä parantaa tien liikenteenvälityskykyä ja liikennöitävyyttä.

1.2

Ulkomaisia perusteita

Nousukaistojen tarvetarkastelu ja tekninen mitoitus vaihtelee jonkin verran eri maissa, mutta pääperusteena ovat olleet liikenteelliset tekijät, liikennetaloudellisia näkökohtia ei ole juuri ohjeissa painotettu. Koska liitteenä on kokonaisuudessaan Geometrisen toimikunnan laatima normiluonnos nousukaistojen rakentamisesta (liite 1) katsauksineen ulkomaiseen käytäntöön, ei tässä tarkemmin puututa ulkomaisiin ohjeisiin, vaan viitataan liitteessä oleviin selostuksiin Sveitsissä, DDR:ssä, USA:ssa ja Norjassa noudatettavista ohjeista.

Tunnetussa yhdysvaltalaisessa tien liikenteenvälityskykyä käsittelevässä kirjassa Highway Capacity Manualissa (1965) esitetään kaksi nousukaistojen tarpeellisuuden toteamisperiaatetta:

- a) raskaiden ajoneuvojen muuntaminen tiettyjä nousukertoimia käyttäen henkilöautoyksiköiksi, joiden perusteella tarkistetaan ylittääkö saatu liikennemäärä (hay/h) ohjeellisen liikenteenvälityskyvyn (HCM luvut 9,10; ks. liite 2)
- b) raskaiden ajoneuvojen nopeuden muutosten tutkiminen nousuissa tarkistaen, täyttääkö nopeus asetetun vaatimuksen (HCM, kuva 5.1.)

Tässä selvityksessä on johtopäätelmien lähtökohtana ollut lähinnä b)-kohdan mukainen kuorma-autojen nopeuden muutosten tarkastelu nousussa.

Kumpaakin menettelytapaa käytetään ulkomaisissa suunnitteluohjeissa. Merkillepantavaa on, ettei ohjeissa puututa nousukaistojen mahdollisiin vaikutuksiin liikenneonnettomuuksiin. Mikäli voitaisiin osoittaa nousukaistan vähentävän esim. ohitusonnettomuuksia, olisi tämä yleensä ratkaiseva puolto nousukaistan rakentamiselle (vrt s. 9).

1.3

Suomalaisista perusteista

Nousukaista tulee Suomessa kysymykseen vain harvoin, koska maasto on verraten tasaista ja pienimuotoista, sekä etenkin siksi, että liikennemäärät ovat suhteellisen vähäisiä.

Suomeen rakennettujen nousukaistojen sijoittaminen ja tekninen suunnittelu on perustunut ulkomaisia nousukaistojen tarkasteluohjeita soveltaen suoritettuihin liikennöitävyystarkasteluihin sekä ulkomaisiin rakennus- ja mitoitusohjeisiin, jotka on sovitettu Suomen oloihin. Liitteen 1 sivuilla 5 ja 6 on esitetty Geometrisen toimikunnan normiluonnos nousukaistojen tarpeellisuuden toteamisesta. Perusteissa ei ole otettu huomioon liikennetaloudellisia näkökohtia (kuten ei siis ulkomaillakaan), ts. vaikutuksia moottoriajoneuvojen ajokustannuksiin.

2

NOUSUKAISTAT SUOMESSA

Perustiedot tähän lukuun on saatu vastauksista keväällä 1975 tie- ja vesirakennuspiireille lähetettyyn kyselyyn.

2.1

Tilanne

Keväällä 1975 Suomessa oli valmiina yhteensä 20 nousukaistaa 17 kohteessa (kolmessa mäessä on kaistat molemmin puolin). Lisäksi on vt 20:lla Oulun piirissä kahdessa kohteessa yhteensä neljä lyhyttä lisäkaistaa, joita ei kuitenkaan voida pitää varsinaisina nousukaistoina.

Rakennettujen varsinaisten nousukaistojen yhteinen pituus on 26,62 km ja keskimääräinen pituus 1,33 km. Rakennuskustannukset olivat yhteensä (suoritevuoden kustannustason mukaan) 5 486 500 mk. Nousukaistan keskimääräiseksi kustannukseksi tulee siten 206 100 mk/km. Kustannukset riippuvat oleellisesti siitä, miten paljon paikalla joudutaan tekemään louhinta- tai maanleikkaustöitä (suuriton esimerkki: Hyrkkölänmäki vt 4:11ä). Nykyisin keskimääräiset rakennuskustannukset lienevät n. 250 000 mk/km (1975).

Saatujen tietojen perusteella nousukaistojen kunnossapitokustannukset ovat verrattavissa normaalin 2-kaistaisen tien kunnossapitokustannuksiin; ainoastaan lumenpoisto nousukaistoilta saattaa aiheuttaa tavallista suurempia menoja. Keskimääräiseksi kunnossapitokustannukseksi voitaneen arvioida n. 2 000 mk/km vuodessa. Nousukaistojen ylläpitokustannukset olisivat Suomessa nykyään siten n. 53 000 mk/v.

Taulukossa 1 on tietoja olemassa olevista nousukaistoista (tilanne keväällä 1975).

Suunnitteilla oli 4 nousukaistaa kolmeen kohteeseen (vertaa taulukko 2). Näiden yhteinen pituus on 6,1 km. Rakennuskustannusten voidaan arvioida tämän hetkisen kustannustason mukaan olevan n. 1,5 mmk. Pohjoismaiden (vt 5) nousukaistoista Mikkelin piirissä on lisäksi olemassa valmiit suunnitelmat, mutta näitä kaistoja ei ole toistaiseksi otettu rakennusohjelmaan.

2.2

Tarve vuoteen
1985 mennessä

Piirien omien ilmoitusten mukaan olisi vuoteen 1985 mennessä ehkä tarvetta rakentaa yhteensä 23 nousukaistaa (kaikki piirit eivät nimenneet kohteita, joten niiden lukumäärästä ei ole tietoa; joukossa on epäilemättä useitakin kahden nousukaistan kohteita. Mahdollisten nousukaistojen yhteinen pituus olisi 32,9 km, ja rakennuskustannusten nykyarvo n. 8,3 mmk.

Taulukko 1 : Rakennetut tai rakenteilla olevat nousukaistat (v.1975)

Nimi ja sijainti	Valmist. vuosi	Pituus km	Kust. ₁) mk	Huomautuksia
Kuusikonmäki; kt 50, Vantaa (U)	1970	2.1	110 000	2 kpl
Hänninmäki; kt 55, Askola (U)	1969	0.77	100 000	
Kovalanmäki 1; vt 1, Paimio (T)	1973	2.2	1 140 000	ajos. Hki - Tku
Kovalanmäki 1; vt 1, Paimio (T)	1973	2.8		ajos. Tku - Hki
Kurjenmäki 1; vt 1, Paimio (T)	1973	1.4	547 400	ajos. Hki - Tku
Kurjenmäki 1; vt 1, Paimio (T)	1973	1.0		ajos. Tku - Hki
Korvenpäänmäki; vt 1, Halikko (T)	1973	1.4	342 200	ajos. Tku - Hki
Kaukolanmäki; vt 1, Halikko (T)	1973	1.0	250 900	ajos. Tku - Hki
Tupurinmäki; vt 1, Salo (T)	1974	1.9	363 300	ajos. Tku - Hki
Linnanmäki; vt 1, Muurla (T)	1974	1.9	363 300	ajos. Hki - Tku
Ruskonmäki; vt 1, Muurla (T)	1974	1.0	191 200	ajos. Tku - Hki
Hintanmäki; vt 1, Suomensjärvi (T)	1974	1.4	267 700	ajos. Tku - Hki
Kalliomäki; vt 1, Suomensjärvi (T)	1974	1.3	248 600	ajos. Hki - Tku
Papinpolunmäki; vt 1, Suomensjärvi (T)	1974	1.3	248 600	ajos. Tku - Hki
Kettulanmäki; vt 1, Suomensjärvi (T)	1974	1.1	210 300	ajos. Hki - Tku
Evätmäki; vt 5, Heinolan mlk (M)	1973	0.8	245 000	
Hyrkkölänmäki; vt 4, Korpilahti (K-S)	1972	1.2	500 000	
Kurenkangas; kt 87, Pyhäjärvi (K-P)	1969	0.85	100 000	
Paltanmäki; vt 9, Orivesi (H)	1973	1.2	258 000	
Vartinkangas; vt 20 (O)	1964	0.3	20 000	eivät ole varsinaisia nousukaistoja
Honkima; vt 20 (O)	1964	0.4	26 000	-"-
		0.4		

TVII

1) Suoritusvuoden kustannustason mukaan

Taulukossa 3 on esitetty mahdollisia nousukaistojen rakennuskohteita vuoteen 1985 mennessä.

Piirien ilmoitusten perusteella olisi siten nousukaistojen rakentamiseen v. 1975-85 varattava enintään n. 10 milj.mk. On kuitenkin todettava, että piirit ovat valinneet mahdolliset rakennuskohteet varsin varovasti, ts. enemmänkin kohteita on kyllä nimetävissä.

Etenkin nykyisessä TVL:n rahoitustilanteessa hahuttaessa parantaa tieverkon liikenteenvälityskykyä, on nousukaistojen rakentaminen yksi verraten edullinen ja varteenotettava toimenpidevaihtoehto.

2.3

Nousukaistat käytössä

Ensimmäisten nousu- 1. ryömimiskaistojen valmistuksessa Suomeen v. 1967 ei niistä ollut tieliikenneasetuksessa erityismääräyksiä. Myöskään ei ollut olemassa vahvistettua nousukaistaa osoittavaa liikennemerkkiä, joskin liitteen 3 mukaista kilpeä on käytetty osoittamaan nousukaistaa.

Erityismääräysten puuttuessa oli nousukaistojen käyttö toisinaan sekavaa ja jopa täysin vastoin niiden alkuperäistä tarkoitusta. Vaikka suuri osa ns. hitaasta liikenteestä yleensä käyttikin nousukaistoja asianmukaisesti, käytettiin niitä toisaalta usein myös ohituskaistoina, ts. henkilö- ja vieläpä monet kuorma-autot ohittelivat oikealta varsinaisella ajokaistalla samaan suuntaan ajavia. Aivan poikkeuksellisia eivät myöskään olleet tilanteet, joissa kaksi raskasta kuorma-autoyhdistelmää kilpaa nousi rinnakkain mäkeä: nousukaistan loppuessa saattoi syntyä uhkaaviakin liikennetilanteita.

Raskaiden ajoneuvojen kuljettajat tuntuivat olevan kuitenkin melko hyvin perillä nousukaistojen tarkoituksesta, ilmeisesti usein ulkomaisten kokemusten

Taulukko 2 : Suunnitteilla olevat nousukaistat (v. 1975)

Nimi ja sijainti	Arvioitu valm.v.	Pituus km	Huomautuksia
Nihattulanmäki; vt 3, Hattula (H)	1976	1.4	KVL ₇₄ = 5068; rs % = 17
Punkan mäki ; vt 3, Janakkala (H)	1977	1.6	KVL ₇₀ = 5850; rs % = 15
Kasurilanmäki ; vt 5, Siilinjärvi (Ku)	1980	1.72	M1-tie, arv. kust. yht.
--	1980	1.38	400 000 mk

TVII

Taulukko 3 : Mahdollisia nousukaistojen rakennuskohteita v. 1975-85

Nimi ja sijainti	Arvioitu valm.v.	Pituus km	Huomautuksia
Uudenmaan piiri 6 kpl		11	
Turun piiri 1 kpl		1.5	Auran-Nokian kt:lle
Petosenmäki; vt 5, Kuopio (Ku)		0.9	
--		0.8	
Vehmasmäki; vt 5, Kuopio (Ku)		1.1	
Peltosmäki; vt 5, Kuopio (Ku)		0.9	
Nikkilänmäki; vt 5, Leppävirta(Ku)		1.3	
Pohjoismäki; vt 5 (M)		1.5	2 kpl, suunnitelma on
Pohjois-Karjalan piiri 3 kpl		4.4	1 kpl kt 74; 2 kpl vt 6
Paltanmäki; vt 9 (H)		1.2	
Sarkolan mäki; kt 41 (H)		1.8	
Pelkolan mäki; vt 3 (H)		1.6	
Pyhantaan mäki; vt 5 (H)		2.5	
Tuhkamäki; vt 4 (H)		1.4	
Kalaniemen mäki; vt 9 (H)		1.0	

TVII

perusteella. Sen sijaan monet henkilöautojen kuljettajat olivat näkyvän epätietoisia siitä, missä tällaisella kovin leveällä tiellä pitäisi ajaa. Usea ajoikin varmuuden vuoksi puolittain molemmilla kais-toilla. Monenlaisista liikennetilanteista huolimatta ei nousukaistoilla tietävästi ole tapahtunut ainakaan niistä johtuvia liikenneonnettomuuksia.

Nopeusrajoituskokeilun yhteydessä nostettu raskaiden ajoneuvojen suurin sallittu nopeus (80 km/h) vaikutti osaltaan nousukaistojen käyttöön. Entistä paremman alkuvauhdin saanut kuorma-auto siirtyi vastahakoisemmin nousukaistalle, jolla saattoi lisäksi olla ja todella ryömiä ylös esim. puutavarankuljetusauto.

Vallinnut epämääräinen tilanne nousukaistoilla päättyi (ainakin virallisesti) 1.11.1974, sillä tieliikenneasetuksen muutoksessa (6.6.1974) oli mukana ryömimiskaistan määritelmä ja määräykset kaistan käytöstä (vrt. liite 4). Myös ryömimiskaistaa osoitava liikennemerkki on vahvistettu (liite 3).

Myös käytännössä ajokäyttäytyminen nousukaistoilla on selkiytynyt: raskas liikenne yleensä siirtyy nousukaistalle ja henkilöautot pysyvät varsinaisella ajokaistalla.

Yleisesti ottaen nousukaistat ovat toimineet tarkoitettulla tavalla. Ruuhkautumia nousuissa on voitu välttää. Myöskin vaarallisimmat kuorma-autojen ohitukset nousukaistamäkien jälkeen ovat ilmeisesti vähentyneet. Nousukaistojen yhteydessä ajoratamerkinöillä on varsin tärkeä tehtävä liikenteen ohjauksessa. Näiden kuluminen ja peittyminen lumen alle haittaa nousukaistojen toimivuutta.

2.4

Liikennetur-
vallisuus

Liikenneonnettomuuskehityksestä ei vielä voida sanoa mitään varmaa, koska nousukaistojen rakentamisen jälkeisiä onnettomuuslukuja on toistaiseksi käytävissä aivan liian lyhyeltä ajalta. Kyseessä ovat yleensä varsin pienet onnettomuusmäärät, jolloin suhteelliset erot eri vuosien välillä saattavat olla hyvinkin suuret. Jos esim. jollain tieosalla havaitaan vuonna a 1 kuolemaan johtanut onnettomuus, mutta seuraavana vuonna ei yhtään, tämä yhtä hyvin voi aiheutua sattumasta kuin jostain muutoksesta paikan liikenneolosuhteissa. Näin ollen tietoja onnettomuuskehityksestä tarvitaan monen vuoden ajalta. Tällöin on taas vaikea erotella jonkun tietyn toimenpiteen vaikutuksia.

Nousukaistojen onnettomuuskehitystarkastelussa on lisävaikeutena se, että tarkasteluun on otettava kokonainen nousukaistoja sisältävä pitempi tiejakso, koska nousukaistat vaikuttavat voimakkaasti ohitusten jakaantumiseen koko tiejaksolla. Tällöinkin on vaikeaa erotella nousukaistan vaikutusta muista onnettomuustekijöistä.

Taulukoissa 4 ja 5 on esitetty onnettomuuslukuja joiltakin tieosilta, joille on rakennettu nousukaistoja. On painotettava, että niiden perusteella ei vielä voida tehdä johtopäätöksiä nousukaistojen liikenneturvallisuutta parantavasta vaikutuksesta.

Ajoratamerkintöjen kuluminen ja niiden peittyminen lumen alle aiheuttaa liikenneturvallisuuden kannalta vaarallisia tilanteita nousukaistan päättymiskohdissa ja erityisesti siellä missä nousukaista on määnen kummallakin puolella. Tästä aiheutuvia liikennevahinkoja ei ole tiettävästi kuitenkaan vielä sattunut.

Taulukko 4: Onnettomuusluvut välillä Tammissilta-Kumpula (vt 1)
(A= koko tieosa, B= nousukaistan kohta)

Vuosi	Kuol.joht.		Loukk.joht.		Ajon.vaur.joht.		Yht.	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1970	6	4	14	5	13	10	33	19
1971	1	0	10	6	7	5	18	11
1972	3	1	3	3	4	1	10	5
1973 ¹⁾	2	0	6	1	4	1	12	2
1974	0	0	1	0	1	0	2	0

1) Nousukaistan valmistumisvuosi

Taulukko 5: Onnettomuusluvut välillä Salo-Uudenmaan piirin raja
(vt 1) (A= koko tieosa, B=nousukaistan kohta)

Vuosi	Kuol.joht.		Loukk.joht.		Ajon.vaur.joht.		Yht.	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1970	2	0	16	4	17	8	35	12
1971	1	0	19	7	25	12	45	19
1972	6	0	13	7	17	2	36	9
1973	7	3	11	2	18	8	36	13
1974 ¹⁾	2	0	3	1	3	1	8	2

1) Nousukaistan valmistumisvuosi

2.5

Liikenneolosuhteet ja tien liikenteenvälityskyky

Nousukaistat parantavat tien liikenneolosuhteita ja palvelutasoa lisäämällä tien liikenteenvälityskykyä (kapasiteettia) nousuissa, joihin liikenne muutenkin helposti saattaa ruuhkautua. Luvussa 1 (ja liitteessä 1) selostettiin nousukaistojen tarpeellisuuden selvittämistä kapasiteettitarkastelun perusteella.

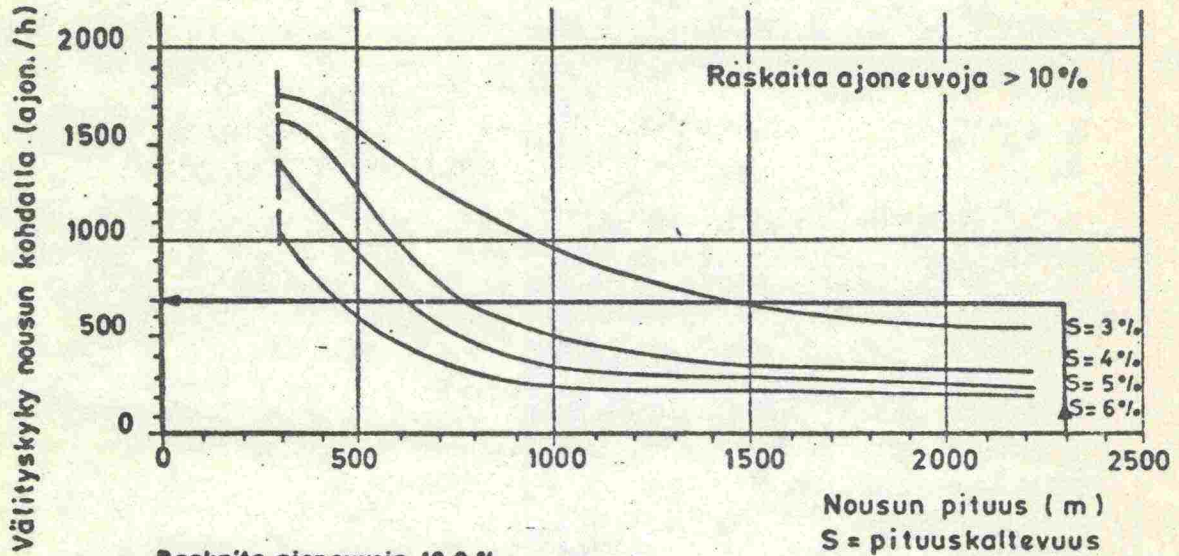
Suomeen rakennettujen nousukaistojen tarpeellisuus on yleensä selvitetty "Suuntauksen suunnittelu" ohjeluonnoksen (liite 1) mukaisen kapasiteettitarkastelun avulla.

Kuvassa 1 ja taulukossa 6 on esitetty esimerkkinä Kovalanmäen (Turun piiri) nousukaistojen tarpeellisuustarkastelu. Liikenne-ennuste KVL 85 on ehkä hieman liian suuri; liikenteen kasvu ei nykyään ole ollut sellaista kuin muutama vuosi sitten vielä arveltiin. Useimpien rakennettujen mm. kaikkien Turun piirin nousukaistojen kohdalla olisi tien kapasiteetti piirien laskelmien mukaan ylitetty vuoteen 1985 mennessä.

Suomessakin muutaman vuoden kuluttua (v. 1979) voimaantuleva määräys raskaiden ajoneuvojen minimitehosta saattaa vähentää jonkin verran nousukaistojen tarvetta. On kuitenkin todettava, että tehovaatimus 4.44 kW/tn (6 hv DIN/tn) on varsin alhainen, eikä oleellisesti muuta raskaiden ajoneuvojen mäennousukykyä nykyiseen tilanteeseen verrattuna. Tehovaatimus 4.4 kW/tn edellyttäisi 42 tonnin ajoneuvoyhdistelmän vetoautolta n. 187 kW:n moottoritehoa (252 hv); nykyisessäkin kalustossa tämän tehoiset ja huomattavasti suuremmatkin moottorit ovat varsin tavallisia.

KUVA 1: NOUSUKAISTOJEN TARPEELLISUUDEN TOTEAMINEN
(Laadittu Turun piirissä)

1a KOVALANMÄKI I:N NOUSUKAISTA



Raskaita ajoneuvoja 10.9 %

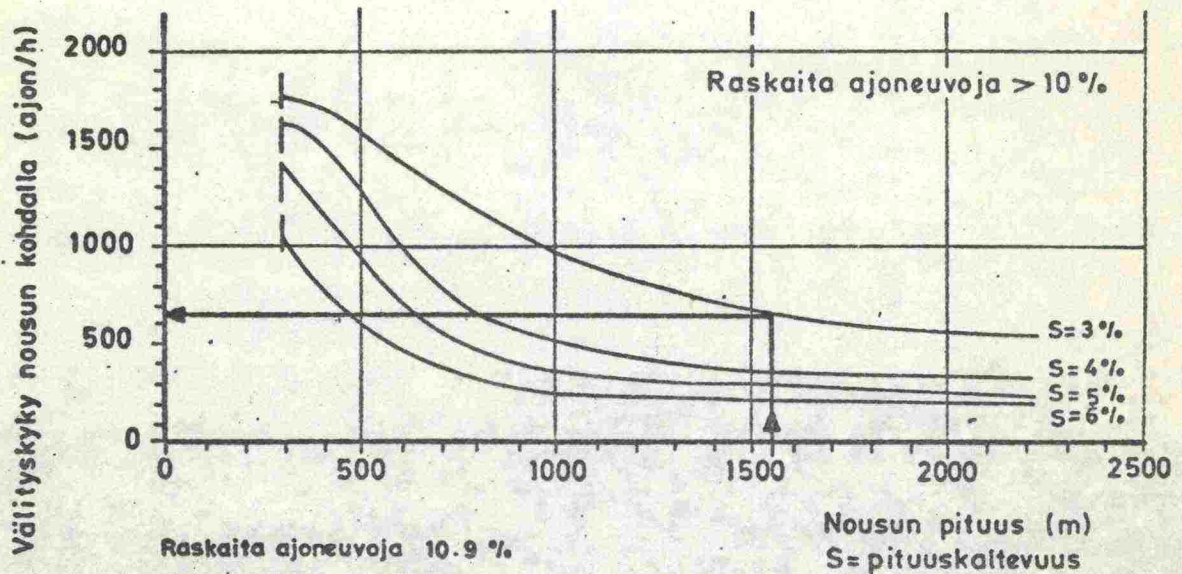
Nousun pituus 2300 m

Nousuprosentti 2.8 %

Välityskyky 700 ajon/h

Nousukaista tarvitaan, koska liikenne on yli 700 ajon/h ja
ennuste vuodelle 1985 on yli 1200 ajon/h

1b KOVALANMÄKI I:N NOUSUKAISTA



Raskaita ajoneuvoja 10.9 %

Nousun pituus 1550 m

Nousuprosentti 3.0 %

Välityskyky 650 ajon/h

Nousukaista tarvitaan, koska liikenne on yli 700 ajon/h ja
ennuste vuodelle 1985 on yli 1100 ajon/h

Taulukko 6: Nousukaistan tarpeellisuuden toteamiseen liittyvä liikenne-ennuste KVL₁₉₈₅ tieosalla Valkoja-Kumpula (vt 1 väli Piikkiö-Salo)

6a: Valkoja \rightleftarrows Kovala (n. 3,0 km)

ajoneuvo liikenne	Ha	Pa	La	Ka				Mp	Tr	M.ajon/vrk
				ip	pp	tp	yht.			
KVL 1970	3194	235	109	467	159	150	776	20	6	4340
KVL 1985	7825	533	154	509	222	270	1001	4	10	9527

6b: Kovala \rightleftarrows Pyhäloukas (n. 9,6 km)

ajoneuvo liikenne	Ha	Pa	La	Ka				Mp	Tr	M.ajon/vrk
				ip	pp	tp	yht.			
KVL 1970	2953	246	99	342	175	163	680	13	2	3993
KVL 1985	7235	555	140	376	244	292	912	2	2	8846

6c: Pyhäloukas I \rightleftarrows Kumpula (n. 6,9 km)

ajoneuvo liikenne	Ha	Pa	La	Ka				Mp	Tr	M.ajon/vrk
				ip	pp	tp	yht.			
KVL 1970	3166	270	115	348	178	158	684	11	9	4255
KVL 1985	7602	641	150	402	251	296	949	4	18	9364

Raskaiden ajoneuvojen mäennousukyvyyn, kiihtyvyyden ja nousukaistojen rakentamistarpeen kannalta olisi varsin helposti perusteltavissa tiukempikin teho-vaatimus, johon v. 1980 mennessä pitäisi pyrkiä, esim. 6 kW/tn (n. 8 hv DIN/tn). Tämä vastaisi moottoritehoa 252 kW 42 tonnin kokonaispainolla (n. 340 hv).

3.

NOUSUKAISTOJEN LIIKENNETALOUDELLINEN TARKASTELU:

tavoitteet ja tutkimusmenetelmät

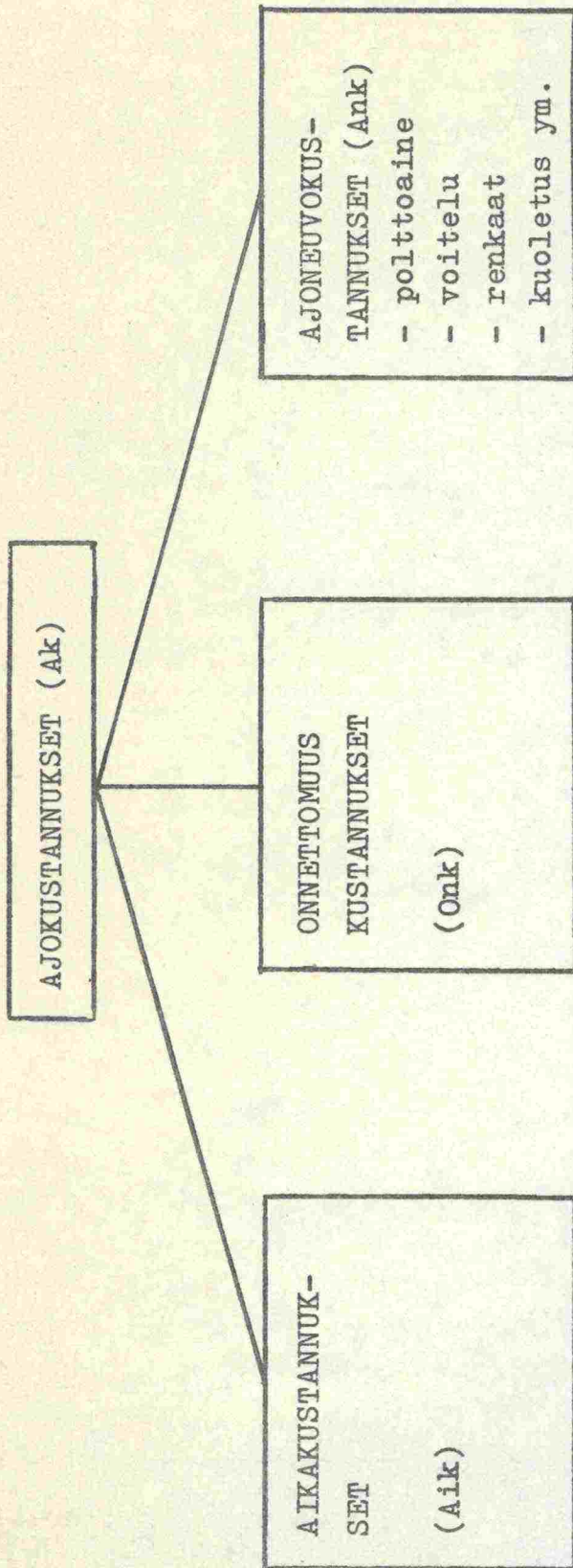
3.1

Tavoitteet

Tutkimus on rajattu kokemaan nousukaisten mitattavia vaikutuksia moottoriajoneuvojen ajokustannuksiin. Tavoitteena on selvittää nousu- 1. ryömintäkaistan rakentamisen liikennetaloudelliset perusteet (ohjeellisessa muodossa) tienrakennus- ja tienparannussuunnittelua varten.

Käytännössä ei tähän perustavoitteeseen vielä päästä, sillä onnettomuuskustannusten muutoksista ei tois- taiseksi voida sanoa mitään varmaa. Tärkeimmäksi tarkasteltavaksi kustannuskomponentiksi jää siten aikatekijä. Kuvassa 2 on esitetty ajokustannusten muodostuminen. Nousukaistalla on vai- kutusta myös kolmanteen ajokustannustekijään, ajo- neuvokustannuksiin (polttoainekustannukset).

Mittaus- ym. havaintojen perusteella pyrittiin selvit- tämään (henkilö)autojen ajokustannusten muutos, mi- käli tiettyyn nousuun rakennetaan nousukaista. Vertaamalla saavutettavia kustannussäästöjä tarvitta- viin investointeihin, voidaan päätellä nousukaistan rakentamisen liikennetaloudelliset edellytykset.



Kuva 2 : Moottoriajoneuvojen ajokustannusten muodostuminen

TVH

3.2

Ajoneuvo-
mittaukset

Mittausohjelma jaettiin teknisesti kahteen osaan 1) ajoneuvomittauksiin ja 2) liikennehavaintoihin. Ajoneuvomittaukset puolestaan jakautuivat ajoanalyysaattorimittauksiin sekä rekisteritunnusmenetelmällä tehtyihin havaintoihin kahdessa mäessä (Kuusikonmäki /itä ja Kovalanmäki/länsi).

Ajoanalyysaattorilaitteisto oli TVH:n NOKIA PP6300 (ks. liite 5). Analyysaattorimittauksia oli kahta tyyppiä: a) suora mittaus, jolloin laitteet olivat autossa , jonka käyttäytymistä nousussa tutkittiin ja b) välillinen mittaus, jolloin mittausautolla seurattiin tutkittavaa ajoneuvoa (kuorma-autoa); tällöin saatiin selville vain nopeudenmuutokset.

Suorassa mittauksessa ajoanalyysaattori on ollut asennettuna SAAB 95 henkilöautoon, joka on TVH:n normaali mittausauto, sekä Mercedes-Benz Typ 2632 kuorma-autoon (moottori V10; 237 kW DIN). Mm. teknisistä syistä jäivät mittausajot toisella tähän tarkoitukseen varatulla kuorma-autolla (SISU SA 172) tekemättä, joten saatu aineisto näistä mittauksista jäi vähäiseksi. Toisaalta on ollut kuitenkin käytettävissä varsin laaja vanhempi havaintoaineisto kuorma-autojen polttoaineen kulutuksesta ja nopeuksista erilaisissa nousuissa. Nämä havainnot liittyvät M. Mattilan tutkimukseen "Kokonaispainon vaikutuksesta kuorma-auton polttoaineen kulutukseen ja nopeuteen II" (TVH 1972). Todettakoon, että Mattilan tutkimuksen mäissä ei ollut nousukaistoja. Ajoanalyysaattori oli asennettuna SISU Kontio LV-132 BV (m-teho n. 137 kW) ja SISU M-162 CST (m-teho 244 kW) autoihin.

Tämän tutkimuksen mittauksissa oli kuorma-auton suurimpana kokonaispainona uusien 10/16 t akselipainojen mukainen 42 tonnia. Mattilan tutkimuksessa käytettiin useita eri kokonaispainoja (19, 35, 42 ja 52 tonnia).

Kuvassa 3 on näytteenä kahden kuorma-auton hidastuvuuskäyrät 6 % nousussa.

Rekisterilaattamenetelmässä havainnoidaan mitatulla tieosalla, tässä tutkimuksessa siis nousukaistan alku- ja loppupäässä, ajoneuvovirran järjestys (rekisteritunnusten perusteella), sekä ajoneuvojen havaintovälillä käyttämä aika. Näistä tiedoista voidaan laskea ohitus-, nopeus- yms. tietoja. Tämä tutkimusmenetelmä on verraten työläs, joskin aineiston käsittelyyn voidaan käyttää tietokonetta.

Välillisiä mittauksia tehtiin seuraamalla ajoanalyysaattoriautolla (SAAB 95) kuorma-autoja nousuissa noudattaen mahdollisimman tarkoin kuorma-auton nopeutta. Seurantamittauksia tehtiin kaikkiaan 405 kpl 13 mäestä, joista seitsemässä saatiin vähintään 50 havaintoa.

Mittaustapa sinänsä oli riittävän tarkka, suurimpana haittana oli se, että kuorma-autojen kuorman suuruudesta oli tyydyttävä silmämääräiseen arvioon. Taulukossa 7 on Hyrkkölänmäen nousukaistalta kerättyä havaintoaineistoa kuorma-autojen nopeudenmuutoksista.

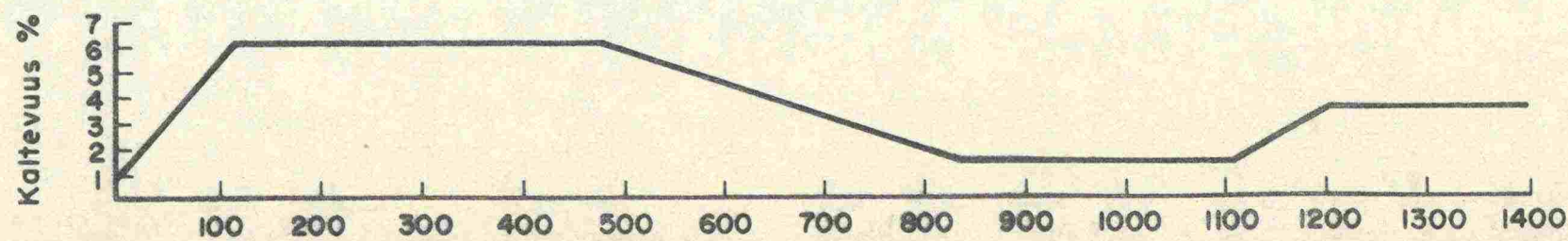
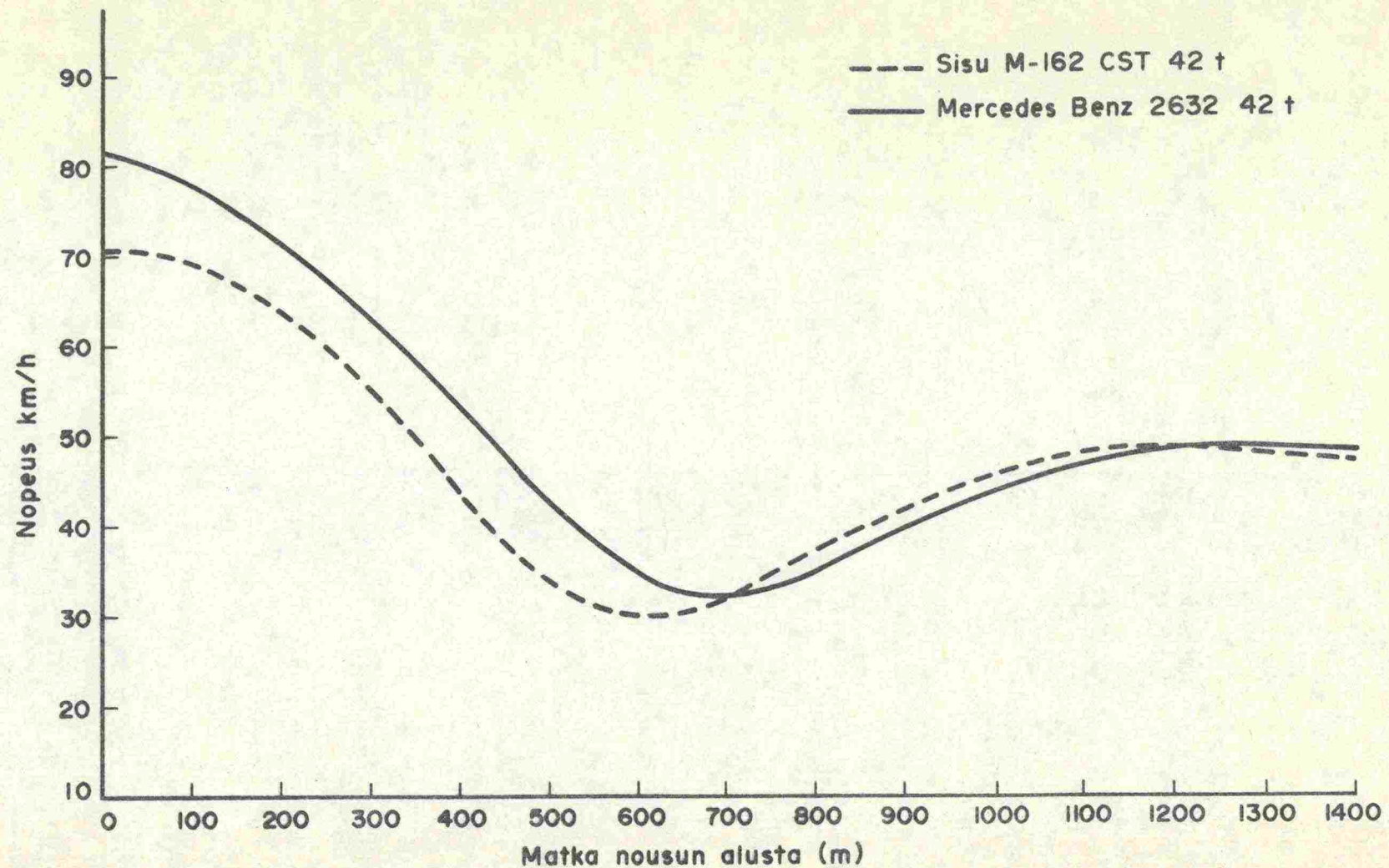
Mittaushavaintojen määrää voidaan pitää riittävänä yleisempienkin johtopäätösten tekoon.

3.3

Muut mittaukset
ja havainnot

Liikennehavainnoinnissa tarkkailtiin paitsi liikennemääriä, potentiaalisia konfliktitapahtumia nousuissa. Konfliktilla tarkoitetaan tässä tilannetta, jolloin henkilöauto olisi joutunut hidastamaan nopeuttaan mäkeä nousevan kuorma-auton takia. Tarkoituksena oli siis selvittää jyrkän nousun aiheuttama häiriö henkilöautoille. Näitä havaintoja on kuitenkin niukasti, joten johtopäätökset täytyy osittain perustaa oletuksille.

Kuva 3 Sisu M-162 CST:n ja Mercedes Benz 2632:n hidastuvuudet nousussa 3
(Kurjenmäki, vt I)



Taulukko 7: Esimerkki nousukaistatutkimuksen seurantamittausaineistosta

MITTAUSOSA: KORPILAHTI/Hyrkkölänmäki (vt 4)

PV. 7.8.-74 12.50 - 16.40

KULJ. MP

SAA: SATEISTA

KM/h

902 - 906

HAV. N:o	AUTON LAATU	MERKKI	KUORMA	V ₀	V min.	HUOMAUTUKSIA	AIKA	KULUTUS	MAIKA
146	KATP	SCANIA		92	55		44	46	883
147	KATP	" 110S		88	40		58	37	907
148	KAIP	"		101	72		40	39	900
149	KATP	"	TYHJÄ	83	64		44	42	875
150	KAIP	VOLVO	" (MAITOA.)	85	55		48	37	895
151	KAIP	"	PAKASTEA.	86	59		46	37	891
152	KATP	" 88		77	46		54	41	875
153	KATP	SCANIA110	SÄILLIÖA. (TYHJÄ)	89	73		40	46	871
154	KATP	JYRY-SISU	PROPSIK.	66	13		121	63	879
155	KATP	SCANIA	TUKKIK.	73	17		107	42	892
156	KATP	SISU	SÄILLIÖA. (TYHJÄ)	81	69		42	47	877
157	KATP	" M-162		85	62		51	38	897
158	KAPP	SCANIA		84	36	PA EDESSÄ	59	39	892
159	KAIP	VOLVO	JAKELUAUTO	80	60		47	47	895
160	KAPP	SCANIA		75	55		50	46	898
161	KAIP	BEDFORD		81	49		56	40	893
						Vo = alkunopeus			

Lisäksi tarkkailtiin nousukaistojen käyttöä. Tarkkailuhavainnot sekä mittaukset on tehty ennen ryömintäkaistoja koskevan asetusmuutoksen voimaantuloa, pääosin kesällä 1974.

4

NOUSUKAISTOJEN RAKENTAMISEN LIIKENNETALOUDELLISET PERUSTEET: tutkimuksen tulokset

4.1

Yleistä

Jyrkissä nousuissa kuorma-autojen ja henkilöautojen nopeuserot kasvavat huomattavasti. Tällaisissa nousuissa myöskin näkemäolosuhteet ovat useimmiten sellaiset, että ohitukset eivät ole mahdollisia. Tämän vuoksi henkilöautot joutuvat usein pienentämään nopeutensa kuorma-autojen nopeuteen. Rakennettaessa nousukaista hidas liikenne siirtyy käyttämään sitä ja henkilöautoille tarjoutuu tilaisuus ohitukseen ja suuremman ajonopeuden ylläpitoon.

Nousukaistan liikennetaloudellista kannattavuutta arvioitaessa tarvitaan tietoja mahdollisen nousukaistan vaikutuksista moottoriajoneuvojen ajokustannuksiin. Tarkasteltavat tekijät ovat siten saatettavat aikasäästöt (henkilöautoliikenne), muutokset ajoneuvokustannuksissa (lähinnä henkilöautojen polttoainekustannuksissa) sekä onnettomuuskustannusten muutos.

Henkilöautoliikenteen aikasäästöjen laskeminen perustuu tehtyihin seurantamittaushavaintoihin. Polttoainekustannusten muutoksen laskeminen perustuu puolestaan eräisiin varhaisempiin ajoanalysointimittauksiin; joiltain osin myös oletuksiin. Onnettomuuskustannuksia käsiteltiin jo luvussa 2.3.

Raskaiden ajoneuvojen ajokustannuksiin ei nousukais-
talla ole periaatteessa eikä käytännössä sanottavaa vaikutusta, joten esiteltävät laskentamenettelyt koskevat pelkästään henkilöautoja.

Laskelmissa tarvittavat tiedot rakentamis- ja kunnossapitokustannuksista (myös uudelleenpäällystämiskustannuksista) on saatu tehdyn kyselyn vastauksista tai soveltaen 2-kaistaisen tien vastaavista kustannuksista.

4.2

Ajokustannusten muuttuminen: aikasäästöt

Seurantamittauksia (ks. myös s. 16) tehtiin seitsemässä eri mäessä, joihin oli rakennettu nousukaista. Taulukossa 8 on lueteltu tutkimuskohteet. Taulukossa 9 on mittauksiin liittyviä tietoja samoista nousuista.

Seurantamittaushavaintoja saatiin yhteensä 405 kpl. Taulukossa 10 on esitetty havaintojen jakautuma eri nousuille ja ajoneuvotyypeille. Liitetaulukossa 6 on lisäksi esitetty merkkikohtainen jakauma.

Seurantamittaushavaintojen tietokonekäsittelyä varten ajoanalysointinauhoilta kerättiin seuraavat tiedot:

- matka ja aika kiintopisteittäin (pisteet olivat valittuja maastomerkkejä nousun varrella)
- polttoaineen kulutus (siis mittausauton) em. kiintopisteiltä
- hetkellinen nopeus nousukaistan alussa ja lopussa (alku- ja loppunopeus)
- pienin hetkellinen nopeus (miniminopeus)

Lisäksi koodattiin lävistyslomakkeille tutkittu nousu, havainnon järjestysnumero, seurattu ajoneuvolaji ja automerkki.

Aineisto lävistettiin korteille ja tietokoneohjelmalla sitä lajiteltiin ja näin saaduista ryhmistä laskettiin keskiarvoja. Taulukossa 11 on esitetty kuorma-autojen nopeudet tutkimusmäättain ja taulukossa 12 keskinopeudet ajoneuvolajeittain.

Mittauksia ja havaintoja varten on valittu joukko erityyppisiä mäkiä, joihin on rakennettu nousukaista. Mäet on lueteltu taulukossa 8.

Taulukko 8: Nousukaistatutkimuksen tutkimuskonteet

No.	Mäen nimi	Pituus m	Min .n ‰	Maks.n ‰	Huom
1	Kovalanmäki (vt 1)	2800	1.7-2540 m	5.1	
2	Korvenpäänmäki (vt 1)	1440	3.9-1060 m	6.4	
3	Kurjenmäki I	1020	4.1- 760 m	6.0	2-puol.
4	(vt 1) II	1380	2.8-1120 m	5.0	
5	Hyrkkölänmäki (vt 4)	1130	3.5-1100 m	6.0	
6	Kuusikonmäki I	1100	3.6- 900 m		2-puol.
7	(Kehä III) II	950	4.3- 600 m		

Taulukko 9: Tietoja tutkimuksessa mukana olleista mäistä

Mäen no.	Mittavälin keskikaltevyys ‰	Mittavälin pituus m	KVL 1970 (ajon/vrk)	Rask. ajon ‰ (1970)
1	2.8	2 432	4 340	21
2	3.9	1 087	4 174	21
3	4.3	676	4 109	21
4	2.9	1 022	4 109	21
5	4.0	867	2 783	18
6	3.4	660	9 806	18
7	3.8	845	9 806	18

Taulukko 10: Kaikkien kuorma-autojen nopeudet tutkimusmäittäin (km/h)

Mäen no.	Alku-nopeus	Minimi-nopeus	Loppu-nopeus	Keski-nopeus	Keskino-peuden hajonta
1	78.7	47.4	65.4	61.1	11.3
2	81.1	50.7	58.6	59.6	8.5
3	79.1	51.7	57.3	61.0	9.0
4	79.7	61.8	67.4	70.1	7.7
5	78.7	46.0	60.6	57.2	13.5
6	61.2	45.1	60.2	52.1	9.5
7	76.1	47.6	57.2	57.6	12.6

Taulukko 11: Keskinopeudet ajoneuvolajeittain eri tutkimusmäissä (km/h)

Mäen no.	KAIP	KAPP	KATP
1	64.8	58.3	61.7
2	60.9	59.2	58.5
3	62.2	60.9	60.4
4	71.0	69.5	69.4
5	58.5	56.3	55.7
6	48.4	51.8	54.0
7	63.3	56.1	49.1

KAIP = kuorma-auto ilman perävaunua

KAPP = kuorma-auto puoliperävaunulla

KATP = kuorma-auto täysperävaunulla

Taulukko

Seurantamittaushavainnot ajoneuvolajeittain

Mäki	KAIP		KAPP		KATP		MUUT		YHTEENSÄ		‰ koko aineistos- ta
	kpl	‰	kpl	‰	kpl	‰	kpl	‰	kpl	‰	
1	10	18.2	19	34.6	26	47.3	-	-	55	100	13.6
2	17	30.4	18	32.1	20	35.7	1	1.8	56	100	13.8
3	13	23.2	21	37.5	22	39.3	-	-	56	100	13.8
4	22	41.5	11	20.8	20	37.7	-	-	53	100	13.1
5	20	23.8	25	29.8	36	42.9	3	3.6	84	100	20.7
6	10	19.6	19	37.3	22	43.1	-	-	51	100	12.6
7	25	50.0	10	20.0	15	30.0	-	-	50	100	12.3
Yht.	117	28.9	123	30.4	161	39.8	4	1.0	405	100	100

KAIP: kuorma-auto ilman perävaunua

KAPP: kuorma-auto puoliperävaunun kanssa

KATP: kuorma-auto täysperävaunun kanssa

Tämän jälkeen selvitettiin kuorma-autojen nousussa saavuttaman keskinopeuden riippuvuutta nousun ominaisuuksista. Tätä varten laskettiin keskinopeudet mäen alusta eri kiintopisteisiin. Keskinopeuksien keskiarvot laskettiin mäittäin ja niihin liitettiin tiedot vastaavien nousujen ominaisuuksista. Saadun aineiston avulla tutkittiin regressioanalyysiä hyväksikäyttäen kuorma-autojen nousuissa saavuttaman keskinopeuden riippuvuutta nousun geometrisista ominaisuuksista.

Keskinopeudelle saatiin seuraava malli:

$$(1) \quad V_k = 77.713 + 8.2107 \cdot K (e^{-P} - 1), \text{ jossa}$$

V_k = keskinopeus (km/h)

K = nousun keskikaltevuus (%)

P = nousun pituus (km)

Kuvassa 4 on esitetty keskinopeuden riippuvuus nousun pituudesta eri kaltevuuksilla.

Keskinopeuden keskihajonnalle (KH) saatiin seuraava regressioyhtälö:

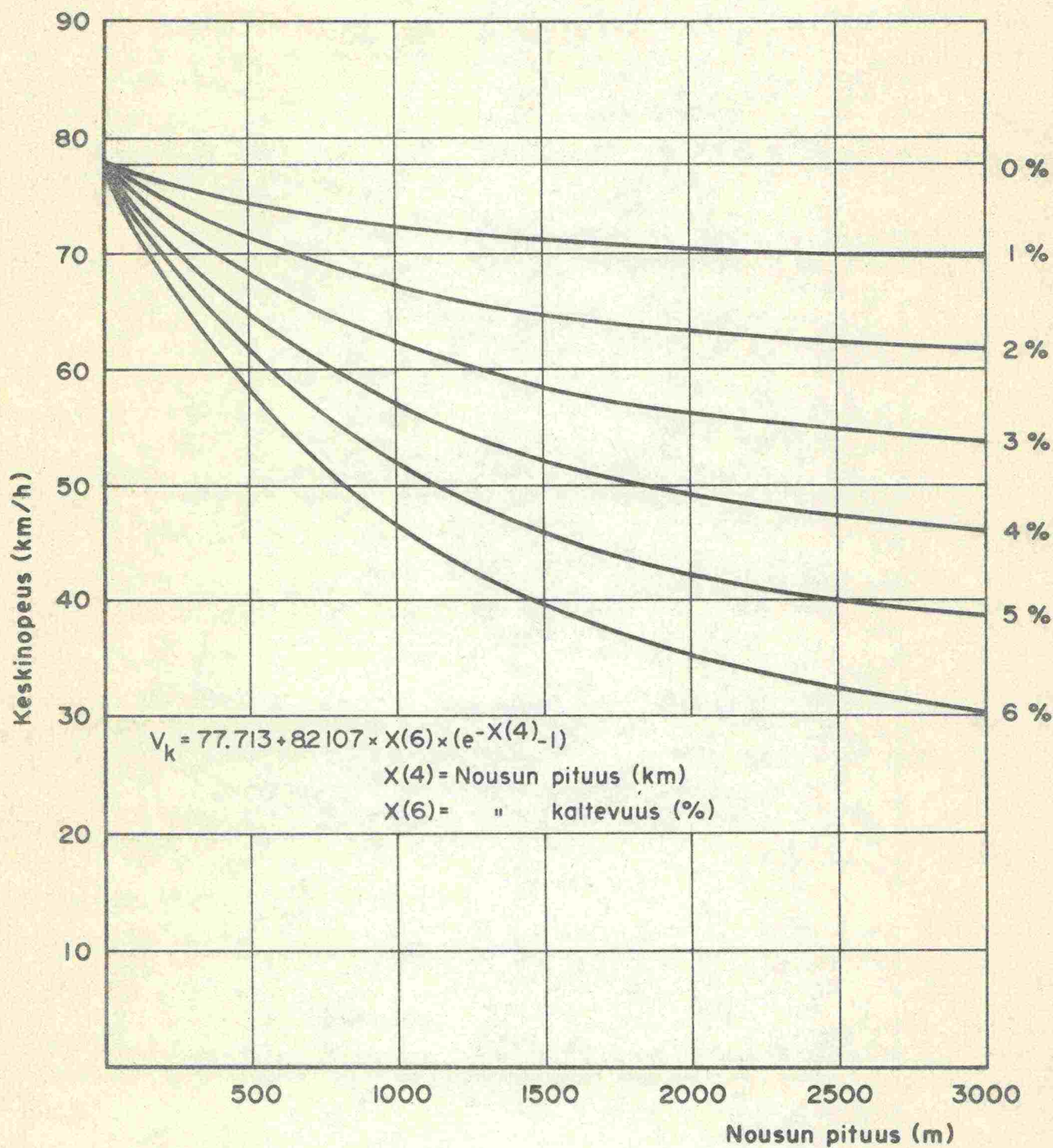
$$(2) \quad KH = 9.2345 + 0.0512 \cdot K + 0.0008 P,$$

jossa K ja P ovat kuten yhtälössä (1)

Aikasäästöjen laskeminen

Nousukaistasta henkilöautoille aiheutuvan aikasäästön laskemista varten on tehty seuraavat oletukset:

1. Ajoneuvot saapuvat nousun alkuun negatiivisen eksponentiaalijakautuman mukaisin aikaväleihin
2. Henkilöautojen keskinopeuksien jakautuma nousussa on normaalin keskiarvona 90 km/h ja keskihajontana 15 km/h.



Kuva 4: Kuorma-autojen keskinopeuden riippuvuus nousun pituudesta (m) ja keskikaltevuudesta (%)

3. Kuorma-autojen keskinopeuksien jakautuma nousussa on normaalin keskiarvona ja keskinajontana regressioyhtälöistä (1) ja (2) saatavat nousun pituudesta ja kaltevuudesta riippuvat arvot.
4. Kuorma-autojen sijoittuminen henkilöautojen joukkoon noudattaa tasaista jakautumaa
5. Ennen nousukaistan rakentamista ohitukset nousussa eivät ole mahdollisia
6. Nousukaistan rakentamisen jälkeen nousussa on vapaat ohitusolosuhteet

Tehdyt oletukset ovat verraten realistisia laskenta-menettelyn vaatimia yksinkertaistuksia. Todellisuuden verrattuna lienee kyseenalaisin oletus no. 4, mutta sen mahdollista virhevaikutusta laskelman lopputulokseen ei katsottu kovin suureksi, lisäksi ei ollut perusteita muunkaanlaisen sijoitusjakautuman käytölle.

Aikasäästöjen laskemisessa käytetty tietokoneohjelma oli periaatteeltaan seuraava:

1. Lähtötietoina annettiin tuntiliikenne, raskaiden ajoneuvojen osuus ($\frac{z}{Z}$), nousun pituus ja keski-kaltevuus sekä henkilöautojen nousussa saavuttamien keskinopeuksien keskiarvo ja keskinajonta
2. Ajoneuvojen saapumisajat nousun alkuun laskettiin negatiivista eksponentiaali-jakautumaa noudettavista aikaväleistä, joita satunnaislukugeneraattori tuotti lähtötietona annetun tuntiliikennemäärän perusteella (1. ajoneuvon saapumisaika oli $0 + 1$ aikaväli).
3. Saapumisaikoihin liitettiin vastaavan ajoneuvon järjestysnumero
4. Kuorma-autojen järjestysnumerot määrättiin satunnaislukugeneraattorin avulla

5. Saapumisaikoihin lisättiin ajoneuvojen nousussa käyttämät ajat, jolloin saatiin ajoneuvojen ajat nousun lopussa vapaissa ohitusolosuhteissa. Nousussa kulutettu aika laskettiin perustuen normaalijakautuneisiin keskinopeuksiin, joita satunnaislukugeneraattori tuotti erikseen henkilö- ja kuorma-autoille lähtötietoina annettujen jakautumien keskiarvojen ja keskihajontojen perusteella.
6. Laskettiin loppuaikojen summa vapaissa ohitusolosuhteissa.
7. Laskettiin loppuaikojen summa ilman ohituksia (seuranta-aikaväliksi oletettiin 1 sekunti) ja vähennettiin siitä loppuaikojen summa vapaissa ohitusolosuhteissa. Erotus on saavutettava aikasäästö
8. Aikasäästöjä laskettiin nousun pituutta, kaltevuutta, tuntiliikennemäärää ja kuorma-autoprosenttia vaihdellen ja tulosten perusteella laskettiin aikasäästöille (tuntia) vaihdelluista tekijöistä riippuva regressioyhtälö.
9. Tätä yhtälöä hyväksikäyttäen laskettiin liikenteen vaihtelumuodot huomioon ottaen malli aikasäästöille (vuodessa).

Saatu malliyhtälö on seuraava:

$$(3) \quad A_s = 3.82136 \cdot 10^{-13} \cdot P^{2.2255} \cdot K^{2.7061} \cdot KVL^{1.6006} \cdot R_{pr}^{0.36193}$$

Yhtälössä A_s = aikasäästö/vuosi (tuntia)

P = nousun pituus (m)

K = nousun keskikaltevuus (%)

KVL = keskim. vuorokausiliik. (ajon./vrk)

R_{pr} = raskaita ajoneuvoja (% KVL:stä)

Tämän mallin perusteella piirrettiin kuvan 5 nomogrammi nousukaistan aikasäästöjen arvioimiseksi.

Nomogrammista saadaan helposti suunnitellun nousukaistan aiheuttama aikasäästö. Nomogrammia käytettäessä on huomattava, että siinä oleva KVL tarkoittaa liikennettä nousun suuntaan (l. on puolet ko. tienkohdan varsinaisesta KVL:stä).

Investointilaskelmia varten on saatu tuntimäärä vielä kerrottava käytetyllä ajan markkamääräisellä arvolla. Esimerkkitapauksessa tulisi l. vuoden aikasäästökseksi (kevyen tyyppi-auton ajan arvo v. 1975 on 13,- mk/h):

$$13,- \text{ mk/h} \cdot 3\ 200 \text{ h/v} \approx 41\ 600 \text{ mk/v}$$

Taloudellisia laskelmia käsitellään tarkemmin kuvassa 5.

4.3

Ajokustannusten muuttuminen: ajoneuvokustannukset

Nousukaistan rakentamisen seurauksena henkilöautojen nopeudet muuttuvat, jolloin yleensä myös ajoneuvojen polttoaineen kulutus muuttuu. Muihin ajoneuvokustannustekijöihin ei nousukaistalla ole havaittavia vaikutuksia.

Nousukaistan rakentamisen vaikutusta henkilöautojen polttoaineenkulutukseen tutkittiin ajamalla ajoanalysointoriautolla tutkimusmäissä erilaisilla nopeuksilla. Lisäksi tutkittiin polttoaineenkulutusta kiihdytyksissä tasaisella suoralla tieosalla pyrkien mahdollisimman normaaliin kiihdytykseen.

Polttoaineenkulutuksen riippuvuudelle nousun kaltevuudesta ja ajonopeudesta saatiin seuraava malli:

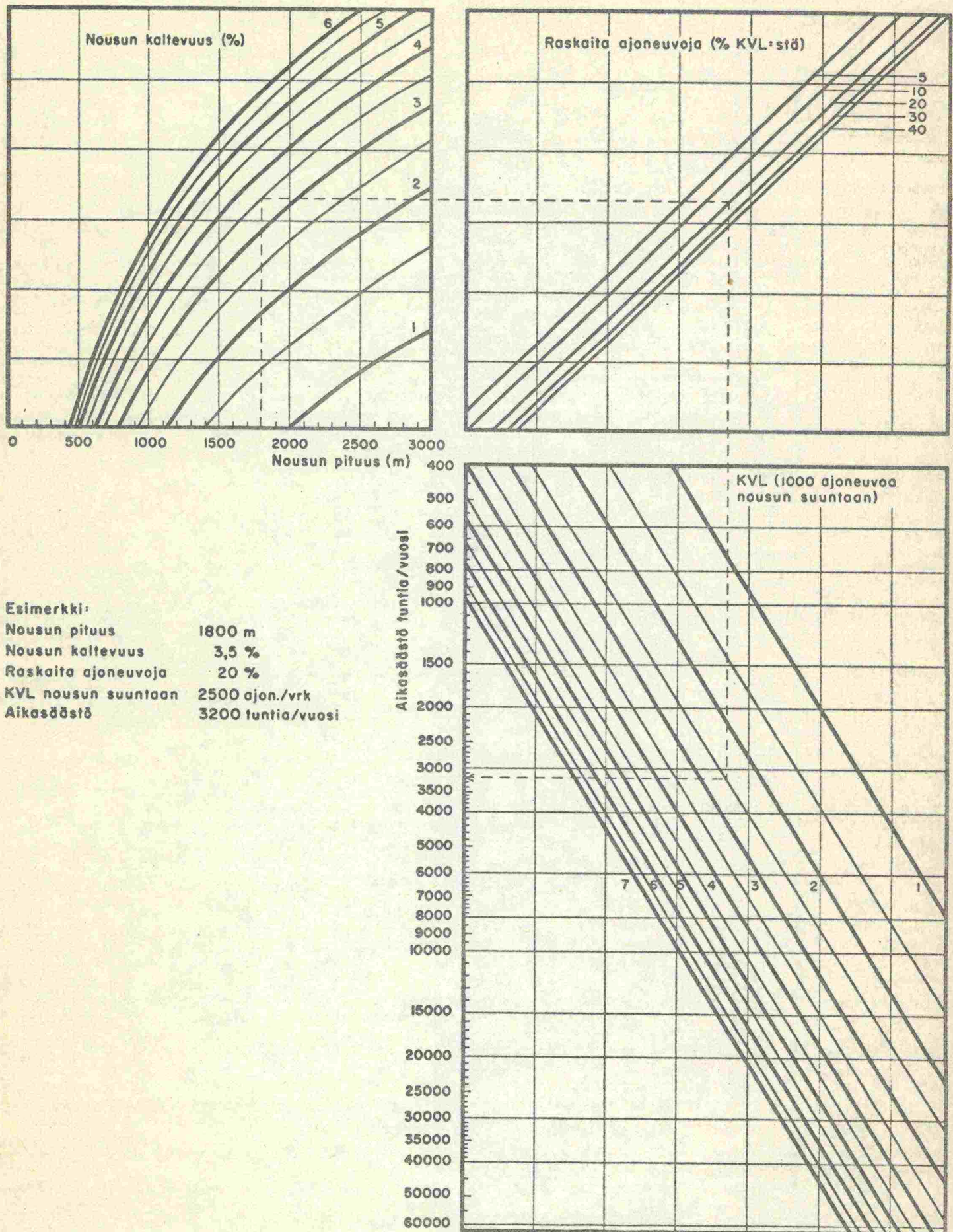
$$(4) \quad P = -0.6638 + 2.7461 \cdot K + 0.6459 \cdot 10^{-3} \cdot v^2$$

(kokonaiskorrelaatiokerroin $R = 0.970$)

Mallissa P = polttoaineenkulutus (l/100 km

K = nousun kaltevuus (%)

v = keskinopeus (km/h)



Kuva 5: Nomogrammi nousukaistan aikasäästöjen arvioimiseksi.

Polttoaineenkulutukselle kiihdyttäessä nopeudesta 0 nopeuteen v saatiin regressiomalli:

$$(5) \quad P = 0.87119 \cdot 10^{-2} v^2 + 0.24507 \cdot 10^{-6} \cdot v^4 \\ (R = 0.997)$$

Mallissa P = polttoaineenkulutus (mk)
 v = saavutettu nopeus

Kiihdytyksen aikana kuljetulle matkalle saatiin malli:

$$(6) \quad M = 2.7715 \cdot 10^{-2} \cdot v^2 + 0.29774 \cdot 10^{-5} \cdot v^4 \\ (R = 0.997)$$

Mallissa M = matka (m)
 v = saavutettu nopeus (km/h)

Polttoaineenkulutukselle tasaisella suoralla tiellä nopeudella 90 km/h käytettiin aikaisemmista TVH:n tutkimuksista saatua arvoa 6.7 l/100 km.

Polttoaineenkulutuksen muuttumisen laskeminen

Arvioitaessa nousukaistan vaikutusta henkilöautojen polttoaineenkulutukseen käytettiin hyväksi esitetyjä regressiomalleja ottaen huomioon liikennemäärän, liikenteen koostumuksen ja liikenteen vaihtelumuotojen vaikutus.

Henkilöautojen vapaaksi ajonopeudeksi nousussa otettiin 90 km/h. Käytännössä ajonopeus nousuissa on yleensä jonkin verran alhaisempi; laskelmien tulokseen ei tällä ole ratkaisevaa merkitystä. Nousukaistan rakentamisen jälkeen kaikkien henkilöautojen laskettiin ajavan tällä nopeudella nousussa. Ilman nousukaistaa 90 km/h oletettiin ajavan niiden henkilöautojen, jotka eivät joutuneet pienentämään nopeuttaan kuorma-autojen takia. Häiritettyjen henkilöautojen oletettiin joutuvan hidastamaan kuorma-autojen nopeuteen keskimäärin puolessa välissä nousua.

Kuorma-autojen nopeudet laskettiin seurantamittausten perusteella tehdyistä regressiomalleista. Nousun jälkeen henkilöautojen oletettiin kiihdyttävän takaisin tavoitenopeuteensa 90 km/h.

Häirittyjen henkilöautojen osuus kaikista henkilöautoista laskettiin kaavalla:

$$(7) P(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

jossa $P(t)$ = häirittyjen henkilöautojen osuus

λ = kuorma-auton jäljessä nousun alkuun aikayksikössä keskimäärin saapuvien henkilöautojen määrä

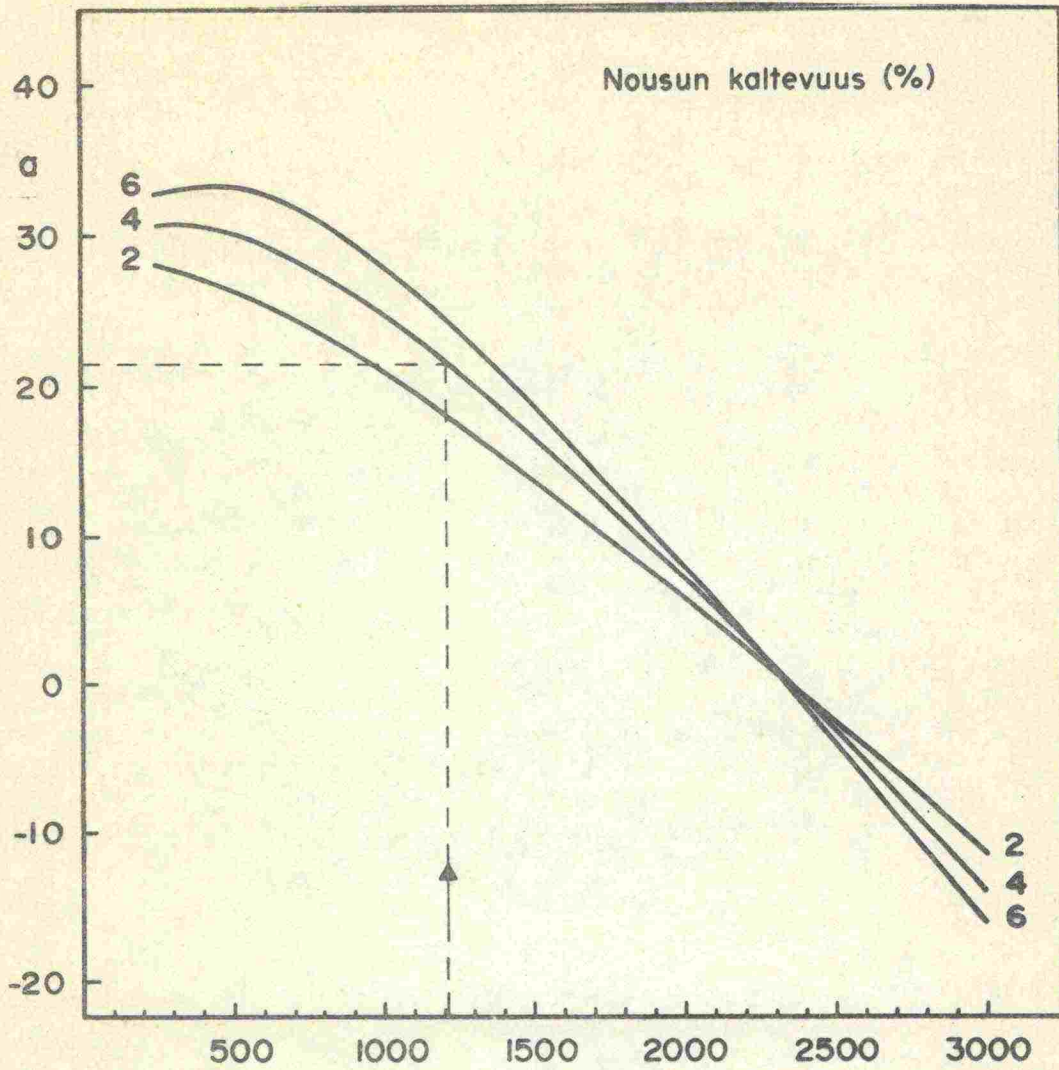
t = kuorma- ja henkilöautojen (nopeudella 90 km/h) nousussa käyttämien aikojen erotus

$P(t)$ on toisin sanoen todennäköisyys sille, että aikaväli kuorma-autosta sitä seuraavaan henkilöautoon on pienempi kuin niiden nousun ajamiseen käyttämien aikojen erotus.

Liikenteen vaihtelumuodot huomioon ottaen laskettiin häirittyjen henkilöautojen määrä vuodessa. Tällä kerrottiin nousukaistan yhdelle häiritylle henkilöautolle aiheuttama polttoaineenkulutuksen muutos. Tulokseksi saatiin nousukaistan rakentamisesta johtuva henkilöautoliikenteen polttoaineenkulutuksen muutos vuodessa. Tämän suuruus riippuu nousun kaltevuudesta ja pituudesta, henkilö- ja kuorma-autojen määrästä sekä liikenteen vaihtelumuodoista.

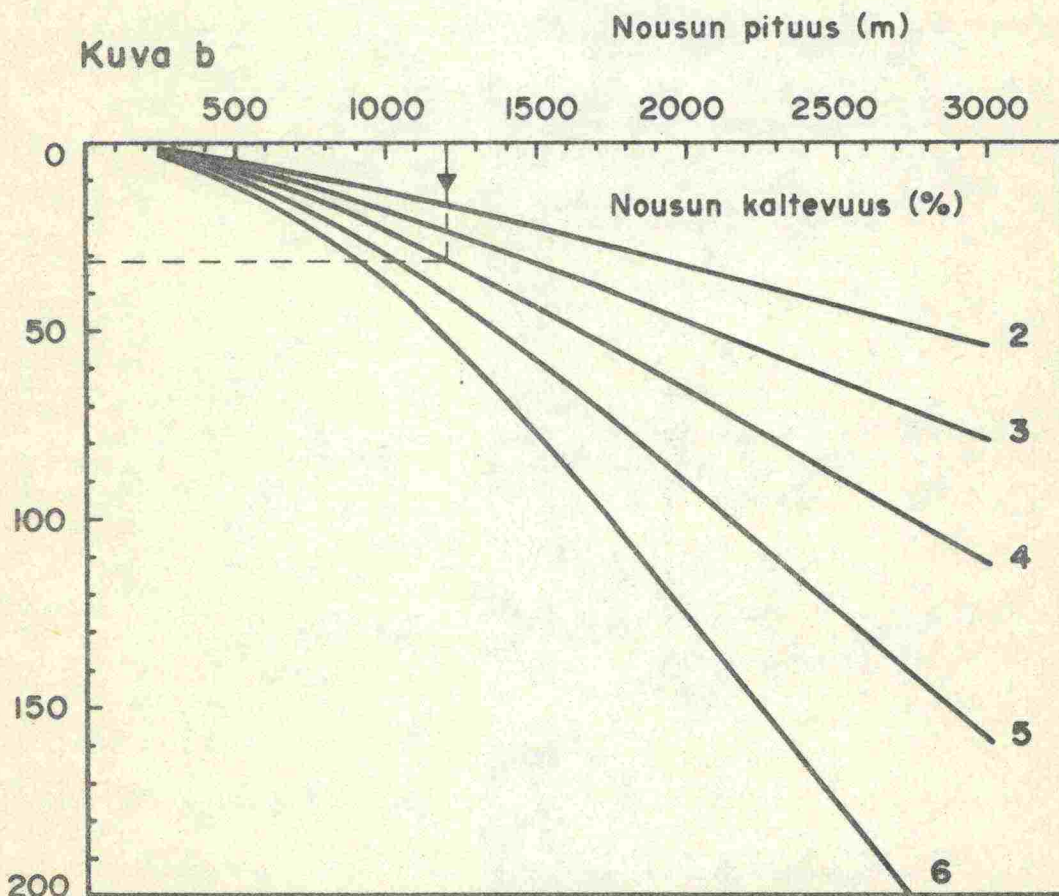
Laskelmien perusteella muodostettiin nomogrammi, joka on esitetty kuvassa 6. Sen avulla voidaan arvioida mahdollisen nousukaistan vaikutus henkilöautojen polttoaineenkulutukseen. On huomattava, että polttoaineenkulutus voi nousukaistan vuoksi paitsi vähentyä, myös lisääntyä (säästö on negatiivista). Näin voi tapahtua nousun ollessa kovin pitkä.

Kuva a

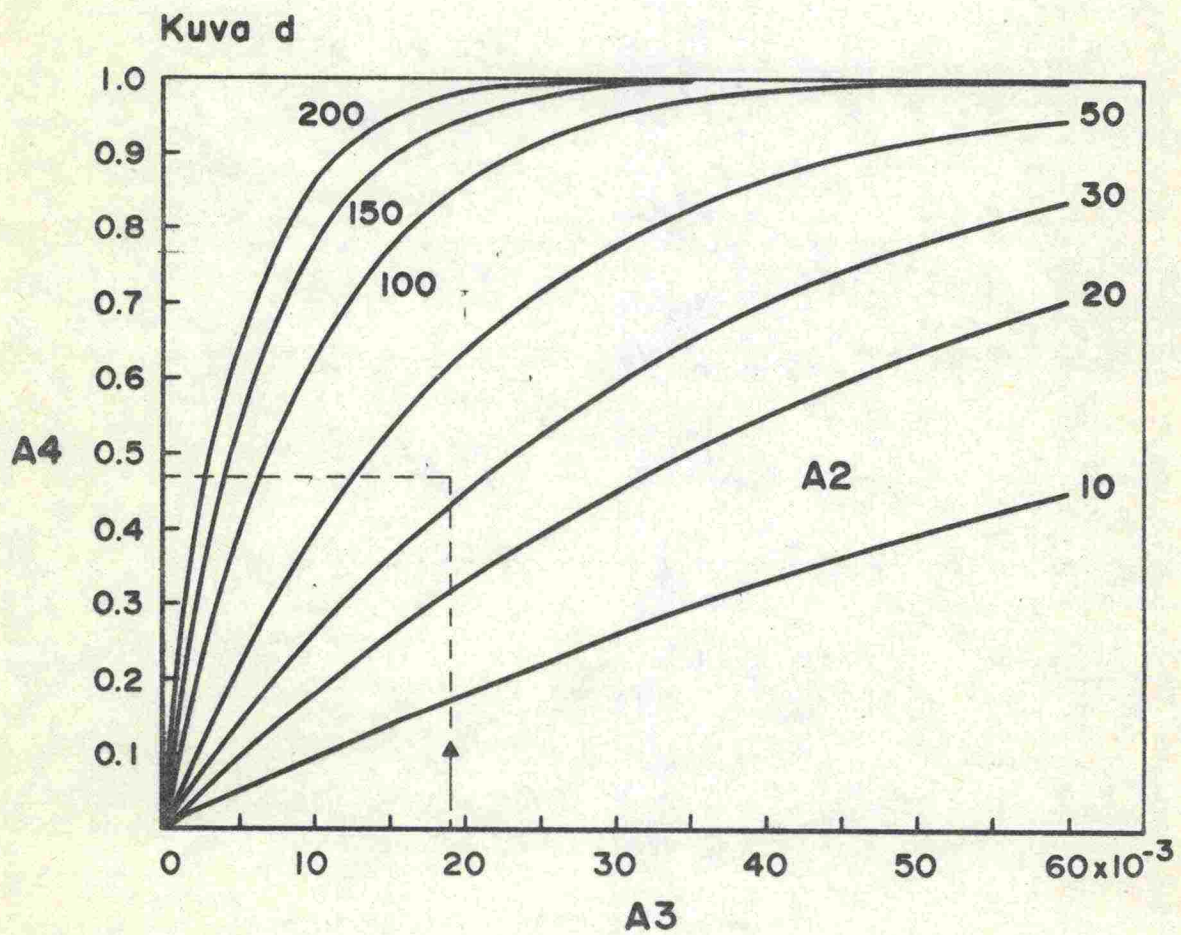
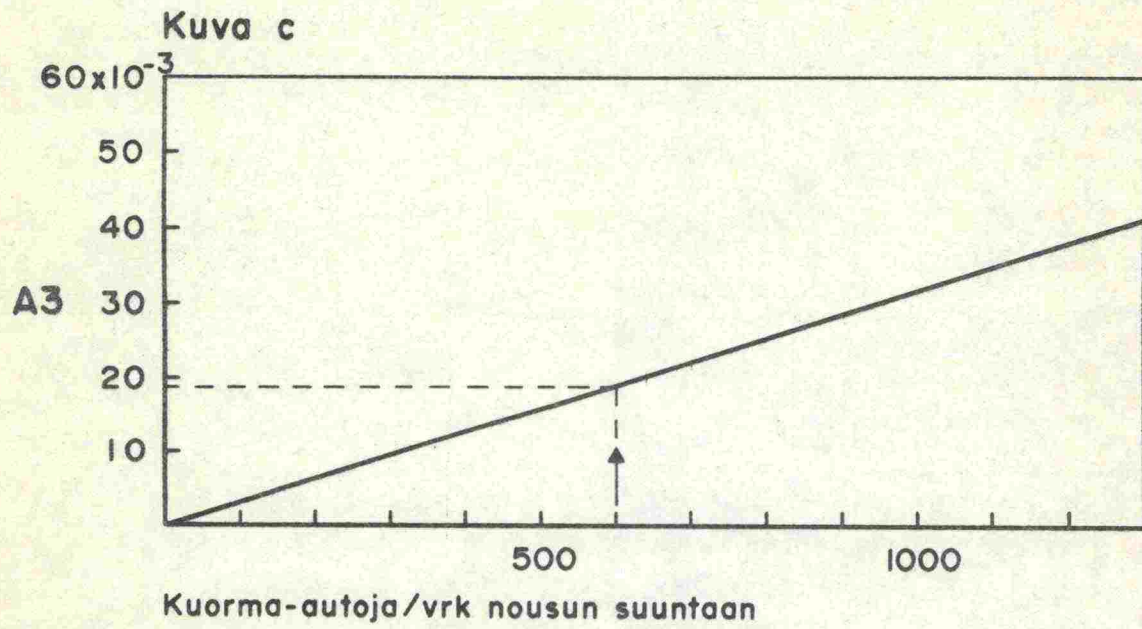


A1

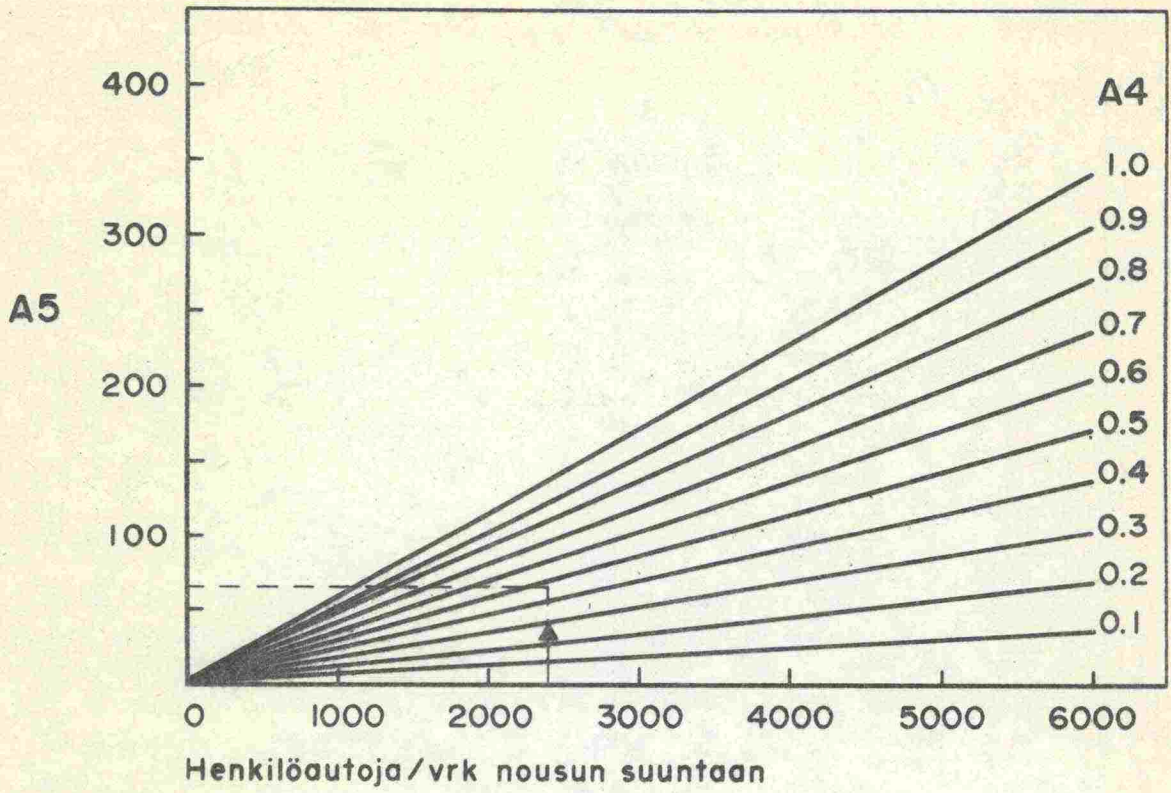
Kuva b



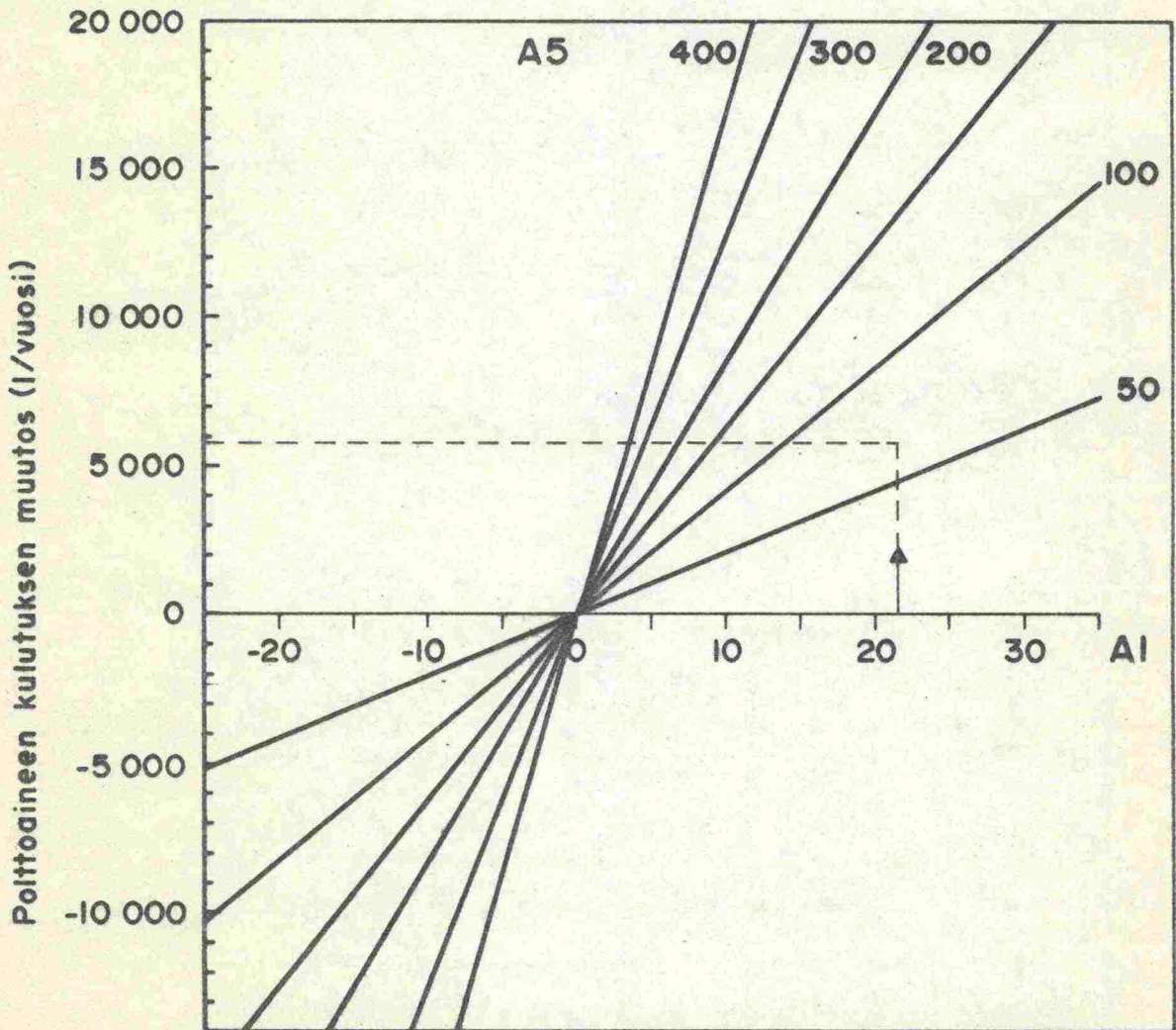
A2



Kuva e



Kuva f



Markkamääräinen muutos ajoneuvokustannuksissa saadaan kertomalla nomogrammista saatu litramäärä keskimääräisellä polttoaineen hinnalla; näitäkin laskelmia käsitellään tarkemmin luvussa 5.

Henkilöautojen polttoaineenkulutuksen muuttuminen nousukaistan rakentamisen johdosta.

Esimerkki:

Nousun keskikaltevuus 4 %
 Nousun pituus 1 200 m
 KVL 6 000 ajon./vrk
 Kuorma-autoja 20 % KVL:stä
 " 600 kpl/vrk nousun suuntaan
 Henkilöautoja 2 400 " " "

Kuvasta a	saadaan A1:lle arvo	21.5
" b "	A2:lle "	32
" c "	A3:lle "	19×10^{-3} (0.019)
" d "	A4:lle "	0.47
" e "	A5:lle "	65

Kuvasta f saadaan henkilöautojen polttoaineenkulutuksen muutos + 5 750 l/vuosi
 (+ merkitsee säästöä
 - kulutuksen lisääntymistä)

4.4

Muita vaikutuksia

Ajokustannuslaskelmissa ei ole mukana nousukaistan mahdollista vaikutusta onnettomuuskustannuksiin. Luvussa 3 todettiin, ettei toistaiseksi ole riittävästi tietoja nousukaistan vaikutuksesta onnettomuuskehitykseen. Luvussa 2 taas mainittiin, että mikäli nousukaistan avulla säästetään yksikin ihmishenki, ei nousukaistan rakentamiselle taloudellisestikaan juuri muuta perustetta tarvita. Liikenteessä kuolleen "hintana" pidetään nykyisin 550 000 mk ja nousukaistan keskimääräiset rakennuskustannukset ovat noin 250 000 mk/km (viimeisin arvio liikennekuoleman hinnasta on n. 850 000 mk).

Muutaman vuoden kuluttua, kun onnettomuustilastoaineistoa nousukaistoilta on riittävästi johtopäätösten tekoa varten, voitaneen myös onnettomuuskustannukset liittää näihin laskelmiin.

Palvelutaso

Potentiaalisia vaaratilanteita sisältävien liikennetilanteiden vähenemisen voidaan katsoa parantavan myös tien palvelutasoa. Nousukaista tarjoaa turvallisen raskaiden ajoneuvojen ohitusmahdollisuuden ja vähentää siten ohitustarvetta ko. tien 2-kaistaisilla osilla.

Nousukaista vähentää myös jonojen muodostumista ja siten jonossa ajoa; tätä voidaan pitää palvelutason parantumisenä. Yhden nousukaistan jonoja purkava vaikutus on kuitenkin yleensä alueellisesti varsin suppea; nousukaistan jälkeen raskas ajoneuvo kerää taas uuden jonon peräänsä.

Tietyinä liikenteen huippupäivinä nousukaistat selvästi tasaavat liikennevirtaa ja lisäävät sen nopeutta ja saattavat lisätä ko. tienosan liikenteenvälityskykyäkin. On tosin muistettava, että näinä ruuhka-aikoina on raskaiden ajoneuvojen osuus liikenteestä yleensä pienimmillään.

Ajotapahtuman miellyttävyyden parantamista ei voida ilmaista rahallisesti, joten sitä ei sellaisenaan voida sisällyttää kannattavuuslaskelmiin. Se olisi kuitenkin muistettava yhtenä tekijänä nousukaistan rakentamista harkittaessa; rajatapauksissa sillä voi olla merkitystä.

Tien liikenteenvälityskyky

Mäkisellä tienosalla, jolla raskaiden ajoneuvojen osuus liikenteestä on lisäksi suuri, voi nousukaistojen rakentaminen jyrkkiin nousuihin lisätä tämän tienosan liikenteenvälityskykyä (kapasiteettia).

Nousukaistoilla saatava tien kapasiteetin lisäksi on (yleensä) kustannuksiltaan selvästi halvempaa kuin muut samaan tavoitteeseen tähtäävät toimenpiteet, esim. koko ko. tieosan linjauksen parantaminen. Kustannusero nousukaistojen hyväksi on suurimmillaan silloin, kun niiden avulla voidaan lykätä kokonaan uuden tien (esim. moottoriliikennetien) rakentamista.

4.5

Rakentamis- ja
kunnossapito-
kustannukset

Rakentamiskustannukset

Tehdyn kyselyn perusteella (luku 2) saatiin olemassa olevien nousukaistojen rakentamiskustannukseksi keskimäärin n. 206 000 mk/km, kustannustaso vastaa vuotta 1974. Kesäkuussa 1975 oli tienrakennuskustannusindeksi 121 (1974 = 100), tämän perusteella olivat keskimääräiset rakentamiskustannukset syksyllä 1975 n. 250 000 mk/km. Todellisuudessa kustannukset ovat lähempänä 300 000 mk/km, sillä joidenkin rakennettujen nousukaistojen kustannuksia ei ole ilmoitettu täysimääräisinä. Laskelmissa (luku 5) on peruskustannuksena pidetty 275 000 mk/km vuoden 1975 lopussa. Käytännössä tämä on minimikustannus, suurimmillaan kustannukset voivat olla kaksinkertaiset. Tällöin on nousukaistaa varten tehtävä lähes koko matkalla louhinta- ja maanleikkaustöitä.

Teiden suuntausta parannettaessa olisikin mahdollisiin nousukaistakohtiin tehtävä sen vaatiman tilan edellyttämät maansiirto- ja louhintatyöt muiden töiden yhteydessä. Jälkikäteen erikseen tehtynä ovat tällaisten töiden kustannukset suuremmat.

Kunnossapitokustannukset

Kyselyn perusteella arvioitiin nousukaistan vuosittaiseksi kunnossapitokustannukseksi n. 2 000 mk/km.

Seuraavan luvun laskelmia varten otetaan laskentav arvoksi vuoden 1975 lopussa 2 200 mk/km, sekä arvioidaan vuotuiseksi kasvuksi 10 %. Tämä perustuu tienrakennuskustannusindeksin eräiden tekijöiden (lähinnä työpalkkojen) muutokseen vuosina 1964-1973 (vrt. esim. STV 1973 taulu 113, tienrakennuskustannusindeksi vuosina 1964 - 1973).

Uudelleenpäällystyskustannukset

Keskimääräinen uudelleenpäällystysväli valta- ja kantateillä on nykyisin n. 7 vuotta. Kolmenkymmenen vuoden investointiajanjaksona joudutaan tie siten päällystämään 4 - 5 kertaa. Vilkkaammin liikennöidyillä teillä uudelleenpäällystysväli (tai ainakin tarve siihen) on lyhenemässä. Suurimpana syynä tähän on nastarenkaiden kuluttava vaikutus.

Nousukaistan päällysteen kuluminen ei ole yhtä nopea kuin varsinaisen ajokaistan. Nousukaistalla liikenne on vähäistä verrattuna varsinaisen ajoradan liikenteeseen ja nastarenkaiden käyttö raskaissa ajoneuvoissa ei ole niin yleistä kuin henkilöautoissa. Teknisistä syistä on nousukaista kuitenkin yleensä päällystettävä samalla kuin varsinainen ajoratakin.

Vuoden 1976 alun kustannustason mukaan on kestopäällysteen rakentamiskustannus II N-8/7 tiellä 64 500 mk/km.

Yksikkökustannus on 8,60 mk/m² (asfalttibetoni Ab 20/100). Nousukaistan osalta olisivat päällystyskustannukset siten n. 32 000 mk/km; Tämä kustannus on riittävän tarkka arvioitaessa nousukaistan uudelleenpäällystämiskustannuksia.

TARKASTELUOHJE JA ESIMERKKILASKELMAT

Nousukaistasuunnitelman liikennetaloudellista tarkastelua varten voitaisiin laatia IS-11:n kaltainen tietokoneohjelma, joka laskisi kannattavuuden annettujen lähtötietojen perusteella. Tietokoneohjelman laatimista ei ole pidetty kuitenkaan tarpeellisenä sen vuoksi, että tarve näiden laskelmien tekoon on kaiken kaikkiaan varsin vähäinen, joten suurempaa vaivaa ei synny vaikka tarkastelu tehdäänkin ns. käsinlaskentana.

Seuraavassa esitetään laskentamenettely yleisesti: mitä tietoja tarvitaan, miten niitä käsitellään, taloudellisuuden arvosteleminen ja erilaisten asiaan vaikuttavien tekijöiden huomioon otto sekä joitakin esimerkkejä.

5.1

Tarkasteluohje

Lähtötiedot

Lähtötiedot kannattavuuslaskelmille voidaan koota sivun 41 mallin mukaiselle lomakkeelle taulukkomuotoon (lomake 1 ; lomakkeita selvityksen liitteenä). Huomautuksia-sarakkeessa on mainittu tarvittavat kasvukertoimet ja yksikkökustannustiedot.

Laskentakoroksi on otettu 7.5 %, ja laskentakautena on 10 vuotta (1975 - 85). Lyhyeseen laskentakauteen on tyydytty käytännön syistä laskelmien helpottamiseksi. Toisaalta jo kymmenen ensimmäistä vuotta on yleensä riittävä aika hankkeen kannattavuuden arvioimiselle olkoonkin, että hankkeen reaalinen kesto-aika (ikä) olisi moninkertainen.

Laskentakauden lyhyys parantaa myös lähtötiedoissa tarvittavien liikenne- ja kustannusennusteiden luotettavuutta. Liikennetiedot voidaan perustaa vuoden 1975 yleiseen liikennelaskentaan ja liikenne-ennusteet jaksolle 1974-85 tehtyyn autokantaennusteeseen (Autokantaennusteet

Nousun nimi ja sijainti: _____

Lähtötieto	Yksikkö	Koodi	1975	1985	Huomautuksia
Nousun pituus	m	A			
Nousun keskikaltevuus	%	B			
Raskaiden ajoneuvojen osuus	%	C			
KVL nousun suuntaan	kpl/vrk	D			Yleensä 0.5 x koko KVL ; D85 = 1.6 x D75
Raskaita ajoneuvoja nousun suuntaan	kpl/vrk	E			E85 = 1.1 x E75
Henkilöautoja nousun suuntaan	kpl/vrk	F			
Moottoribensiinin hinta	mk/l	p	1.20	3.40	1975 : 1.20 mk/l ; 1985 : 3.40 mk/l
Ajan arvo (henkilöauton)	mk/h	t	13	23	1975 : 13 mk/h ; 1985 : 23 mk/h ¹⁾
Rakentamiskustannukset	mk	R			1975 : 275 000 mk/km
Kunnossapitokustannukset	mk/km, v	Ko			1975 : 2 200 mk/km, v ; 1985 : 4 180 mk/km, v
Uudelleenpäälystämiskustannukset ²⁾	mk/km	Kp			Arvio v. 1982 n. 62 000 mk/km
Tarkastelujakso	v		10 v		Investointijaksona on 20 v, jolloin laskelmissa R1 = 0.5 x R
Laskentakorko	%		7.5 %		

¹⁾ Kasvu 6 %/v

²⁾ Nousukaistan osalta ; päälystysväli 7 v, jolloin laskelmissa 10 ensimmäisen vuoden osalle tulee 3/7 Kp:stä (1. uudelleenpäälystämisestä)

vuosille 1974 - 85, TVH 2.630). Liikenne-ennusteella on ratkaiseva vaikutus kannattavuuslaskelmien tulokseen. (Liikenteen kasvu ei tosin välttämättä ole yhtä suuri kuin autokannan kasvu, mutta liikenne-ennusteiden puuttuessa tässä oletetaan näin olevan.)

Lähtötietojen käsittely ja laskelmat

Lähtötietojen käsittelykaavio on esitetty sivulla 43 lomakkeessa 2. Ensiksi (1) määritetään nomogrammien 1 ja 2 avulla saavutettavat aikasäästöt ja muutokset polttoaineen kulutuksessa vuosina 1975 ja 1985. Saadut tunti- ja litramäärät muunnetaan 1. arvotetaan markkamääräisiksi kertomalla vastaavilla yksikköhinnoilla.

Toiseksi (2) lasketaan keskimääräiset aikasäästöt ja polttoaineenkulutuksen muutokset vuotta kohden (aritmeettinen keskiarvo, kun tarkastelukauden alku- ja loppuvuoden arvot tunnetaan, muutos on oletettu lineaariseksi).

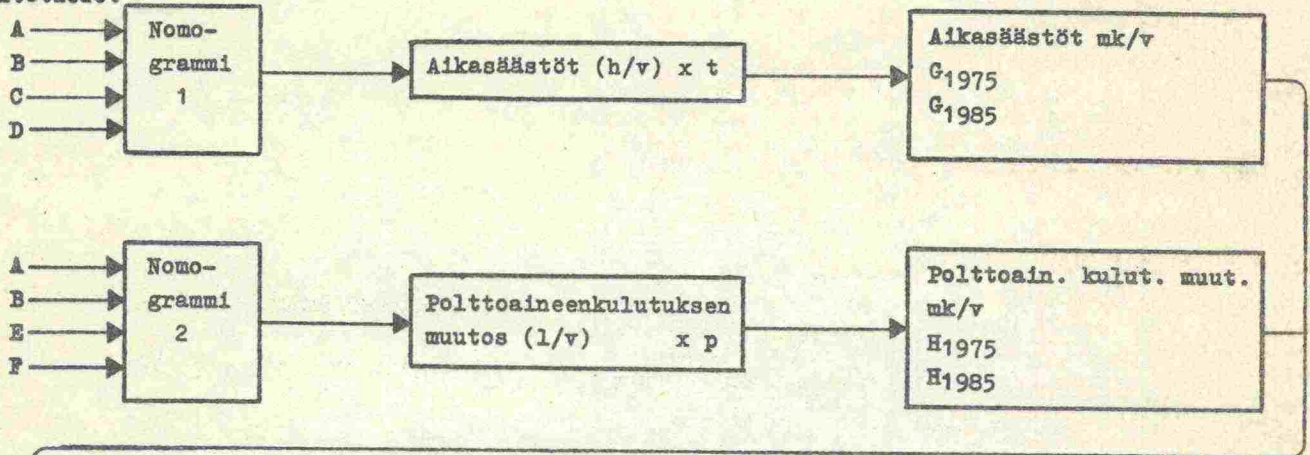
Ja kolmanneksi (3) lasketaan kolme kannattavuustunnuslukua: a) 1. vuoden tuottokerroin, b) 10 ensimmäisen vuoden pääoma-arvo ja c) 10 ensimmäisen vuoden hyötykustannussuhde (netto).

Tärkein kannattavuustunnusluku on 1. vuoden tuottokerroin, jolla voitaneen riittävällä varmuudella arvioida hankkeen kannattavuutta. Koska liikennemäärät yleensä kasvavat, nousukaistahankkeen aiheuttamat säästöt myös kasvavat investointikauden (tarkastelukauden) loppua kohden. Sen vuoksi on tarpeen laskea myös pari muuta kannattavuustunnuslukua päätöksenteon pohjaksi.

Lomakkeella n:o 2 on esitetty vaiheessa 3 kannattavuustunnuslukujen laskentakaavat. Huomattakoon, että investoinnin kestoajaksi on otettu 20 vuotta, jolloin

NOUSUKAISTAN TALOUDELLISUUS: Lomake n:o 2 - Lähtötietojen käsittely

1. Lähtötiedot



2. Lasketaan:

Keskimääräinen aikasäästö
Keskimääräinen polttoainekust. muutos
Keskimääräiset kunnossapitokustannukset

G₁₉₇₅ - 85

H₁₉₇₅ - 85

K₁₉₇₅ - 85

3. Lasketaan: kannattavuustunnusluvut

a) 1. vuoden tuottokerroin

$$e = \frac{(G_{1975} + H_{1975}) - K_0 \text{ 1975}}{R}$$

b) 10 vuoden pääoma-arvo

$$p = a (G + H) - K - (R_1 + 3/7 K_p)$$

c) 10 vuoden hyöty-kustannus-suhde

$$h_{\text{netto}} = \frac{a (G + H) - K}{R_1 + 3/7 K_p}$$

Laskelmissa: K₀ : 1. vuoden kunnossapitokustannukset
 R : kokonaisrakennuskustannukset
 R₁ : 0.5 x kokonaisrak.kust.
 a : 6.863 (diskonttaustekijä 10 v:n ja 7.5 %:n mukaan)
 G : laskettu vaiheessa 2
 H : - " -
 K : - " -

ensimmäiselle kymmenvuotiskaudelle tulee laskelmissa kahta jälkimäistä kannattavuustunnuslukua laskettaessa R:n arvoksi puolet kokonaisinvestoinneista. Uudelleen päällystämiskustannukset on lisätty rakennuskustannuksiin.

5.2

Kannattavuus-
tunnuslukujen
tulkinta

Periaatteessa kannattavuuden arviointilaskelmista tunnusluvuista on yksinkertaista:

- 1. vuoden tuottokerroin $e \cong 0.08$
- nykyarvo p positiivinen
- hyötykustannussuhde $H \cong 1.0$

Näillä edellytyksillä hanke olisi taloudellisesti kannattava. Käytännössä on laskentaperusteiden ja oletusten epätarkkuuden takia vaadittava em. minimiarvoja parempia kannattavuuslukuja, että jonkinlaisella varmuudella voitaisiin sanoa hankkeen toteuttamista taloudellisesti perustelluksi.

Edellisen kanssa ristiriidassa on toisaalta se, että kannattavuustunnusluvuista eivät näy kaikki hankkeen vaikutukset (huom. esim. onnettomuuskustannusten muutos); tällöin voidaan hyväksyä huonompikin taloudellinen kannattavuus, jos hankkeen muiden suotuisien vaikutusten arvioidaan korvaavan tätä.

Nämä vastakkaiset tekijät mielessä voidaan tieverkko- ja toimenpidesuunnittelua varten arvioida, että nousukaistahanke on taloudellisesti perusteltu, jos:

$$\begin{aligned} e &\cong 0.10 \\ p &\cong 20 \% \text{ investoinneista } (R_1 + 3/7 \text{ kp}) \\ &\text{ja positiivinen} \\ (h &\cong 1.20) \end{aligned}$$

Hyötykustannussuhde ja nykyarvo ovat tietenkin tässä sama asia kahdella tavalla ilmaistuna. Tuottokerroin e on suhteellisesti arvoltaan heikompi, koska se on laskettu käyttäen koko investointia R .

5.3

Esimerkkejä

Kannattavuuden arviointia on parasta tarkastella muutaman esimerkkitapauksen avulla. Tällöin nähdään myös mitkä tekijät voimakkaimmin vaikuttavat kannattavuuteen.

Esimerkki 1: Korvenpäänmäki (vt1)

Korvenpäänmäen nousukaistan tiedot ja laskelmien tulokset ovat sivulla 46. Mäkeä voidaan pitää verrattain tyypillisenä nousukaistan paikkana, joskin liikennemäärät ovat varsin suuret. Tämä näkyy kannattavuustunnusluvuistakin: 1. vuoden tuotto on 11 %, mikä selvästi ylittää asetetun rajan; 10 ensimmäisen vuoden nykyarvo on jopa suurempi kuin alkuinvestointi ja hyötykustannussuhde on vastaavasti 2.8. Nousukaistaa voidaan pitää taloudellisesti perusteltuna.

Esimerkki 2: Korvenpäänmäki (vt 1) pienemmällä liikennemäärällä

Jotta havainnollisesti nähtäisiin liikennemäärän vaikutus taloudelliseen kannattavuuteen, tehtiin edellisen esimerkin mäen laskelmat myös käyttäen puolta pienempää liikennemäärää (sivu 47). 1. vuoden tuotto on huono (3 %), nykyarvo on negatiivinen ja hyötykustannussuhde siten alle yhden (0.9). Hanketta ei tällä liikennemäärällä voida pitää kannattavana.

Esimerkki 3: Kurjenmäki II (vt 1)

Tässä esimerkissä nähdään puolestaan havainnollisesti noudun kaltevuuden vaikutus taloudelliseen kannattavuuteen. Kurjenmäen nousukaista on näet muuten jokseenkin samanlainen kuin esimerkin 1 nousu, paitsi että sen keskikaltevuus on vain 2.9 % (Korvenpäänmäki 3.9 %). Tämä näkyy selvästi lasketuista tunnusluvuista (sivu 48): 1. vuoden tuotto on 5 %, mikä ei täytä asetettua kriteeriä; nykyarvo (ja hyötykustannussuhde) ylittävät kyllä asetetut rajat, mutta hankkeen kannattavuutta on pidettävä pelkästään taloudellisesti arvioi-

Housun nimi ja sijainti: Korvenpäänmäki (vt 1)

Lähtötieto	Yksikkö	Koodi	1975	1985	Huomautuksia
Housun pituus	m	A	1400		
Housun keskipöytäkoruus	%	B	3.9		
Raskaiden ajoneuvojen osuus	%	C	21	14	
EVL nousun suuntaan	kpl/vrk	D	3000	4800	Yleensä 0.5 x koko EVL : D85 = 1.6 x D75
Raskaita ajoneuvoja nousun suuntaan	kpl/vrk	E	670	690	E85 = 1.1 x E75
Henkiläautoja nousun suuntaan	kpl/vrk	F	2370	4110	
Moottoribensiinin hinta	mk/l	p	1.20	3.40	1975 : 1.20 mk/l ; 1985 : 3.40 mk/l
Ajan arvo (henkiläauton)	mk/h	t	13	23	1975 : 13 mk/h ; 1985 : 23 mk/h ¹⁾
Rakentamiskustannukset	mk	R	325 000		1975 : 275 000 mk/km
Kunnossapitokustannukset	mk/km, v	Ko	7100	5900	1975 : 2 200 mk/km, v ; 1985 : 4 180 mk/km, v
Uudelleenpäälystämiskustannukset ²⁾	mk/km	Kp	37 200		Arvio v. 1982 n. 62 000 mk/km
Tarkastelujakso	v		10 v		Investointijaksone on 20 v, jolloin laskelmassa R _i = 0.5 x R
Leakentakorotus	%		7.5 %		

¹⁾ Kasvu 6 %/v²⁾ Housukaistan osalta ; päälystyeväli 7 v, jolloin laskelmassa 10 ensimmäisen vuoden osalle tulee 3/7 K_p:stä (1. uudelleenpäälystämisestä)

TVE

Laskelmat:

	1975	1985	Keskim.
Aikasäästöt	3000 h	5100 h	
x ajan arvo	39000 mk	117300 mk	<u>78150 mk/v</u>
Polttoaineen kulut.	+6000 l	+9000 l	
muutos			
x polttoain. hinta	7200 mk	30600 mk	<u>18900 mk/v</u>

Kannattavuustunnusluvut:

e = 0.11

p = 405 470 mk

h = 2.8

(Laskelmissa K = 4500 mk/v)

Housun nimi ja sijainti: Korvenpäänmäki (vt 1), pienempi KVL

Lähtötieto	Yksikkö	Koodi	1975	1985	Huomautuksia
Housun pituus	m	A	1400		
Housun keskikaltevuus	%	B	3.9		
Raskaiden ajoneuvojen osuus	%	C	21	14	
KVL nousun suuntaan	kpl/vrk	D	1500	2400	Yleensä 0.5 x koko KVL ; D ₈₅ = 1.6 x D ₇₅
Raskaita ajoneuvoja nousun suuntaan	kpl/vrk	E	120	350	E ₈₅ = 1.1 x E ₇₅
Henkiläautoja nousun suuntaan	kpl/vrk	F	1180	2050	
Moottoribensiinin hinta	mk/l	P	1.20	3.40	1975 : 1.20 mk/l ; 1985 : 3.40 mk/l
Ajan arvo (henkiläauton)	mk/h	t	13	23	1975 : 13 mk/h ; 1985 : 23 mk/h ¹⁾
Rakentamiskustannukset	mk	R	385000		1975 : 275 000 mk/km
Kunnossapitokustannukset	mk/km, v	Ko	3100	5900	1975 : 2 200 mk/km, v ; 1985 : 4 180 mk/km, v
Uudelleenpääillysmiskustannukset ²⁾	mk/km	Kp	37200		Arvio v. 1982 n. 62 000 mk/km
Tarkastelujakso	v		10 v		Investointijaksone on 20 v, jolloin laskelmissa R ₁ = 0.5 x R
Laskentakorke	%		7.5 %		

¹⁾ Kasvu 6 %/v²⁾ Housukaistan osalta ; pääillysväli 7 v, jolloin laskelmissa 10 ensimmäisen vuoden osalle tulee 3/7 Kp:stä (1. uudelleenpääillysmisestä)

FVB

Laskelmat:

	1975	1985	Keskim.
Aikasäästöt	1050 h	1800 h	
x ajan arvo	13650 mk	41400 mk	27525 mk/v
Polttoaineen kulut.	+1500 l	+2800 l	
muutos			
x polttoain. hinta	1800 mk	9520 mk	5660 mk/v

Kannattavuustunnusluvut:

e = 0.03

p = -32835 mk

h = 0.9

(Laskelmissa K = 4500 mk/v)

Housun nimi ja sijainti: Kurjenmäki II (vt 1)

Lähettieto	Yksikkö	Koodi	1975	1985	Huomautuksia
Housun pituus	m	A	1380		
Housun keskilähteisyys	%	B	2.9		
Rakaiden ajoneuvojen osuus	%	C	21	14	
KVL nousun suuntaan	kpl/vrk	D	2900	4640	Yleensä $0.5 \times \text{koko KVL}$; $D_{85} = 1.6 \times D_{75}$
Rakaita ajoneuvoja nousun suuntaan	kpl/vrk	E	610	670	$D_{85} = 1.1 \times D_{75}$
Henkiläautoja nousun suuntaan	kpl/vrk	F	2290	3970	
Moottoribensiinin hinta	mk/l	p	1.20	3.40	1975 : 1.20 mk/l ; 1985 : 3.40 mk/l
Ajan arvo (henkiläauton)	mk/h	t	13	23	1975 : 13 mk/h ; 1985 : 23 mk/h ¹⁾
Rakentamiskustannukset	mk	R	365 000		1975 : 275 000 mk/km
Kunnossapitokustannukset	mk/km, v	Ko	7100	5700	1975 : 2 200 mk/km, v ; 1985 : 4 180 mk/km, v
Uudelleenpäälystämiskustannukset ²⁾	mk/km	Kp	37200		Arvio v. 1982 n. 62 000 mk/km
Tarkastelujakso	v		10 v		Investointijaksone on 20 v, jolloin laskelmissa $R_1 = 0.5 \times R$
Laskentakorko	%		7.5 %		

¹⁾ Kasvu 6 %/v²⁾ Housukaistan osalta ; päälystysväli 7 v, jolloin laskelmissa 10 ensimmäisen vuoden osalle tulee 3/7 Kp:stä (1. uudelleenpäälystämisestä)

TVR

Laskelmat:

	1975	1985	Keskim.
Aikasäästöt	1420 h	2400 h	
x ajan arvo	18460 mk	55200 mk	36800 mk/v
Polttoaineen kulut.	+4500 l	+7900 l	
muutos			
x polttoain. hinta	5400 mk	26860 mk	16100 mk/v

Kannattavuustunnusluvut:

e = 0.05

p = 102 469 mk

h = 1.45

(Laskelmissa K = 4500 mk/v)

tuna kyseenalaisena. Päätöksentekotilanteessa olisi hankkeen tueksi voitava esittää muita ei-laskennallisia hyötyvaikutuksia.

5.4

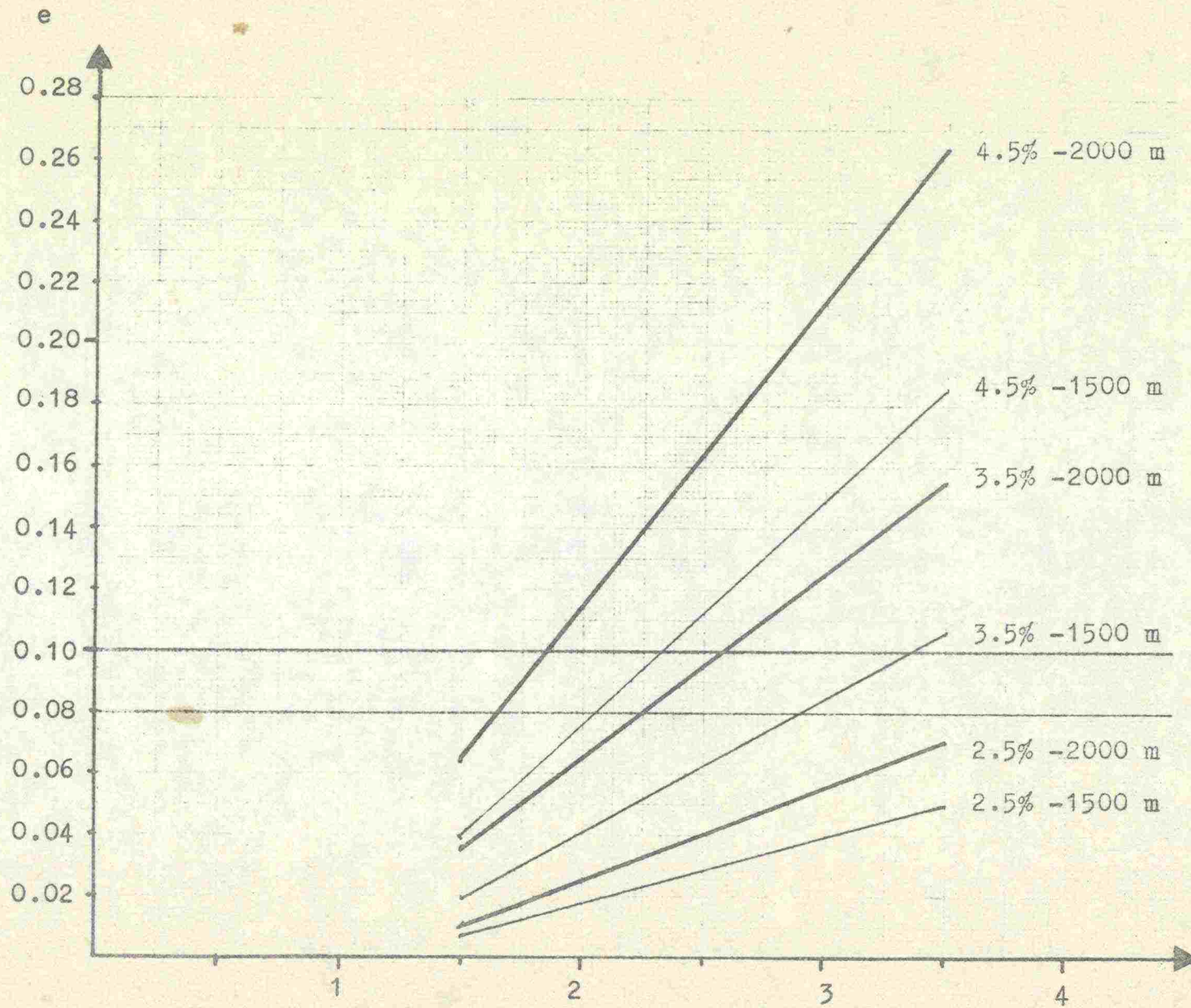
Kannattavuuden
pika-arviointi

Nousukaistahankkeen taloudellisen kannattavuuden alustavaan arviointiin sopii 1. vuoden tuottokerroin hyvin. Arviointi voidaan tehdä kuvan 7 avulla, kun tiedetään muutamat perustiedot suunnitellusta nousukaistasta (kuva sivulla 50).

Kuvassa esitetään 1. vuoden tuoton (e) riippuvuus nousun keskikaltevuudesta ja liikennemäärästä (KVL nousun suuntaan). Neljäs kannattavuuteen vaikuttava tekijä on raskaiden ajoneuvojen osuus liikennevirrasta. Kuva on laadittu v. 1975 kustannustason mukaisesti olettaen raskaiden ajoneuvojen osuuden olevan 17 %; todellisuudessa keskimääräinen raskaan liikenteen osuus liikenteestä päätieverkolla oli jo v. 1975 hieman pienempi, linja-autot mukaanlukien n. 16 % (koko maassa, Etelä-Suomessa kuitenkin n. 17 %). Kuva on kuitenkin käyttökelpoinen rs-prosentin vaihdellessa 14:n ja 17:n välillä. Kuvan perustana olevissa laskelmissa on ajan arvona ollut 13 mk/h polttoaineen hintana 1.20 mk/l ja rakentamiskustannuksena 275 000 mk/km sekä kunnossapitokustannuksena 2 200 mk/km.

Keskimääräinen nousukaista on n. 1.5 km pitkä ja keskikaltevuudeltaan 3.6 %. Kuvasta 7 nähdään, että tällainen nousukaista olisi kannattava ($e > 0.10$) liikennemäärän ollessa n. 3 300 ajon/vrk nousun suuntaan ja yleensä siten koko ko tienkohdalla n. 6 600 ajon/vrk (raskaan liikenteen osuuden ollessa n. 15 %).

Nousukaistan rakentaminen ei näytä kannattavalta keskikaltevuudeltaan n. 2.5 % nousuun muulloin kuin aivan poikkeuksellisissa olosuhteissa: erittäin vilkas liikenne (KVL yli 10 000 ajoneuvoa) tai/ja



Kuva 7 : 1. vuoden tuottokertoimen (e) riippuvuus liikennemäärästä, nousun keskikaltevuudesta ja nousun pituudesta (Rs% = 17, laskentavuosi 1975)

KVL (1000 kpl nousun suuntaan)

erittäin pitkä nousu. Nousun keskikaltevuuden ollessa n. 3 % riittää n. 8 000 ajoneuvon KVL (koko tie) tekemään nousukaistan kannattavaksi nousun pituuden ollessa n. 1,5 km ja n. 6 500 ajoneuvoa/vrk nousun pituuden ollessa n. 2 km; näin mikäli raskaan liikenteen osuus on n. 15 %. Raskaan liikenteen ollessa suurempi, paranee kannattavuus vastaavasti (vrt. esim. nomogrammin 1 osakuva 2).

5.5

Huomioon
otettavaa

Onnettomuuskustannukset

Aikaisemmin on jo todettu, että käytettävissä olevan tilastoaineiston perusteella ei nousukaistan vaikutuksesta ko.tienkohdan onnettomuuskehitykseen voida vielä sanoa mitään varmaa. Erään ruotsalaisen, aineistoltaan tosin varsin pienen, tutkimuksen mukaan näyttäisi nousukaistalla olevan jonkinlainen positiivinen vaikutus liikenneturvallisuteen. 1) Tämä voidaan ottaa huomioon tehtäessä päätöstä muuten taloudellisesti kyseenalaisesta nousukaistahankkeesta.

Ajan arvo

Nousukaistasta aiheutuva aikasäästö henkilöautoa kohden on hyvin pieni, tyypillisessä tapauksessa n. 10 s. Vuosittain näinkin pienistä aikasäästöistä kertyy yhteenlaskien tuhansia tunteja (liikennemäärästä riippuen), vaikka yksittäisen aikasäästön merkitys ajoneuvoa kohden on jokseenkin olematon.

Nousukaistan taloudellinen kannattavuus perustuu pääosin aikasäästöihin. Tässä selvityksessä on saadut ajoneuvokohtaiset aikasäästöt laskettu suoraan yhteen ja saadut tunnit on kerrottu yhdellä ja samalla ajan arvolla.

1) Stigningsfälts inverkan på säkerheten,
VTI, PM 1975-02-20

Mikäli omaksutaan kanta, että saadun aikasäästön (ajoneuvoa kohti) pitäisi olla reaalisesti merkittävä, ts. asetettaisiin jokin alaraja hyväksyttävälle aikasäästölle, ei miltään nousukaistalta saataisi aikasäästöä tässä mielessä. Tästä seuraisi heti se, että minkään nousukaistan rakentaminen ei olisi liikennetaloudellisesti perusteltua. Polttoainekustannussäästöt eivät parhaimmassakaan tapauksessa riitä läheskään kattamaan investointi- ja ylläpitokustannuksia.

Olisi myös mahdollista käyttää rinnan erilaisia ajan arvoja riippuen matkan tarkoituksesta. Esimerkiksi vapaa-ajan matkoilla käytettäisiin alempaa ajan arvoa kuin työ-, virka- tai asiointimatkoilla. Tämä edellyttäisi sen, että ko.tienkohdalla pitäisi jotenkin selvittää matkojen tarkoituskajakauma.

Toistaiseksi suositellaan yhden ja saman ajan arvon käyttöä. Myöhemmin valmistuvassa aikakustannus selvityksessä tullaan ottamaan kantaa mm. erilaisten ajan arvojen käyttöön sekä myös ajan arvoon sinänsä. 1)

Ajomukavuus

Nousukaistan tarjoama mahdollisuus turvalliseen ohitukseen ja siten mahdollisuus tasaisen ajonopeuden säilyttämiseen parantaa henkilöautojen kuljettajien ajomukavuutta, joskin vaikutus on varsin paikallinen. Ajomukavuuden parantuminen voidaan ottaa huomioon päätöksenteossa taloudellisesti kyseenalaisista hankkeista; rahallisesti sitä ei voida arvostaa..

1) Selvitys on tekeillä TVH:n talousosaston tutkimustöissä ja sen on suunniteltu valmistuvan keväällä 1977.

6. KIRJALLISUUTTA

Seuraavassa luettelossa on mainittu ne julkaisut, joita tämän selvityksen teossa on käytetty avuksi.

Carlson, Arne-Gynnerstedt, Gösta-Westerlund, Bengt-Öberg, Gudrun: Stigningsfälts inverkan på framkomlighet, Statens väg- och trafikinstitut, internrapport nr 237, Linköping 1976

Höijer, C.I.: Stigningsfilernas effekt på framkomligheten i stora stigningar, Svenska Vägföreningens Tidskrift 10/1964

Leskinen, Matti: Ryömintäkaistat ja taloudellinen liikenteenvälityskyky, dipl.työ HTKK 1967

Mattila, M.: Kokonaispainon vaikutuksesta kuorma-auton polttoaineenkulutukseen ja nopeuteen I-II, TVH Helsinki 1972

Highway Research Board: Highway Capacity Manual, Special Report 87, Washington, D.C. 1965 (suomenos Helsinki 1971)

Highway Research Board: Vehicle Climbing Lanes, Bulletin 104, Washington, D.C. 1955

TVH: Normaalimääräykset ja ohjeet, jotka koskevat yleisten teiden suunnittelua, rakentamista ja kunnossapitoa, Helsinki 1975

Suuntauksen suunnittelu (normiluonnoksen perusteet), Helsinki 1970 (Geometrinen toimikunta)

Edullisuusvertailun käyttö tienpidossa, TVH N:o
2.376, Helsinki 1975

Ajan arvon määrittämisestä, julkaisematon muistio
19.2.1976 TVH-tutkimustoimisto

Autokantaennusteet vuosille 1974-1985, TVH N:o
2.630, Helsinki 1975

Kaksikaistaisten teiden rakentamis- ja parantamis-
kustannusten arvioiminen tieverkko- ja yleissuun-
nitteluvaiheessa, TVH N:o 2.829, Helsinki 1971

7. LIITTEET

1. Nousukaista; Geometrisen toimikunnan normi-
luonnos
2. Highway Capacity Manual, sivut 85-88
3. Nousukaistaa osoittava liikennemerkki (2 kpl)
4. Asetus ryömimiskaistasta
5. Ajoanalysointilaitte NOKIA PP 6300: toimintaselos-
tus
6. Taulukko seurantamittauskohteiden merkki-
jakaumasta

A9. NOUSUKAISTA

GEOMETRINEN TOIMIKUNTA

0.	YLEISTÄ	1
1.	NOUSUKAISTAN SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDISTA JA TAVOITTEISTA	1
2.	ULKOMAINEN KÄYTÄNTÖ	1
	2.1 Sveitsi	2
	2.2 Saksa	2
	2.3 USA (AASHO)	2
	2.4 Ruotsi	3
	2.5 Norja	4
3.	EHDOTUS OHJEIDEN PERUSTEIKSI	5
	Lähdeluettelo	6

0. YLEISTÄ

Pitkät yhtämittaiset ja jyrkät nousut rajoittavat ajoneuvon nopeuden valintamahdollisuuksia. Raskaiden ja suorituskyvyltään heikkojen ajoneuvojen nopeus pienenee nousun kohdalla. Nämä ajoneuvot rajoittavat muiden ajoneuvojen liikkumista. Seurauksena tästä voi muodostua jonoja ja ruuhkeutumia, jotka alentavat tien liikenteenvälityskykyä.

Tien liikenteenvälityskyvyn parantamiseksi voidaan nousun kohdalla rakentaa erityisesti hitaita ajoneuvoja varten tarkoitettu liikennekaista, jota tässä yhteydessä nimitetään nousukaistaksi.

Suomessa ei ole toistaiseksi käytössä mitään yleisesti hyväksyttyjä nousukaistojen suunnitteluohjeita. Tämä johtuu osaksi siitä, että meillä vain hyvin harvoilla vilkkaasti liikennöidyillä teillä on pitkiä nousuja. Ne harvat nousukaistat, jotka tähän mennessä ovat osoittautuneet tarpeellisiksi, ovat mitoitettut soveltamalla ulkolaisia ohjeita.

1. NOUSUKAISTAN SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHOISTA JA TAVOITTEISTA

Ajoneuvon nopeuden pieneminen nousussa riippuu ensisijaisesti ajoneuvon moottorin tehon ja ajoneuvon painon suhteesta. Tätä suhdetta on käsitelty ulkomaisessa kirjallisuudessa monessa eri yhteydessä, mutta mitään selviä yleissuosituksia ei tiettävästi ole esitetty.

Saksan Liittotasavallassa on valtion toimesta määrätty pienin sallittu ajoneuvon moottorin tehon ja ajoneuvon painon suhde. Tämän suhteen arvo oli vuoden 1969 lopussa 5,5 hv/tonni. Vuoden 1970 alusta lähtien se muuttui 8,0 hv/aan/tonni. Tulevaisuudessa on tarkoitus nostaa vaatimuksia 10 hv/aan/tonni.

Amerikkalaisissa tutkimuksissa on todettu, että kuorma-autolla, jonka teho/paino on 5,5 hv/tonni (400 lb/hp), on tien nousukohtissa tyydyttävät ajo-ominaisuudet. Tällöin 3 %:n nousussa täyteen kuormatulla ajoneuvolla saavutetaan nopeus 24 km/h (15 mph). Teho/paino - suhde on muuttunut USA:ssa käytännössä siten, että se vuonna 1949 oli n. 6 hv/tonni, vuonna 1955 n. 7 hv/tonni ja vuonna 1963 n. 9 hv/tonni. Ajoneuvojen suorituskyky on siis jatkuvasti parantunut.

Suomessa on suoritettu prof. Lylyn johdolla Teknillisessä korkeakoulussa eräitä teoreet-

tisiä laskelmia ja tarkasteluja, joiden tarkoituksena on tavallisimpien Suomessa käytössä olevien kuorma-autojen teho/paino - suhteen määrääminen ajoneuvojen ollessa kuormattuina. Tämän suhteen on tutkimuksissa todettu olevan 7,0...10 hv/tonni. Perävaunullisissa ja puoliperävaunullisissa ajoneuvoyhdistelmissä ajoneuvojen moottorin tehon on todettu yleensä olevan 250...295 hv. Ajoneuvoyhdistelmien sellitut kokonaispainot ovat nykyään 30...34,6 tonnia. Uuden ajoneuvoyhdistelmien pituutta koskevan asetuksen muutoksen jälkeen sallittu kokonaispaino muuttuu n. 40 tonniksi. Näiden tietojen perusteella näyttää siltä, että teho/paino - suhde on ennen asetuksen muutosta n. 8 hv/tonni ja muuttuu asetuksen muutoksen jälkeen 7 hv/aan/tonni, mikäli ajoneuvojen moottoreiden tehoa ei nosteta.

Tien liikenteenvälityskykyä käsittelevässä kirjassa Highway Capacity Manual vuodelta 1965 on todettu nousukaistojen pääasiallisena tarkoituksena olevan liikenteen joustavuuden säilyttäminen nousun kohdalla samanlaisena kuin muillakin tien osilla. Nousukaistan rakentamista pidetään tarpeellisena silloin, kun liikenneolosuhteet pyritään pitämään määrätyn tason yläpuolella. HCM ei sisällä varsinaisia nousukaistojen suunnitteluohjeita, mutta siinä esitetyn aineiston pohjalla on nousukaistan terve todettavissa seuraavasti:

- a) muuntamalla raskaat ajoneuvot tietyksi nousukertoimiksi käyttäen henkilöautotoksiköiksi tarkistetaan ylittääkö saatu liikennemäärä (hay/h) ohjeellisen liikenteenvälityskyvyn (HCM, luvut 9 ja 10)
- b) tutkimalla raskaan ajoneuvon nopeuden muutosta nousussa ja tarkistamalla täyttääkö nopeus asetetun vaatimuksen (HCM, kuva 5,1)

Kumpaakin menettelytapaa käytetään ulkomaisissa suunnitteluohjeissa.

2. ULKOMAINEN KÄYTÄNTÖ

Nousukaistojen tarpeellisuuden toteaminen ja nousukaistojen mitoitus tapahtuu eri maissa eri tavalla perustuen lähinnä liikenteellisiin näkökohtiin. Menetelmiä tarkasteltaessa kiintyy huomio siihen, ettei liikennetaloudellisia näkökohtia ole minkään maan ohjeissa erityisemmin painotettu.

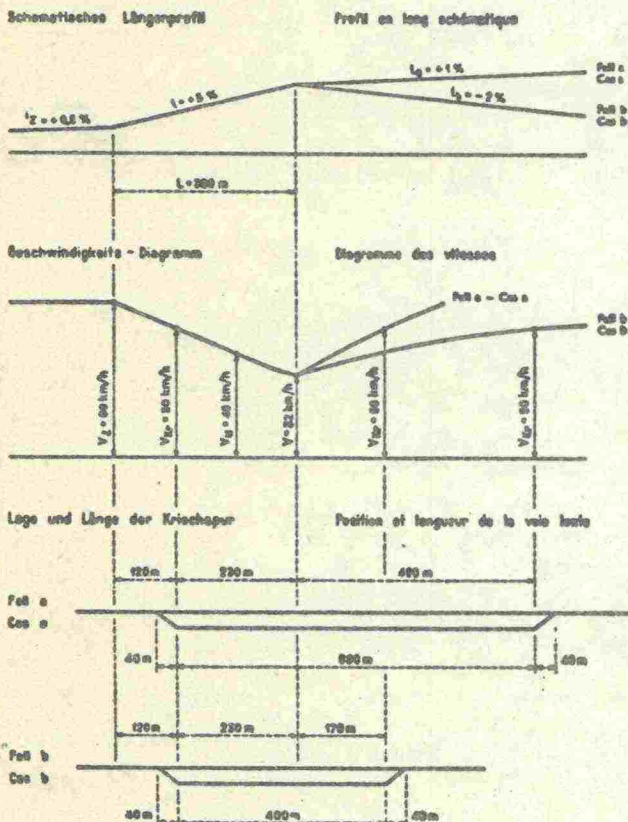
Seuraavassa esitellään lyhyesti Sveitsissä, Saksassa, USA:ssa (AASHO), Ruotsissa ja Norjassa voimassa olevia ohjeita.

2.1 Sveitsi

Nousukaistan tarpeellisuus ja sijainti ratkaistaan mitoittavan ajoneuvon hetkellisen nopeuden perusteella. Nousukaista on tarpeen silloin, kun diagrammista saatu nopeus on alle asetetun minimiarvon, ja se alkaa kohdasta, jossa alitetaan asetettu rajanopeus ja päättyy, kun rajanopeus on jälleen saavutettu. Edellä mainittu miniminopeus vaihtelee 30...40 km/h ja rajanopeus 40...50 km/h tien luokasta riippuen. Liikennemäärien suhteen todetaan nousukaistan tulevan kysymykseen vain tiellä, joilla on suurehko liikenne tai mikäli vähäliikenteisen tien raskaiden ajoneuvojen osuus on suuri. Tämän lisäksi korostetaan suuntauksen merkitystä nousujen välttämisessä. Esimerkki nousukaistan mitoituksesta sveitsiläisten ohjeiden mukaan on esitetty kuvassa 1.

2.2 Saksa

Nousukaistan tarpeellisuus ratkaistaan kapasiteettitarkastelun perusteella siten, että nousun jyrkkyydestä ja pituudesta riippuvien kertoimien avulla muunnettu liikennemäärä (hay/h) ei saa ylittää ohjekapasiteettia. Määrittäytapa perustuu Highway Capacity Manual:iin.



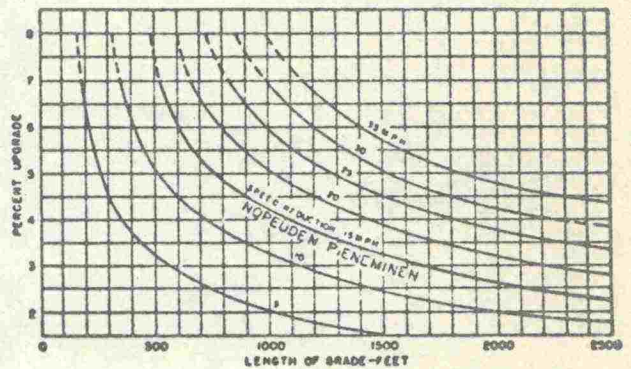
Kuva 1. Esimerkki nousukaistan sijoituksesta Sveitsin normien mukaan.

2.3 USA (AASHO)

Nousukaistan tarpeellisuus määritetään nousun kriittillisen pituuden tai kapasiteettitarkastelun perusteella.

Nousun kriittillisellä pituudella tarkoitetaan matkaa, jolla kuorma-auton nopeus alenee noin 24 km/h (15 mph) alkunopeudestaan (Kuva 2). Kun kriittillinen pituus ylitetään nousukaista on tarpeen edellyttäen kuitenkin, että liikennemäärä ja raskaiden kuorma-autojen osuus tekevät lisäkustannukset oikeutetuiksi.

Kapasiteettitarkastelu tapahtuu annettujen lähtöarvojen avulla samalla periaatteella kuin esim. Highway Capacity Manual'issa. Kuvassa 3 on ohjeisiin sisältyvä taulukko, joka osoittaa milloin nousukaista voi tulla kysymykseen tyypillisellä 2-kaistaisella tiellä. Taulukko on lähinnä elustavaa arviointia varten.



Kuva 2. Nousun kriittinen pituus. Mitoitusajoneuvo on raskas kuorma-auto, jonka tehopainosuhte on 400 lb hv (5.5 hv/to).

Nousu	Nousun pituus		Pienin mitoituslukumäärä ajon/h			
	%	mitä m	T = 3	T = 5	T = 10	T = 15
4	1/3	540	4 kaistaa	4 kaistaa	4 kaistaa	4 kaistaa
	1/2	800	> 700	> 600	550	450
	3/4	1200	> 750	670	500	390
5	1/3	540	4 kaistaa	4 kaistaa	4 kaistaa	4 kaistaa
	1/2	800	> 690	620	460	370
	3/4	1200	650	540	380	300
6	1/3	540	4 kaistaa	4 kaistaa	480	390
	1/2	800	> 625	570	470	330
	3/4	1200	540	430	290	220
7	1/3	540	470	410	310	240
	1/2	800	400	320	210	160
	3/4	1200	380	300	200	150

Kuva 3. Pienimmät liikennemäärät, joilla ryömintäkaista voi tulla kysymykseen 2-kaistaisilla tiellä AASHOn ohjeiden mukaan.

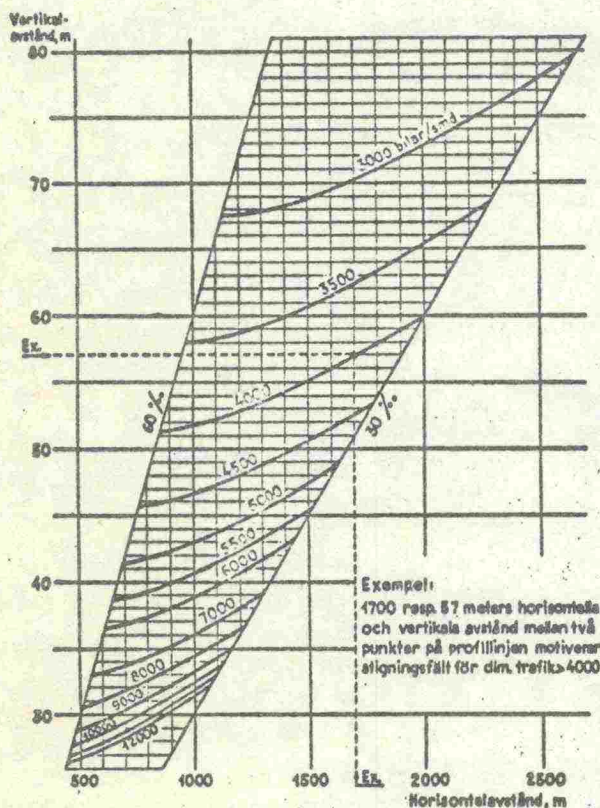
Nousukaistan alkuun suositellaan 45 m pitkää erkenemiskiilaa ja loppuun 60 m pitkää liittymäskiilaa. Kaista alkaa kohdasta, jossa kuorma-auton nopeus laskee alle 48 km/h (30 mph) ja päättyy 60 m sen paikan jälkeen, missä em. nopeus saavutetaan uudelleen tai missä vallitsee riittävä ohitusnäkemä.

Ohjeissa kehoitetaan kukin nousu käsittelemään tarkemmin taulukkoarvojen lisäksi, millä pyrittäisiin huomioimaan erilaisia tilolosuhteita ja taloudellisia näkökohtia. Lisäksi korostetaan nousukaistan merkitystä halpana menetelmänä liikenteenvälityskyvyn parantamiseksi ja ratkaisuna, jolla voidaan tästä syystä siirtää uuden tien rakentamisajankohtaa.

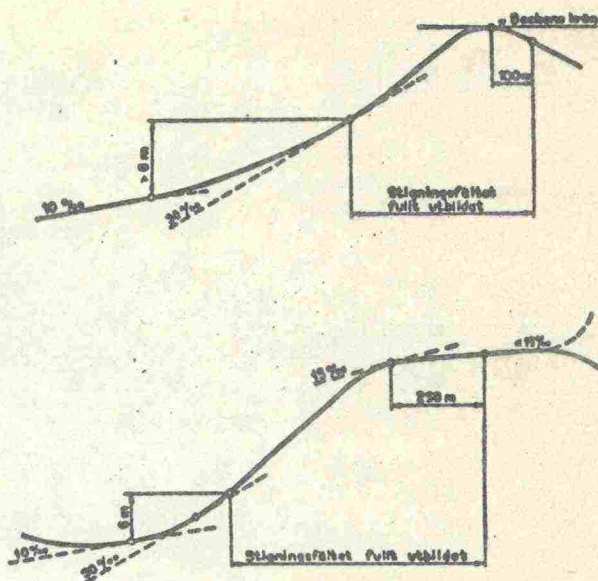
Nousukaistan vähimmäisleveydeksi on annettu 3,05 m (10 ft), mutta suositellaan kuitenkin käytettäväksi leveyttä 3,65 m (12 ft).

2.4 Ruotei

Nousukaistan tarpeellisuus määritetään kuvassa 4 esitetyn nomogrammin avulla. Nousukaistan sijoitus ilmenee kuvasta 5. Nousukaistan tarkoituksiksi mainitaan ohitusmahdollisuuksien lisääminen liikenteen sujuvuuden parantamiseksi suurissa nousuissa.



Kuva 4. Nousukaistan tarpeellisuuden toteaminen Ruotsin normien mukaan.



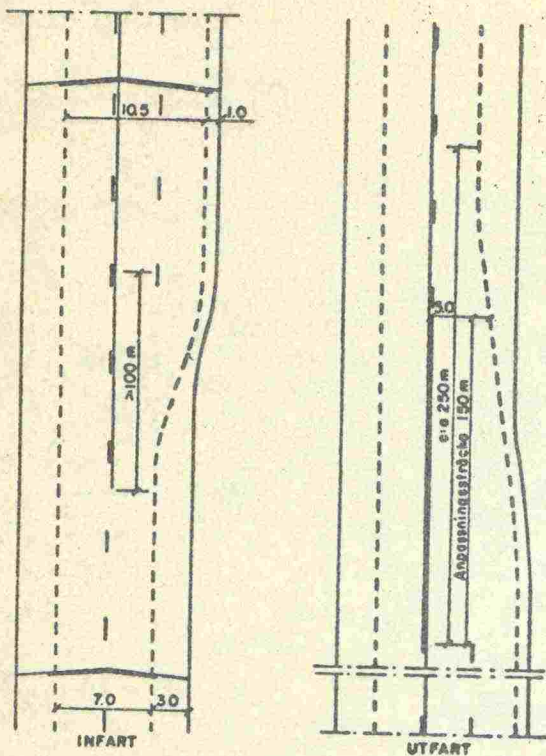
Kuva 5. Nousukaistan sijoitus Ruotsin normien mukaan.

Mitoitusmenetelmä perustuu maastotutkimuksiin, joiden aikana liikennemäärä oli 200...500 ajoneuvoa tunnissa ja kuorma-autoprosentti vaihteli 3...10 %. Tutkimuksessa todettiin hitaitten henkilöautojen vaikutuksen olevan samaa suuruusluokkaa kuin kuorma-autojenkin. Sama seikka voitiin todeta jatkotutkimuksissa, jotka koskivat rakennettuja nousukaistoja.

Tästä syystä ei kuorma-autoprosenttia ole pidetty määrävänä tekijänä kapasiteettia arvioitaessa, vaan on otettu huomioon nousun pituus, peitti yleensä nopeutta alentavana tekijänä, myös hitaitten ajoneuvojen aiheuttaman häiriön suuruuteen vaikuttavana tekijänä.

Maastotutkimuksissa havaitun liikenteenvälityskyvyn ja ajonhukan perusteella on todellista ajonhukkaa vertailumittana käyttäen suoritettu teoreettisia vertailuja erilaisiin nousuihin eri liikennemäärillä. Näin on saatu suunnittelukapasiteetin (ajon/vrk) ja nousuuhdeiden välinen yhteys, mitoitusnomogrammi (Kuva 4), joka antaa tien välityskyvyn kahden pisteen välillä niiden horisontaali- ja vertikaaliprojektoiden funktions. Pisteiden välillä nousun ei tarvitse olla vakio, mutta keltavuuden on oltava yli 30 %.

Nousukaistan alkamis- ja päättymiskohdan muotoilu on esitetty kuvassa 6. Nousukaistan leveydenä käytetään 3,5 metriä.



Kuva 6. Nousukaistan alkamis- ja päättymiskohdan muotoilu Ruotsin normien mukaan.

2.5 Norja

Nousun haitallisen vaikutuksen eliminoimiseksi esitetään vaihtoehtoisina ratkaisuna nousun loiventamista, tielinjan siirtoa, tien muuttamista neliajokäistäiseksi tai nousukaistoja. Asiaan vaikuttavien tekijöiden monilukuisuuden vuoksi ei ohjeissa anneta yleistä sääntöä siitä, mitä ratkaisua kulloinkin tulee käyttää. Kukin tapaus on ratkaistava erikseen laskelmilla, joissa otetaan huomioon ajo-, kunnossapito- ja rakennuskustannukset.

Nousukaistan tarpeellisuuden toteamisessa huomioon otettavat tekijät ovat liikennemäärä, liikenteen koostumus, nousuprosentti ja nousun pituus.

Yleissuunnitteluvaihetta ja alustavia kuantausvertailuja varten on nousukaistan tarpeellisuuden toteamiseksi annettu taulukko 1, josta saadaan suurimmat sallitut nousupituudet ilman nousukaistaa eri mitoitusnopeuksille ja eri tietyypeille. Nousun kriittiset pituudet on määrätty käyttäen mitoitusliikenteen arvoa $M \approx 700 \cdot F_n \cdot F_s$ (ajon/h), jossa F_n ja F_s ovat tien leveydestä, sivuusteistä sekä näkemäolosuhteista johtuvia kertoimia. Kriittisten pituuksien arvot on laskettu seuraavilla ehtoilla:

- mitoitettava nopeusero on 15 km/h tietyypeillä A ja B ja 20 km/h tietyypeillä C ja D
- raskean liikenteen alkunopeus oletetaan 10 km/h alhaisemmaksi kuin ajonopeuksien harmoninen keskiarvo (trafikkhastighet)
- raskean liikenteen osuus oletetaan olevan n. 5...10 % mitoitusliikenteen aikana

Yksityiskohtaisessa suunnittelussa selvitetään nousukaistan tarpeellisuus laskemalla tien käytännöllinen liikenteenvälityskyky mäen päällä. Nousukaista on tarpeellinen, mikäli kapasiteetti on pienempi kuin mitoitusliikenne. Käytännössä kapasiteetin määrittäminen tehdään kuvassa 7 annettuja nomogrammeja käyttäen.

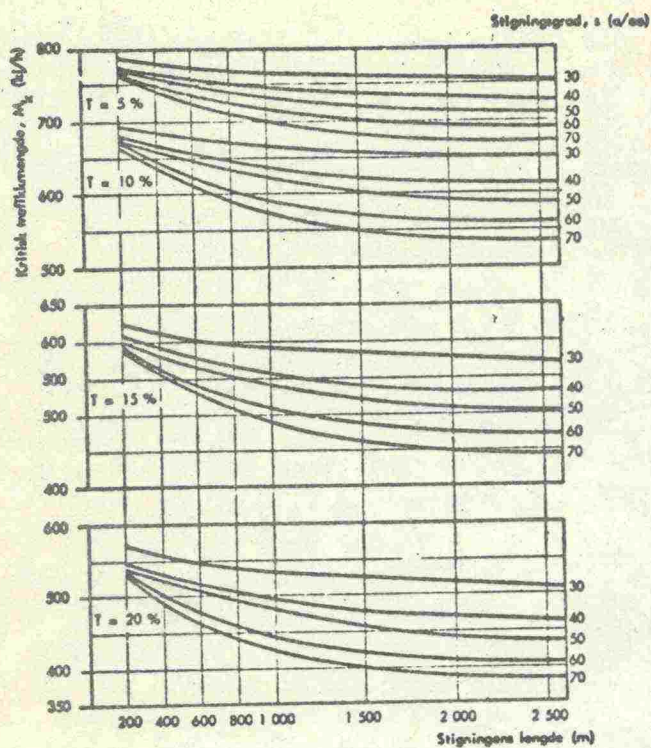
Nousukaista alkaa sillä kohdalla, missä henkilöauton ja kuorma-auton nopeusero ylittää kriittisen arvon (V_d), joka on A- ja B-luokan teillä 15 km/h ja C- ja D-luokan teillä 20 km/h. Matkaa nousun alusta nousukaistan alkuun sanotaan nousun kriittiseksi pituudeksi. Kriittiset pituudet voidaan määrätä kuvan 8 nomogrammeista, joissa eri käyrät tarkoittavat erilaisia nopeusalueita. Kriittisiä pituuksia määrättäessä on raskean ajoneuvon teho/paino-suhteeksi oletettu $1 \text{ hv}/90 \text{ kg} \approx 11 \text{ hv}/\text{tonni}$.

Nousukaista päättyy teoreettisesti sillä kohdalla, missä mitoitettava nopeusero 15 tai 20 km/h verrattuna tien ajonopeuksien harmoniseen kes-

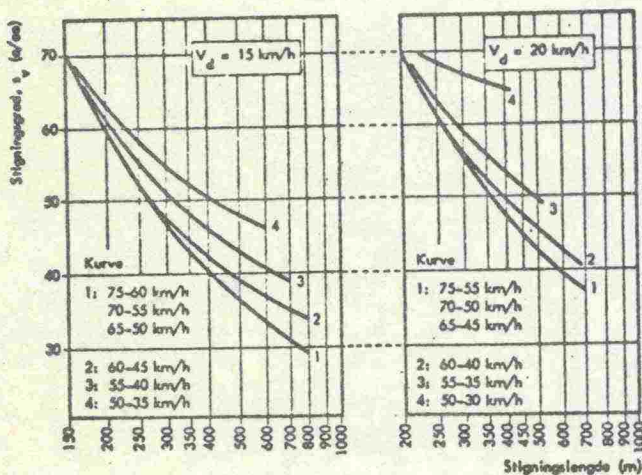
Nousu o/oo	V = 70 km/h	Tietyyt C ja D		Tietyyt A ja B	
		80 km/h	90 km/h	80 km/h	100 km/h
30					800
40			700	600	400
50		500	400	300	
60	400	300	250		
70	225				

Taulukko 1

Nousun enimmäispituudet ilman nousukaistaa Norjan normien mukaan



Kuva 7. Nousukaistan tarpeellisuuden toteaminen Norjan normien mukaan.



Kuva 8. Nousun kriittiset pituudet Norjan normien mukaan.

kiarvoon (vegens trafikshastighet) on uudelleen todettavissa. Nousukaistaa jatketaan käytännössä em. teoreettisesta päätepisteestä vielä vähintään 60 metriä. Liittymis- ja erkanemiskilla mitoitetaan raskean liikenteen nopeuden mukaan siten, että kaistan levenemisnopeus on 1,0 m/s.

Nousukaistan leveys on yhtä suuri kuin tien normaali kaistaleveys. Piennar tehdään samoin normaalin pientareen levyiseksi, mutta ei leveämmäksi kuin 0,75 metriä.

3.

EHDOTUS OHJEIDEN PERUSTEIKSI

Nousukaistan tarpeellisuuden toteamista, sen muotoilua ja leveyttä koskevat ohjeet ehdotetaan leadittavaksi seuraavien näkökohtien pohjalta:

a) Nousukaistan tarpeellisuuden toteaminen suoritetaan HCM:ssä esitetyn palvelutaso- ja liikenteenvälityskykytarkastelun perusteella. Nousukaistan tarpeellisuus voidaan määrittää kahdella eri tavalla:

- tarkastelemalla tavoitteena olevan palvelutason säilyvyyttä nousun kohdalla
- tarkistamalla, ettei tien liikenteenvälityskyky ylity nousun kohdalla

Tavoitteena olevan palvelutason säilyvyyttä koskeva tarkastelu on suoritettava aina kussakin tapauksessa erikseen ottaen huomioon palvelutason saavuttamista koskevat nopeus- ja liikennemäärävaatimukset. Palvelutason enimmäisliikenne lasketaan kaavasta

$$SV = N \cdot W_L \cdot v/c \cdot T_L \cdot 2000 \quad (1)$$

Jossa

- SV = palvelutason enimmäisliikennemäärä (ajon/h)
- N = ajokaistojen lukumäärä yhteen suuntaan
- W_L = ajokaistan leveydestä ja sivu-esteen etäisyydestä johtuva kerroin
- v/c = liikennemäärä/välityskyky-suhde
- T_L = raskeista ajoneuvoista johtuva kerroin

Mikäli tien mitoitusti liikenne ylittää kaavasta 1 saadun liikennemäärän tai jos ajonopeudet ovat nousun kohdalla pienemmät kuin ko. palvelutaso edellyttää, on nousukaista tarpeellinen.

Mikäli nousukaistan tarpeellisuus todetaan sen mukaan, ettei liikenteenvälityskyky ylity nousun kohdalla, suoritetaan tarkastelu vertaamalla mitoitusti liikennettä ja liikenteenvälityskykyä toisiinsa. Liikenteenvälityskyky lasketaan kaavalla 2:

$$c = N \cdot W_C \cdot T_C \cdot 2000 \quad (2)$$

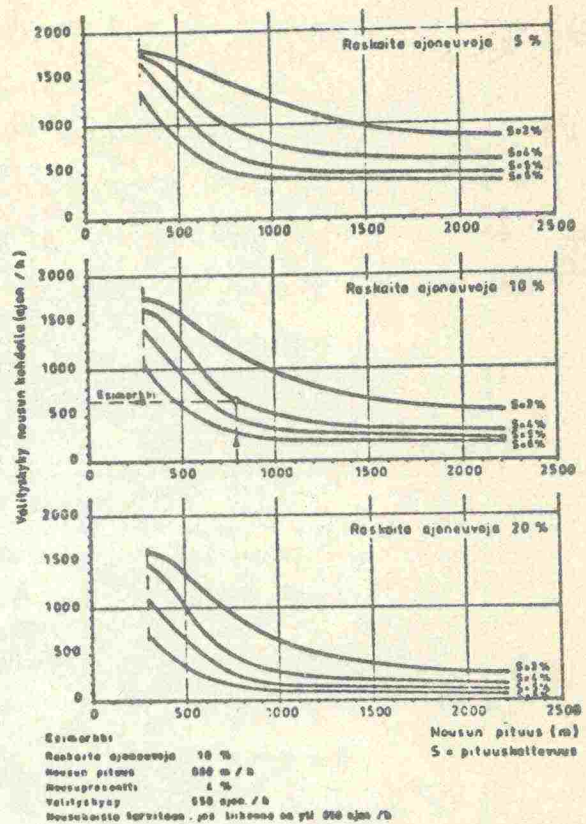
jossa

- c = liikenteenvälityskyky (ajon/h)
 N = ajokaistojen lukumäärä yhteen suuntaan
 W_c = ajokaistan leveydestä ja sivu-
 esteen etäisyydestä johtuva
 kerroin
 T_c = raskaista ajoneuvoista johtuva
 kerroin

Kuvassa 9 on esitetty kaavan 2 perusteella lasketut nomogrammit nousukaistan tarpeellisuuden toteamiseksi. Nomogrammien määrittämisessä suoritettujen laskelmien on esitetty taulukossa 2. Kertoimesta T_c on huomattava, että sen suuruus määritetään perustuen henkilöautoeksivalenttiin (E_T), jonka arvot riippuvat lähinnä nousun pituudesta, pituuskaltevuudesta, kuorma-autojen nopeuden pienenemisestä, jarrutusmatkan pituudesta ja teho/paino-suhteesta. Näin ollen on laskelmissa otettu periaatteessa huomioon samat muuttujat, joiden perusteella todetaan nousukaistojen tarpeellisuus em. ulkomaisissa ohjeissa. Taulukossa 2 olevat kertoimet ovat HCM:n arvoja.

Nousukaistan tarpeellisuuden toteaminen ehdotetaan tehtäväksi siten, että pääteillä käytetään palvelutasokriteeriä ja kokooja- ja yhdysteillä tarkistetaan liikenteenvälityskyvyn ylityminen.

- b) Nousukaistan pituuden määrittäminen sekä alkamis- ja päättymiskiilan muotoilu ehdotetaan tehtäväksi samoin perustein kuin Ruotsin normeissa (Kuva 6).
- c) Nousukaistan leveydeksi ehdotetaan samaa leveyttä kuin tien normaalipoikkileikkauksen mukaiset ajokaistatkin ovat. Nousukaistan leveyttä ei kuitenkaan ole tarkoituksenmukaista tehdä suuremmaksi kuin 3,5 m, sillä 3,5 m leveä ajokaista on raskaille ajoneuvoille riittävä nopeudessa 70 km/h, jota suurempia nopeuksia ei nousun kohdalla käytettäne.



Kuva 9. Nousukaistan tarpeellisuuden toteaminen

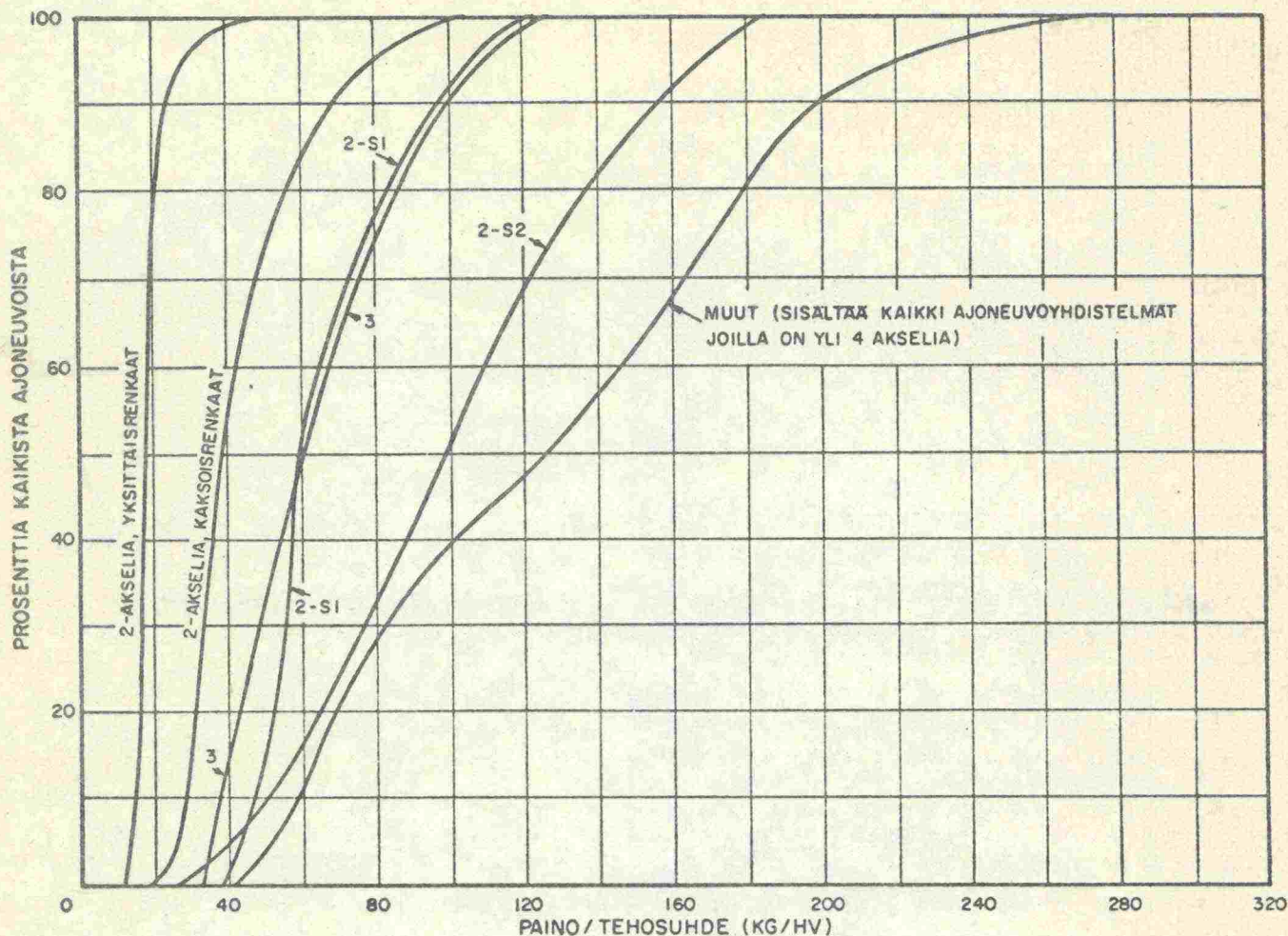
Lähdeluettelo:

- 1) Matti Leskinen: Diplomityö aiheesta "Ryörimiskaistat ja taloudellinen liikenteenvälityskyky" 1967
- 2) Matti Kolhinen: Diplomityö aiheesta "Tien nousujen ja niiden vaatimien lisäkaistojen mitoituksesta" 1962
- 3) RIL : Maa- ja vesirakennus 1968
- 4) Tvh:n teknillistaloudellinen toimisto: Ehdotus ohjeiksi ryömintäkaistoista 1962
- 5) Highway Research Board: Highway Capacity Manual 1965
- 6) Statens Vägverk, Ruotsi: Normalbestämmelser för vägars geometriska utformning 1967 ja 1955
- 7) Statens Vegvesen, Norja: Vegnormaler, Geometrisk utforming 1967
- 8) FG: Strassenbau von A-Z 1963

Nousun- pituus (m)	Pituus- kalt. (%)	E_T	T = 5 %		T = 10 %		T = 20 %	
			T_c	c (ajon/h)	T_c	c (ajon/h)	T_c	c (ajon/h)
0	0	2	0,95	1780	0,91	1710	0,83	1560
400	3	2	0,95	1780	0,91	1710	0,83	1560
800	3	7	0,77	1450	0,63	1180	0,45	850
1200	3	14	0,61	1150	0,43	810	0,28	530
1600	3	20	0,51	960	0,34	640	0,21	390
2400	3	26	0,44	830	0,29	550	0,17	320
400	4	3	0,91	1710	0,83	1560	0,71	1330
800	4	20	0,51	960	0,34	640	0,21	390
1200	4	32	0,39	730	0,25	470	0,14	260
1600	4	39	0,35	660	0,21	390	0,11	210
2400	4	44	0,32	600	0,19	360	0,10	190
400	5	7	0,77	1450	0,63	1180	0,45	850
800	5	37	0,38	680	0,22	410	0,12	230
1200	5	47	0,30	560	0,18	340	0,09	170
1600	5	54	0,27	510	0,16	300	0,08	150
2400	5	59	0,25	470	0,15	280	0,08	150
400	6	16	0,57	1070	0,40	750	0,25	470
800	6	54	0,27	510	0,16	300	0,08	150
1200	6	65	0,24	450	0,14	260	0,07	130
1600	6	70	0,22	410	0,13	240	0,07	130
2400	6	75	0,21	390	0,12	230	0,06	110

Taulukko 2

Kuvassa 9 esitettyjen nousukaisten tarpeellisuuden toteamiste koskevien nomogrammien laskelmat



Kuva 5.3. Monikaistaisilla teillä vuonna 1963 tehdyissä tutkimuksissa punnittujen kaikkien raskaiden ajoneuvojen paino/tehosuhteen kumulatiivinen frekvenssijakautuma. (6)

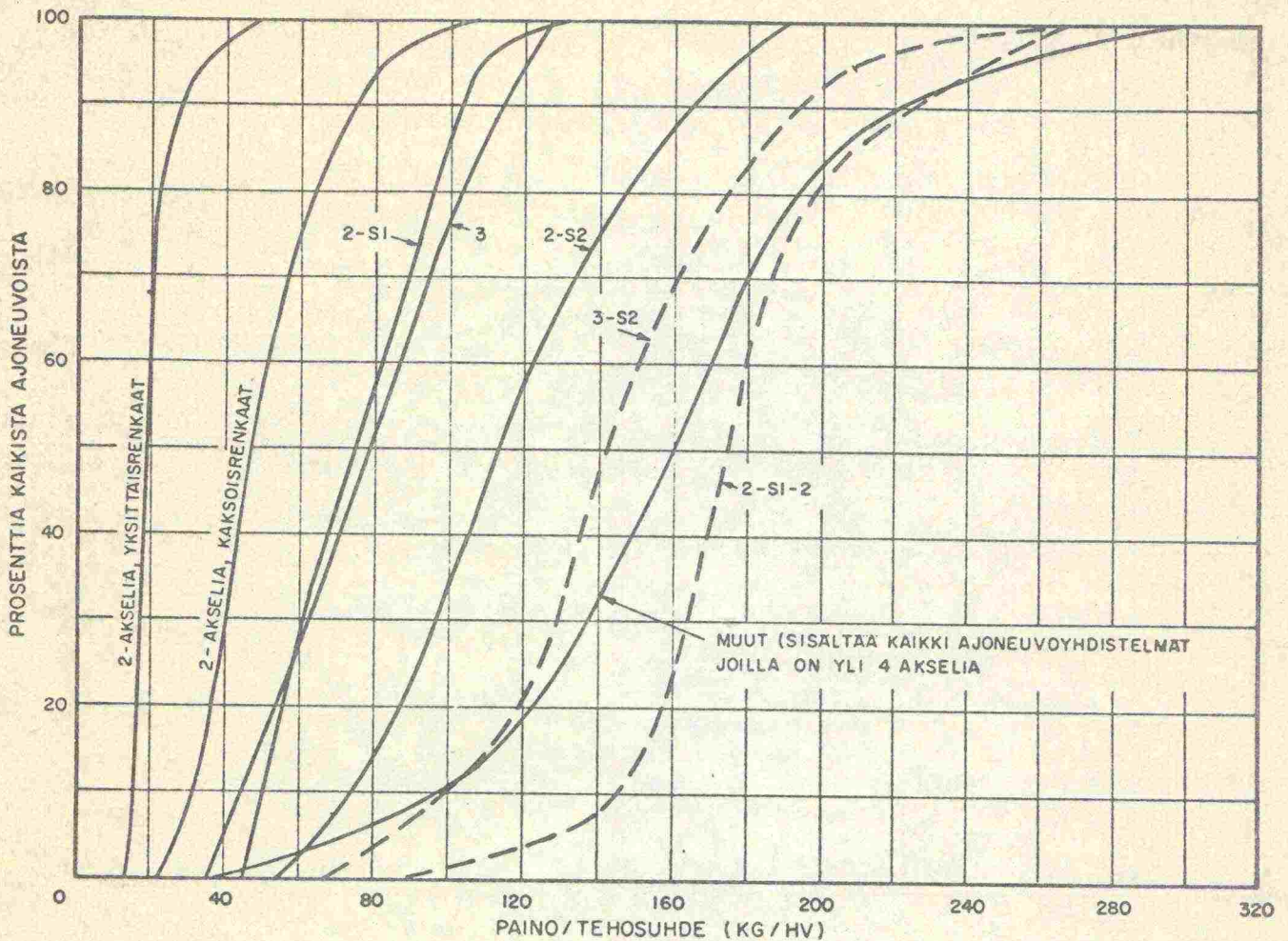
autoon verrannollisella tavalla, "henkilöautoekvivalentteina". Tämän vuoksi edellä esitettyjä tietoja on sovellettava yhdessä seuraavassa tekstiosassa ("Liikenteestä riippuvat tekijät" kohta "Kuorma-autot") esitettyjen tietojen kanssa, jotta voidaan selvittää nousuissa liikennöivien kuorma-autojen vaikutus tietyn tieosan liikenteenvälityskykyyn.

Kuorma-autojen ryömintäkaistat ja ohitusalueet

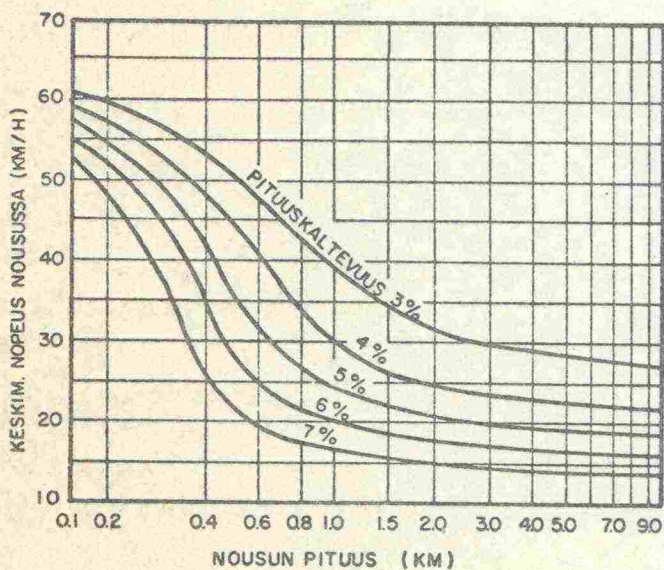
Suurimmat erot henkilöautojen ja kuorma-autojen normaaleissa nopeuksissa esiintyvät pitkissä, jatkuviissa ja jyrkissä nousuissa. Tällaisessa tapauksessa kuorma-autot käyttävät tiestä useampaa henkilöautoa vastaavan tilan (niiden henkilöautoekvivalentit ovat korkeampia) kuin tasaisilla tieosuuksilla etenkin kaksikaistaisilla teillä. Tästä syystä palvelutasojen välityskyvyt ja koko liikenteenvälityskyky ovat ylämäissä alhaisempia kuin tien tasaisilla osuuksilla. Vaikka riittävien ohitusmahdollisuuksien tarve on täten suurin pitkissä nousuissa, ovat ohittamismahdollisuudet ainakin kaksikaistaisilla teillä yleensä huomattavasti tällaisessa tilanteessa kuin tasaisella tieosalla.

Ryömintäkaistoilla voidaan parantaa sekä liikenteenvälityskykyä että palvelutasoa pitkissä ja jyrkissä nousuissa, joissa kuorma-autoliikenteen määrä on merkittävän suuri. Joissakin tapauksissa kuorma-autojen ryömintäkaistat nostavat palvelun tason kaksikaistaisen tien mäkisellä osuudella korkeammalle kuin mitä se samoilla vaakataso-geometrisilla elementeillä olisi tien tasaisella osuudella. Tämä johtuu siitä, että ryömintäkaistat vähentävät huomattavasti kuorma-autojen pääliikennekaistojen liikenteelle aiheuttamia vaikutuksia ja samalla lisäävät ohittamismahdollisuuksia. Vaikka pääliikennesuunnan ajokaistojen todellinen liikennemäärä ei ehkä suuresti vähenekään, henkilöautoekvivalentteina laskettu liikennemäärä todennäköisimmin vähenee merkittävästi.

Ryömintäkaistoja voidaan käyttää myös pyrittäessä ylläpitämään monikaistaisten teiden palvelutasoa tasaisena sekä eliminoimaan mahdolliset liikenteenvälityskyvyn kannalta "pullonkauloiksi" muodostuvat kohdat. Itse asiassa pitkiin ja jyrkkiin nousuihin rakennetut ryömintäkaistat saattavat monikaistaisilla teillä usein korvata koko tien pituudella tarpeellisen lisäkaistan. Vaikka kuorma-autojen vaikutusta monikaistaisilla teillä ei tunneta yhtä hyvin kuin kaksikaistai-



Kuva 5.4.
Moniakselisilla teillä vuonna 1963 tehdyissä tutkimuksissa punnittujen kuormattujen kuorma-autojen paino/tehosuhteen kumulatiivinen frekvenssijakautuma. (6)



Kuva 5.5.
Tavallisten kuorma-autojen keskimääräinen nopeus kaksikaistaisten teiden nousujen koko pituudella.

silla maanteillä, kuten seuraavassa tekstiosassa ("Kuorma-autot") selvitetään, voidaan yleisesti todeta, että henkilöautot pyrkivät välttämään oikeanpuoleisella ajokaistalla liikennöimistä, jos kuorma-autoja ajaa sitä pitkin ja jos liikennemäärät ovat niin alhaisia, että muut ajokaistat voivat ylläpitää toivotun palvelutason. Tästä seuraa, että ryömintäkaista olisi rakennettava silloin, kun ilman sitä muiden ajokaistojen palvelutaso alenisi toivottua alhaisemmaksi.

Ylipitkissä nousuissa ohittamisalueet saattavat olla määrättyissä liikenne- ja maasto-olosuhteissa riittävä ja helpommin toteutettava ratkaisu kuin jatkuva ryömintäkaista. Jos esim. liikennemäärät ovat verraten alhaisia ja maasto-olosuhteet sellaisia, että tien leventäminen kautta linjan ei ole mahdollista, voi ohitusalueiden rakentaminen parantaa palvelutasoa merkittävästi, koska niiden kohdalla kuorma-autojen taakse muo-

dostuneet jonot lyhyin väliajoin pääsevät ohittamaan kuorma-autot. Tällaisessa tapauksessa liikenteenvälityskyky paranee tosin vain vähän. Yleensä tien välityskyky kuitenkin nousee, jos ohitusalueita rakennetaan, koska nämä vähentävät kuorma-autojen vaikutuksia seuraavassa tekstiossa käsiteltävällä tavalla. Joissakin tapauksissa ohitusalueiden avulla voidaan päästä lähes samaan välityskykyyn kuin vastaavalla, jatkuvalle ryömintäkaistalla varustetulla tiellä. Ohitusalueiden yleisiä suunnitteluperusteita ei voida esittää, vaan jokainen tapaus täytyy tutkia erikseen, koska ohitusalueiden oikea sijainti on erittäin tärkeää.

Käytännössä ryömintäkaista tai ohitusalue rakennetaan siis pääasiassa siksi, että liikenteen palvelutaso nousussa olisi sopuoinnussa tien muiden osuuksien kanssa. Tavallisesti ei ryömintäkaistaa suunniteltaessa tarvitse laatia yksityiskohtaisia laskelmia saavutettavissa olevista palvelutasojen välityskyvyistä tai tieosan välityskyvystä. Pikemminkin on useimmiten määritettävä kyseiset arvot tapauksessa, että ryömintäkaistaa ei rakenneta, jolloin päästään selville siitä, missä kohdassa palvelutaso ilman ryömintäkaistaa alenisi toivotun alapuolelle.

LIIKENTEESTÄ RIIPPUVAT TEKIJÄT

Vaikka kahdella tiellä olisi samanlaiset geometriset ominaisuudet (ts. vaikka kaikki tiestä riippuvat edellä käsitellyt kertoimet olisivat samoja), saattaa niiden liikenteenvälityskyky olla erilainen. Tämä johtuu siitä, että tien välityskykyyn vaikuttavat myös sitä käyttävän liikenteen koostumus, ajajien ajotapa ja toiveet sekä tiellä tarpeelliset liikenteen opastuslaitteet. Nämä olosuhteet pyritään ottamaan huomioon "liikenteestä johtuvien tekijöiden" avulla. Tässä luvussa esitetään näistä tekijöistä seuraavat: kuorma-autot, linja-autot, liikenteen kaistajakautuma, liikennemäärän vaihtelut ja liikenteen katkeamat.

Kuorma-autot

Kuorma-autot (välityskykylaskelmia varten kuorma-autoiksi määritellään tavaraa kuljettavat ajoneuvot, joilla on kaksoisrenkaat yhdessä tai useammassa akselissa) alentavat tien liikenteenvälityskykyä tunnissa välitettävien ajoneuvojen kokonaislukumääränä laskettuna. Jokainen kuorma-auto tavallaan "poistaa" useita henkilöautoja liikennevirrasta. Kutakin kuorma-autoa vastaava henkilöautojen lukumäärä määritetyissä olosuhteissa on kuorma-auton "henkilöautoekvivalentti" ko. olosuhteissa. Tasaisessa maastossa, jossa kuorma-autot voivat ajaa joko täysin tai lähes samanlaisilla nopeuksilla kuin henkilöautot, on tavallisen kuorma-auton todettu vastaavan liikenteenvälityskykylaskelmissa kahta henkilöautoa monikaistaisilla teillä ja 2-3 henkilöautoa kaksikaistaisilla

silla teillä palvelutasosta riippuen. Näitä arvoja voidaan soveltaa myös useimmissa laskuissa.

Kuorma-autojen henkilöautoekvivalentti vaihtelee suuresti riippuen nousun jyrkkyydestä ja pituudesta sekä ajokaistojen lukumäärästä. Edelleen pitkäkööllä tieosalla laskettu keskimääräinen ekvivalentti eroaa kyseisen tieosan nousuissa lasketuista yksittäisistä arvoista.

Määrättyä tieosaa koskevissa likimääräisissä liikenteen olosuhteiden tutkimuksissa voitaneen käyttää keskimääräistä ekvivalenttitekijää koko tieosalla. Tarkemmissa laskelmissa kuorma-auton ajo-ominaisuudet on kuitenkin jokaisessa merkitsevässä nousussa tutkittava yksityiskohtaisesti erikseen.

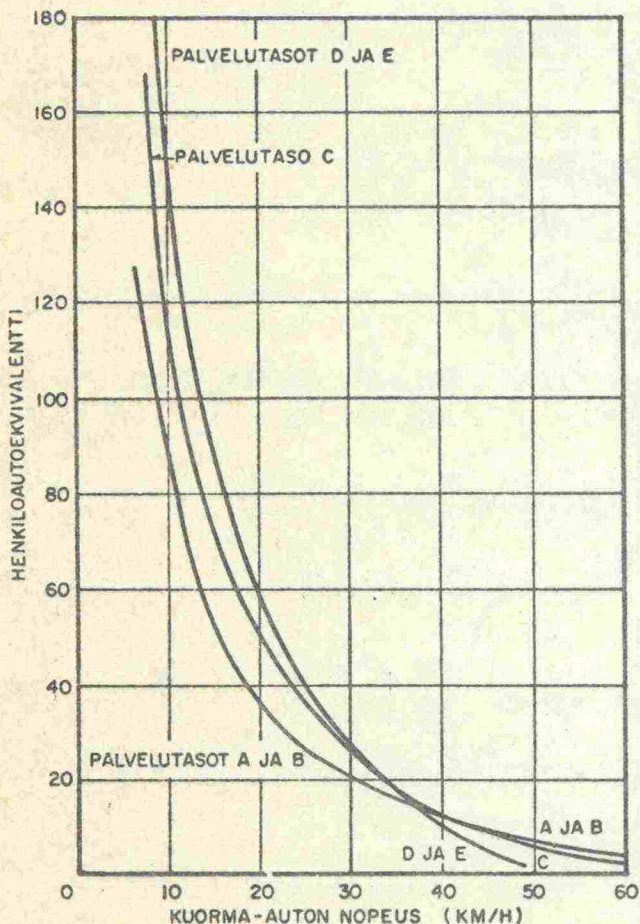
Kaksikaistaiset tiet

Kaksikaistaisilla teillä voidaan kuorma-autojen henkilöautoekvivalentit laskea verraten helposti. Ne voidaan määrätä suoraan hankkimalla yksityiskohtaiset tiedot ajoneuvojen nopeuksista ja aikaväleista erilaisin geometrisin elementein rakennetuilla teillä ja erilaisilla liikennemäärillä. Tämän jälkeen kuorma-autoille voidaan määrittää keskimääräinen henkilöautoekvivalentti kaikissa näissä olosuhteissa. Jos tutkimus on riittävän laaja, voidaan henkilöautoekvivalentit määritellä kullekin raskaalle ajoneuvotyypille, jotka luokitellaan nopeusryhmittäin.

Henkilöautoekvivalentit voidaan laskea myös varsin tarkasti eri liikennemäärillä henkilöautojen ja kuorma-autojen erillisistä nopeusjakautumista. Laskentaperusteena käytetään tien pituusyksikköä kohti määritettyä suoritettavien ohitusten suhteellista lukumäärää, jos kunkin ajoneuvon oletettaisiin jatkavan normaalilla nopeudella tutkittavissa olosuhteissa. Se, että tällaisella tavalla saadut tulokset ovat yhtäpitäviä monimutkaisempien menetelmien antamien tulosten kanssa, ei ole yllättävää. Tien määrättyllä palvelutasolla välittämä liikennemäärä alenee juuri kuorma-autojen ja henkilöautojen nousuissa esiintyvien erilaisten nopeuksien vuoksi. Mitä suurempi nopeusero on, sitä enemmän kunkin palvelutason välityskyky alenee, jolloin kuorma-autojen henkilöautoekvivalentit vastaavasti kasvavat.

Kaksikaistaisten teiden pitkäkööllä osuuksilla, joihin sisältyy sekä nousuja että laskuja ja niiden välillä tasaisia osuuksia, on palvelutasoilla B ja C tyypillisten ekvivalenttiarvojen todettu olevan keskimäärin noin 5 kumpuilevassa maastossa ja noin 10 vuoristoisessa maastossa. Palvelutasoilla D ja E, eli liikenteenvälityskyvyn lähellä, arvot ovat 5 ja 12. Taulukossa 10.9 on esitetty näihin yleisiin henkilöautoekvivalenttikertoimiin perustuvat korjauskertoimet, joita voidaan käyttää pitkäkööjen tiejaksojen yleistarkastelussa.

Jos toisaalta tarkastellaan jotakin määrättyä kaksikaistaisen tien pituuskaltevaa kohtaa, huomataan lukuarvojen vaihtelevan laajasti maaston jyrkkyyssuhteista riippuen. Kullakin palvelutasolla henkilöautoekvivalentti pitkässä ja jyrkässä nousussa kasvaa kuorma-auton nopeuden alentuessa. Tämä taas riippuu nousun pituudesta, koska pituuden kasvessa henkilöautojen ja kuorma-autojen normaalinopeuksien erot kasvavat. Kuorma-auton henkilöautoekvivalentti kasvaa nopeimmin alhaisilla palvelutasoilla, koska ohittaminen tulee yhä vaikeammaksi ja lopulta suurelta osin mahdottomaksi. Kaksikaistaisella tiellä henkilöautoekvivalentti näyttää kuitenkin riippuvan hyvin vähän tai ei ollenkaan kuorma-autojen osuudesta liikennevirrassa, jos kuorma-autojen osuus pysyy normaaleissa puitteissa ja geometriset olosuhteet ovat muuttumattomat. (Tutkimuksia ei ole suoritettu olosuhteissa, joissa kuorma-autojen osuus olisi ollut yli 20 % ja yleensä ne ovat keskittyneet sellaisiin kohteisiin, joissa kuorma-autojen osuus on ollut alle 10 % liikenteen huippujaksoina. On täysin mahdollista, että kaksikaistaisen teiden jatkotutkimuksissa ilmenee, että joissakin olosuhteissa henkilöautoekvivalentti riippuu kuorma-autojen prosenttiosuudesta, mutta vielä ei ole käytettävissä tietoja siitä, kasvaako vai väheneekö se prosenttiosuuden kasvaessa).



Kuva 5.6. Kuorma-autojen erilaisia keskimääräisiä nopeuksia vastaavat henkilöautoekvivalentit kaksikaistaisilla teillä.

Kuvassa 5.6 on esitetty henkilöautoekvivalentin vaihtelu kaksikaistaisen tien nousuissa ylöspäin ajavien kuorma-autojen keskimääräisen nopeuden vaihtelusta riippuen (vrt. kuva 5.5) palvelutasoilla B, C ja E (= liikenteenvälityskyky). Kuva laadittiin edellä esitettyä nopeusjakautumiin perustuvaa menetelmää käyttäen. Käytännössä katsotaan mahdolliseksi soveltaa palvelutason B arvoja myös tasoon A ja palvelutason E arvoja tasoon D.

Useimmiten laskelmissa ei tarvitse käyttää kuvan 5.6 tietoja, koska taulukossa 10.10 on esitetty henkilöautoekvivalentit kaikille kaksikaistaisilla teillä todennäköisesti esiintyville pituuskaltevuuksille. Taulukon arvot on laskettu kuorma-autojen keskimääräisiä ominaisuuksia käyttäen olettaen kuorma-autojen ajo-ominaisuuksien olevan kuvan 5.1a mukaisia. Jos tämä olettaus näyttää vääraltä ja määrättyssä nousussa on tutkittava erikseen kuorma-autojen keskimääräinen nopeus, voidaan kuvaa 5.6 käyttää ekvivalenttikertoimen määrittämisessä. Tämä menettely saattaa olla tarpeen myös tutkittaessa jyrkkiä laskuja, joissa kuorma-autot jarruttavat moottorilla ja ajavat hitaammin kuin henkilöautoliikenne.

Kaikki sekaliikennemäärät voidaan muuntaa henkilöautoyksiköiksi käyttämällä kuorma-autoille määritettyä korjauskertoiminta: $(100 - P_T + E_T P_T) / 100$, jossa P_T on kuorma-autojen prosenttiosuus ja E_T asianmukainen aikaisemmin määritetty henkilöautoekvivalentin arvo. Vastaavasti kunkin palvelutason henkilöautoina ilmaistu välityskyky voidaan muuttaa sekaliikennemääräksi kertoimella: $100 / (100 - P_T + E_T P_T)$. Taulukossa 10.10 on esitetty useimmin tarvittavat korjauskertoimen arvot.

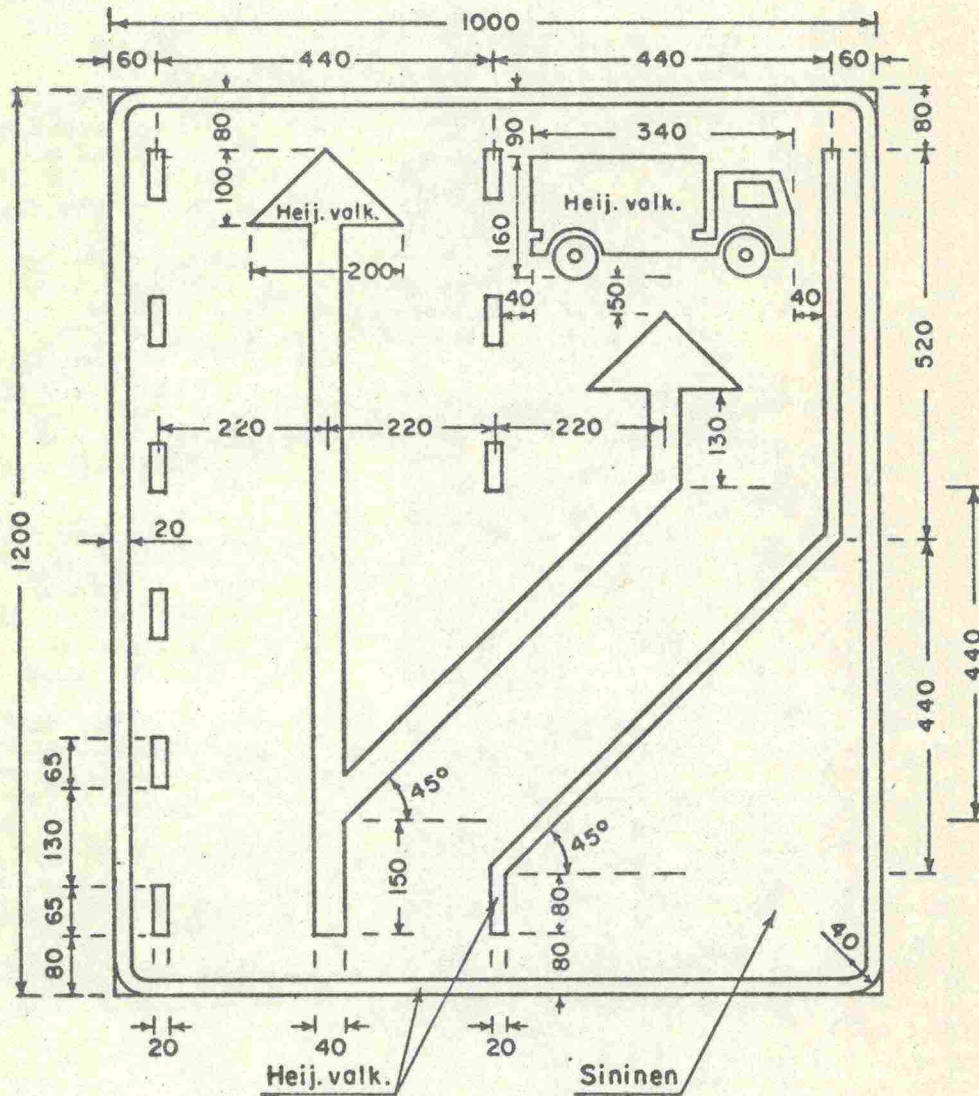
Vertaamalla henkilöautoyksikköinä ilmaistua liikennemäärää nousun välityskykyyn myös henkilöautoina ilmaistuna voidaan nousun vaikutus jokaisessa kohdassa ottaa huomioon. Jos laskelmat osoittavat, että kyseisessä nousussa palvelutaso olisi liian alhainen tai jos välityskyky ylitetäisiin, tulisi kuorma-autojen ryömintakaistojen tai ohitusalueiden käyttämistä harkita, kuten aikaisemmin esitettiin.

Monikaistaiset tiet

Monikaistaisilla teillä kuorma-autoista johtuvista korjauskertoimista ollaan jonkin verran heikommin perillä, koska kuorma-autojen määrällistä vaikutusta jyrkkiä nousuja sisältävien monikaistaisen teiden liikenteenvälityskykyyn ei tunneta yhtä hyvin kuin kaksikaistaisilla teillä. Ongelma on varsin monimutkainen ja edellä esitettyjen kaksikaistaisia teitä koskevien tekijöiden lisäksi sen yhteydessä on tutkittava mm. liikenteen jakautuma eri kaistoille, kuorma-autojen ohitukset toisten kuorma-autojen kanssa ja määrättyllä ajokaistalla olevien kuorma-autojen psykologiset vaikutukset muilla kaistoilla ajaviin. Näistä

III A p Ryömimiskaista A

1:10



Piirros T/Te-72A/74

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS TIESUUNN.OSASTO	
Suunnitellut:	<i>T. Puttonen</i>
Tarkastanut:	<i>[Signature]</i>
Hyväksynyt:	<i>[Signature]</i>
AD	12.2.1975 n:o T-507 N:o

N:o 457.

Asetus

tieliikenneasetuksen muuttamisesta.

Annettu Helsingissä 6 päivänä kesäkuuta 1974.

Liikenneministerin esittelystä *kumotaan* 4 päivänä lokakuuta 1957 annetun tieliikenneasetuksen (331/57) 18 §:n 4 momentin a ja g kohta, sellaisina kuin ne ovat 15 päivänä heinäkuuta 1970 annetussa asetuksessa (518/70), *muutetaan* 2 §:n 1 kohta, 14 §:n 2 ja 9 momentti, 17 §:n 6 momentti, 18 §:n 3 momentin j kohta sekä 5 ja 7 momentti, sekä 24 §:n 4 momentti, näistä 2 §:n 1 kohta sekä 18 §:n 3 momentin j kohta, 5 ja 7 momentti sellaisina kuin ne ovat mainitussa 15 päivänä heinäkuuta 1970 annetussa asetuksessa, 14 §:n 2 momentti sellaisena kuin se on 29 päivänä toukokuuta 1965 annetussa asetuksessa (289/65), 17 §:n 6 momentti sellaisena kuin se on 21 päivänä toukokuuta 1971 annetussa asetuksessa (405/71) ja 24 §:n 4 momentti sellaisena kuin se on 30 päivänä maaliskuuta 1974 annetussa asetuksessa (287/73), sekä *lisätään* 2 §:ään, sellaisena kuin se on osittain muutettuna 12 päivänä syyskuuta 1969 annetulla asetuksella (595/69) ja mainitulla 15 päivänä heinäkuuta 1970 annetulla asetuksella, uusi o kohta, 14 §:ään, sellaisena kuin se on osittain muutettuna 20 päivänä kesäkuuta 1960 annetulla asetuksella (324/60) ja mainitulla 29 päivänä toukokuuta 1965 annetulla asetuksella, uusi 2 a ja 2 b momentti ja 18 §:n 3 momenttiin, sellaisena kuin se on muutettuna mainituilla 15 päivänä heinäkuuta 1970 ja 21 päivänä toukokuuta 1971 annetuilla asetuksilla, uusi k kohta sekä 18 §:ään, sellaisena kuin se on muutettuna kahdella viimeksi mainitulla asetuksella, uusi 3 a ja 3 b momentti seuraavasti:

2 §.

1) *pysäköinnillä* ajoneuvon seisottamista kuljettajineen tai ilman kuljettajaa, ei kuitenkaan lyhytaikaista ajoneuvon seisottamista siihen nousemista tai siitä poistumista varten tahi ajoneuvon kuormaamista tai kuorman purkamista varten;

o) *ryömimiskaistalla* liikennemerkillä osoitettua, hitaasti kulkevalle liikenteelle tarkoitettua ajokaistaa.

14 §.

2. Milloin ajoradan puoliskolla tai yksisuuntaisella ajoradalla on tilaa kahdelle tai useammalle rinnakkain kulkevalle ajoneuville, ajoneuvon on ajettava ajokaistaa tarpeettomasti vaihtamatta yleensä eniten oikealla olevaa vaapaata ajokaistaa. Hitaammin kulkevien ajoneuvojen on ajettava äärimmäisenä oikealla olevaa

ajokaistaa ja ne saavat käyttää muita ajokaistoja vain ohitusta ja ryhmitystä varten. Kuorma-auton sekä ajoneuvon, jota kuljetetaan muun liikenteen nopeutta huomattavasti hitaammin, on käytettävä ryömimiskaistaa, missä sellainen on. Muut ajoneuvot eivät saa ajaa ryömimiskaistalla.

2 a. Moottoritiellä on ajettava oikeanpuoleisella varsinaisella ajokaistalla. Vasenta ajokaistaa saa käyttää vain ohitukseen tai oikeanpuoleisen ajokaistan ollessa liikenne-esteen sulkema.

2 b. Ajokaistaa ei saa vaihtaa alueella, jossa on ryhmitystä osoittavat liikennemerkit eikä muutoinkaan siten, että siitä aiheutuu vaaraa muulle liikenteelle.

9. Tämän pykälän 1, 2, 2 a, 2 b, 5 ja 6 momentin estämättä saadaan tietä tai sillä olevia laitteita kunnostavaa ajoneuvoa tai työkonetta erityistä varovaisuutta noudattaen kuljettaa työn suorituksen vaatimalla tavalla.

17 §.

6. Ajoneuvon, joka tulee tielle pysäköinti-paikalta, kiinteistöltä, huoltoasemalta tai muulta vastaavalta tien ulkopuolella olevalta alueelta taikka polulta, tilustieltä tai muulta vastaavalta ajotieltä, samoin kuin ajoneuvon, joka aikoo tieltä poistua tällaiseen paikkaan, on väis-tettävä jokaista muuta tiellä kulkevaa.

18 §.

3. Ajoneuvoa ei saa pysäyttää eikä pysä-köidä:

- j) ryömimiskaistalle;
- k) jalkakäytävälle tai pyörätielle.

3 a. Ajoneuvoa ei saa pysäyttää eikä pysä-köidä ajoratamerkinnoin osoitetulla matkalla linja-auton tai raitiovaunun pysäkkiä osoittavan liikennemerkin kummallekään puolelle tai, jos merkintää ei ole, kahtatoista metriä lähemmäksi merkkiä. Tälle alueelle saa kuitenkin pysäyttää ajoneuvon siihen nousemista tai siitä poistu-mista varten, milloin se voi tapahtua linja-auto-tai raitiovaununliikennettä estämättä.

3 b. Edellä 3 momentin k kohdassa olevan säännöksen estämättä saa polkupyörän ja moot-toripolkupyörän pysäyttää ja pysäköidä jalka-käytävälle tai pyörätielle. Muunkin ajoneuvon saa erityistä varovaisuutta noudattaen pysäyttää lyhyeksi ajaksi ajoneuvoon nousemista, siitä poistumista, sen kuormaamista tai kuorman purkamista varten jalkakäytävälle tai pyörä-

Helsingissä 6 päivänä kesäkuuta 1974.

Tasavallan Presidentti
URHO KEKKONEN

tielle, milloin 2, 3 ja 3 a momentin muiden säännösten huomioon ottaminen ja pakottavat syyt sitä vaativat, jos se voi tapahtua jalka-käytävän tai pyörätien kestävyyttä vaaranta-matta ja niiden käyttöä kohtuuttomasti haittaa-matta. Kuljettajan tulee tällöin pysyä ajoneu-vonsa läheisyydessä sekä tarpeen vaatiessa siir-tää ajoneuvo sellaiseen paikkaan, jossa se ei häiritse muuta liikennettä.

5. Pysähtyminen 4 momentissa mainituissa paikoissa on sallittua vain, milloin erityiset syyt siihen pakottavat.

7. Tämän pykälän 1, 3, 3 a, 3 b ja 4 mo-mentin säännökset eivät ole voimassa, milloin liikennemerkein tai ajoratamerkinnoin on toi-sin osoitettu.

24 §.

4. Edellä 1 momentissa määrätyt nopeus-rajoitukset eivät koske hälytysajoneuvoa eivätkä 3 momentin nojalla määrätyt nopeusrajoitukset tai liikennemerkein osoitetut nopeusrajoitukset kiireellisessä tehtävässä ajavaa hälytysajoneuvoa eivätkä liikenteen valvontaan käytettävää ajo-neuvoa.

Tämä asetus tulee voimaan 1 päivänä mar-raskuuta 1974, kuitenkin siten, että 24 §:n 4 momentti tulee voimaan 1 päivänä heinä-kuuta 1974.

Liikenneministeri Pekka Tarjanne

AJOANALYSAATTORI PP 6300

Polttoaineenkulutus- ja ajoaikamittaukset suoritettiin Oy Nokia Ab:n valmistamalla vuodesta 1967 tvh:n käytössä olleella ajoanalyysoittorilaitteella PP 6300. Ajoanalyysoittori on autoon asennettava mittauslaite, joka on erikoisesti suunniteltu tie- ja liikennetaloudellisia tutkimuksia varten.

Ajoanalyysoittori tulostaa automaattisesti tietyin aikaväleihin auton hetkellisen nopeuden (km/h), kulutetun ajan (s), puolet polttoaineen kumulatiivisesta kulutuksesta (ml) ja ajetun matkan (m tai 10 m). Automaattisen tulostuksen aikaväliksi voidaan valita 1 s tai 10 s. Lisäksi voidaan tulostaa käsin laitteen ohjauslevyssä olevien 20 painikkeen avulla muu haluttu informaatio, esim. liittymät, nopeusrajoitukset, ohitukset. Tässä tutkimuksessa on tulostus tapahtunut rivikirjoittimella, jonka tulostusnauha selityksineen on esitetty kuvassa 1. Tulostus voidaan järjestää haluttaessa myös reikänauhalävistimellä, jolloin tiedot voidaan käsitellä sellaisenaan tietokoneella.

Matkan ja nopeuden mittaus tapahtuu auton matkamittarin vaijeriin T-kappaleella liitetyn nopeusanturin avulla. Nopeusanturin antamien pulssien kokonaismäärä on suoraan verrannollinen auton kulkemaan matkaan ja pulssien määrä aikayksikössä auton nopeuteen. Ajoanalyysoittorin matkarekisterin kapasiteetti on 9990 m, kun matkan mittaus tapahtuu 10 m:n tarkkuudella ja 999 m, kun mittaustarkkuutena on 1 m. Kapasiteetin ylittyttyä tulostus alkaa uudelleen nollassa.

Ajan mittaus tapahtuu 1 kHz:n kideoskillaattorilla, jonka taajuus jaetaan 1000:lla, jolloin saadaan pulssi sekunnin välein. Nämä pulssit ohjataan aikarekisteriin, jonka kapasiteetin (999 s) ylittyessä tulostus jatkuu nollassa.

Henkilöauton polttoaineenkulutuksen mittausta varten on polttoaineputkistoon polttoaineenpumpun jälkeen asennettu KENT-MINI-OIL-mittari ja siihen liittyvä suodatin. Kuorma-autolla suoritettavissa mittauksissa palautuu osa polttoaineesta palautusputkia pitkin, jolloin tämä joudutaan ottamaan huomioon

65	1.00	1.00	2
65	2.00	3.00	4
62.	3.00	4.00	5
62.	4.00	5.00	7
63	5.00	6.00	9
9 02.			
62.	6.00	6.0	11
62.	7.00	7.0	12
64	10.00	9.0	17
74	20.0	15.0	38
64	30.0	23.0	57
58	35.0	25.0	65
59	36.0	26.0	67
9 15.			
61.	37.0	26.0	69
63	38.0	26.0	70
65	39.0	27.0	72
63	40.0	28.0	74
64	41.0	28.0	76
59	42.0	30.0	77
57.	43.0	30.0	79
9 05.			
57.	44.0	32.0	81
58.	45.0	33.0	82
59.	46.0	33.0	84
60.	47.0	35.0	85
59	48.0	35.0	87
60.	49.0	36.0	89
60.	50.0	37.0	90

Hetkellinen nopeus
(km/h) ja koodit

Ajoaika (s)

Kulutettu polttoaine
jaettuna kahdella(ml)

Ajettu matka kymme-
ninä metreinä

Kuva 1 . Ajoanalysoittorin rivikirjoittimen tulostusnauha.

polttoaineanturin asennuksessa. Mittaus perustuu polttoainevirran mukana pyörivän kestopagneetin antamien pulssien lukumäärän elektroniseen laskemiseen. Polttoainerekisterin kapasiteetti on 999, jonka jälkeen tulostus jatkuu nollassa. Nauhalle tulostuvat polttoainelukemat on kerrottava kahdella ajoanalysointorin logiikassa suoritettuna muutoksen vuoksi, jonka johdosta polttoainerekisterin todelliseksi kapasiteetiksi tulee 2 x 999 ml.

Ajoanalysointori toimii rivikirjoittimen kanssa käytettynä 24 V:n jännitteellä. Virtalähteenä käytettiin tässä tutkimuksessa kahta 12 V:n akkua, joiden yhteinen paino on n.70kg. Analysointorin paino rivikirjoittimineen on 56 kg, joten mittauslaitteiston kokonaispainoksi tulee n. 130 kg.

Matkan mittauksessa voidaan mittausvirheen suuruudeksi arvioida alle 0.5 % ja ajan mittauksessa alle 1 %. Polttoaineenkulutuksen mittauksessa on virhelähteinä mittarin sisäinen vuoto sekä pulssien määrän ja kulutetun polttoaineen välisen vastaavuuden systeemivirhe. Polttoaineenkulutuksen mittauksen suurimmaksi kokonaisvirheeksi voidaan arvioida 5 %.

Taulukko : Seurantamittaushavainnot automerkeittäin

Mäki	Scania		Sisu		Volvo		Ford		Bedford		M-B		Muut		Yhteensä
	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%	
1	23	41.8	5	9.1	22	40.0	1	1.8	-	-	2	3.6	2	3.6	55
2	25	44.6	2	3.6	16	28.6	3	5.4	3	5.4	6	10.7	1	1.8	56
3	22	39.3	4	7.1	25	44.6	1	1.8	-	-	4	7.1	-	-	56
4	23	43.4	5	9.4	19	35.9	-	-	2	3.8	4	7.6	-	-	53
5	39	46.4	6	7.1	24	28.6	2	2.4	2	2.4	6	7.1	5	6.0	84
6	30	58.8	5	9.8	11	21.6	1	2.0	2	3.9	2	3.9	-	-	51
7	21	42.0	3	6.0	9	18.0	5	10.0	6	12.0	5	10.0	1	2.0	50
Yht.	183	45.2	30	7.4	126	31.1	13	3.2	15	3.7	29	7.2	9	2.2	405

