

# TIEOLOSUHTEET JA LIIKENNETURVALLISUUS

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS

TIESUUNNITTELUOSASTON TEKNILLIS TALOUDELLINEN TOIMISTO

TIEDOTUSLEHTI N:o 4

HELSINKI 15. 9. 1967



AJONEUVOJEN NOPEUKSIEN RIIPPUVUUS  
ERI TEKIJÖISTÄ - ERITYISESTI TIEN GEOMETRIASTA -  
SUOMEN 2-KAISTAISILLA MAANTEILLA

Otto Wahlgren

Helsinki 1967

ALUEVUOKSEN KORJAUKSIEN NIIPYTYKSEN  
KÄSITTELYN KÄSITTELYN NIIPYTYKSEN  
KÄSITTELYN KÄSITTELYN NIIPYTYKSEN

Osoite: Osoite

1981 vuodelle

## ALKUSANAT

Teknillistaloudellisen toimiston esittelystä Tie- ja vesirakennushallitus antoi muistiollaan T-733/2.2.1965 tehtäväkseni suorittaa tutkimus niiden tekijöiden selvittämiseksi, jotka vaikuttavat ajoneuvojen nopeuteen.

Tutkimuksen aineiston muodostavat ajonopeuden ja poikkileikkausnopeuden mittaukset, jotka on johdollani tehty Etelä-Suomen kaksikaistaisilla valta-teillä kesällä 1965. Kenttäryhmän johtajana toimi silloinen tekn.yo., nykyinen dipl.ins. Seppo Kainu. Mittauksissa käytettiin Tie- ja vesirakennushallituksen, Statens Väginstitutin ja Teknillisen korkeakoulun kalustoa. Tietokoneohjelmien laatimisesta ja tietokoneajosta ovat vastanneet silloinen fil.lis., nykyisin fil.tri Olli Martio ja luonnont.kand. Risto Sirkiä. Tietokoneaika saatiin osittain Tvh:lta, osittain TKK:lta. Tutkimuksen suunnittelun, aineiston käsittelyn ja tutkimusraportin kirjoittamisen olen suorittanut henkilökohtaisesti.

Tutkimuksen onnistumisesta saan edellämainittujen henkilöiden lisäksi kiittää erityisesti Teknillistaloudellista toimistoa työn kaikissa vaiheissa saamastani avusta.

Helsingissä, kesäkuussa 1967

Otto Wahlgren

## SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
ALKUCANAT	
1. JOHDANTO	
2. TUTKIMUKSEN PÄÄTAVOTTEET JA SEN LAAJUUS	6
3. TUTKIMUKSEN TEOREETTISET PERUSTEET JA MÄÄRITELMÄT	8
3.1. Yleistä	8
3.2. Nopeus ja keskinopeus	9
3.2.1. Nopeus	10
3.2.2. Keskinopeus	11
3.2.3. Jakautuma, keskihajonta ja keskivirhe	14
3.3. Tilastolliset testit	15
3.4. Määritelmät	15
4. TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN	16
4.1. Tarkasteltavien tekijöiden valinta	16
4.2. Tutkimusmenetelmien valinta ja niiden tarkkuus	18
4.2.1. Ajonopeustutkimukset	18
4.2.2. Poikkileikkausnopeuden tutkimukset	20
4.3. Tutkimuksen kenttätö	23
4.4. Tulosten käsittely	26
4.4.1. Ajonopeustutkimukset	26
4.4.2. Poikkileikkausnopeuden tutkimukset	28
4.4.3. Mallien laatiminen	30
5. TUTKIMUSTULOKSET	30
5.1. Yleistä	30
5.1.1. Havaintojen lukumäärä, liikenteen koostumus ja jakautuman normaalisuus	30
5.1.1.1. Ajonopeudet	30
5.1.1.2. Poikkileikkausnopeudet	30
5.1.2. Nopeudet tieverkon eri osilla	34
5.2. Eri tekijöiden vaikutus ajonopeuteen ja poikkileikkausnopeuteen	35
5.2.1. Ajoneuvo	35
5.2.1.1. Ajoneuvotyypit	35
5.2.1.2. Automerkit ja -mallit	40
5.2.2. Tieolosuhteet	41

	Sivu
5.2.2.1. Tietyyppi	41
5.2.2.2. Ohjenopeus	45
5.2.2.3. Mäkisyys ja pituuskaltevuus	54
5.2.2.4. Kaarteisuus ja kaarresäde	57
5.2.2.5. Näkemä	60
5.2.2.6. Laatuluokittelupisteet	62
5.2.3. Liikenneolosuhteet	67
5.2.3.1. Liikenteen koostumus	67
5.2.3.2. Liikennemäärä	68
5.2.3.3. Liikennetiheys	70
5.2.3.4. Käytösuhde	71
5.2.4. Muut tekijät	74
5.2.4.1. Näkyvyys	74
5.2.4.2. Ajoradan pinnan kosteus	75
5.2.4.3. Tuuli	75
5.2.4.4. Valoisuus	76
5.2.4.5. Aika	77
5.2.4.6. Nopeusrajoitukset	80
5.2.4.7. Mittauksen julkisuus	83
5.2.4.8. Ajoneuvon kuljettaja	84
5.2.5. Nopeustrendi	87
5.3. Keskinopeuden ennustamiseen sovellettavat mallit	92
5.3.1. Usean muuttujan mallit	92
5.3.1.1. Ajonopeus	92
5.3.1.2. Poikkileikkausnopeus	96
5.3.1.3. Amerikkalainen malli	98
5.3.2. Yhden ja kahden selittäjän mallit	100
5.3.2.1. Ajonopeus	100
5.3.2.2. Poikkileikkausnopeus	102
5.3.3. Liikennevirran nopeuden määrittäminen henkilöautojen nopeuden perusteella	103
5.3.3.1. Ajonopeus	104
5.3.3.2. Poikkileikkausnopeus	104
5.3.4. Raskaiden autojen nopeuden määrittäminen henkilöautojen nopeuden perusteella	105
5.3.4.1. Ajonopeus	105

	Sivu
5.3.4.2. Poikkileikkausnopeus	106
5.4. Ajonopeuden määrittäminen poikkileikkausnopeuden perusteella	107
6. YHTEENVETO	109
6.1. Yleistä	109
6.2. Nopeuksiin vaikuttavat tekijät	109
6.2.1. Ajoneuvotyyppi	109
6.2.2. Tieolosuhteet	110
6.2.3. Liikenneolosuhteet	113
6.2.4. Muut tekijät	114
6.2.5. Nopeustrendi	115
6.3. Mallien käyttö nopeuksien arvioimiseen	116
6.4. Ajonopeuden määrittäminen poikkileikkausnopeuden perusteella	117
6.5. Loppupäätelmä	117
7. KIRJALLISUUSVIITTEET	118
8. LIITTEET	121

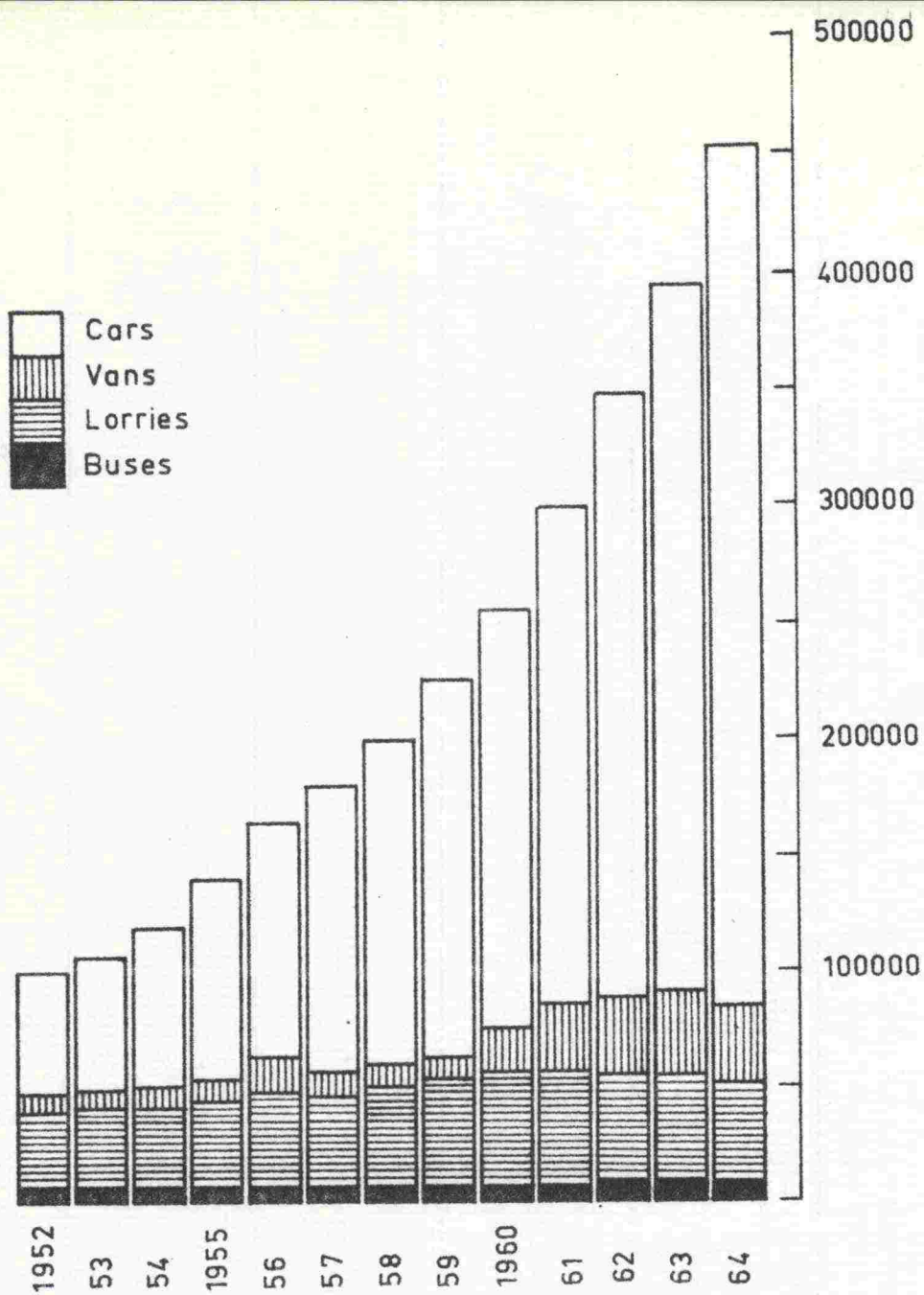


## JOHDANTO

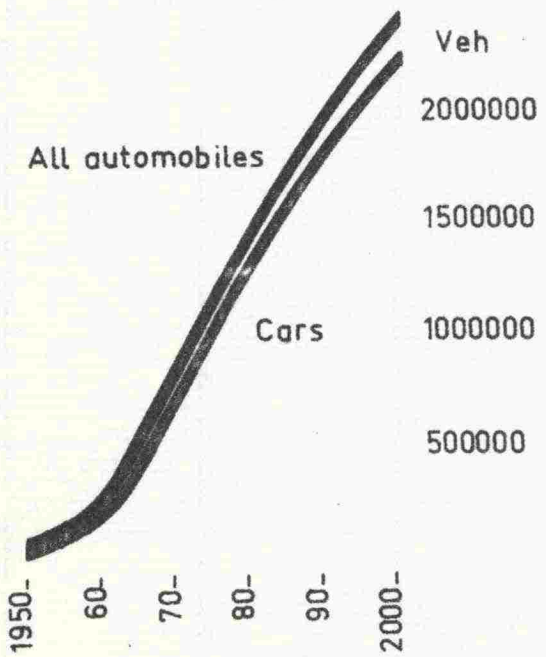
Autoliikenteen ja samalla tietarpeiden kasvaessa on kysymys tieinvestointien kannattavuudesta muodostunut yhä keskeisemmäksi ongelmaksi (kuvat 1 ja 2).

Kuten tunnettua, on liikennekustannusten ts. tie- ja ajokustannusten summa minimoitava niin erillisten tiehankkeiden kuin tieverkkojenkin taloudellisuutta tarkasteltaessa. Huomio kiintyy tällöin em. kustannusten välisiin suhteisiin ja niiden riippuvuuteen tien teknillisestä tasosta, tietyypistä ja geometriasta sekä toisaalta liikennemäärästä. Mitä korkealuokkaisempi tie, sitä suuremmat ovat tiekustannukset, mutta sitä pienemmät ajokustannukset liikennemäärän ollessa sama. Liikennemäärän kasvaessa tiekustannusten suhteellinen osuus samaten kuin tiestandardin suhteellinen merkityskin pienenevät (Björkman  $n/2$ ). Nyt voitaisiin paremminkin puhua liikennestandardista. Standardiin liittyy varsin läheisesti kysymys liikenneturvallisuudesta, jota on tarkasteltava sekä taloudelliselta että inhimilliseltä kannalta. Kun Suomessa vuosittain tieliikenneonnettomuuksissa kuolee jo n. 1000 henkeä loukkaantuneiden lukumäärän ollessa n. 15000 ei tätäkään ongelmaa voida enää sivuuttaa.

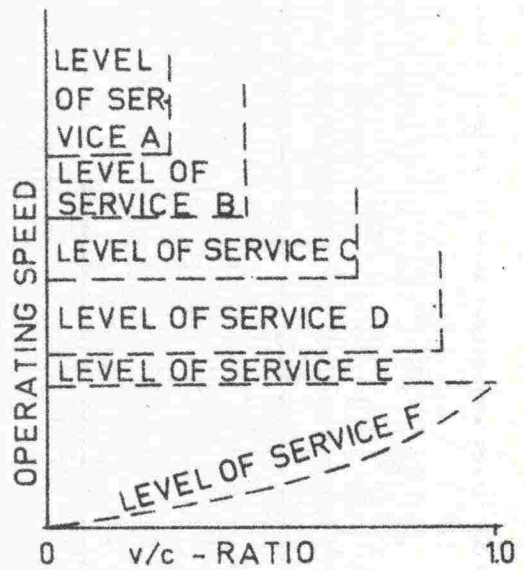
Tie- ja liikennestandardiin vaikuttavat tekijät ovat varsin monilukuisia ja vaikeasti hallittavia, minkä vuoksi tarvittaisiin jokin yhtenäinen mittayksikkö, jonka avulla vertailut voitaisiin tehdä helposti. Tällaiseksi saattaa osoittautua eräs verraten uusi käsite: liikennöitävyys. Greenshields/7/ on esittänyt katujen liikennöitävyyttä kuvaavaksi mitaksi ns. "Quality of Traffic Flow"-arvon. Hän katsoo, että mitä korkeampi keskimääräinen nopeus tietyllä matkalla saavutetaan liikenneturvallisuuatta vaarantamatta, sitä parempi on liikennöitävyys. Nopeuden muutokset ja niiden lukuisuus ovat taasen häiritseviä tekijöitä ja lisäävät ajokustannuksia. Laatuindeksi (Quality Index) muodostetaan osamääränä, jonka osoittajana on keskimääräinen nopeus yhden mailin matkalla  $[mi/h]$  ja nimittäjänä nopeusvaihteluiden summan  $[mi/h]$  ja niiden mailia kohti lasketun lukuisuuden neliöjuuren  $[-]$  tulo. Koska indeksi tulisi lukuarvoltaan yleensä kovin pieneksi, se on kerrottu vakiolla 1000. Kokeemusperäisen tutkimusaineiston nojalla on vielä esitetty laatuluokat (Degrees of Quality) 1 - 10, joita vastaavat laatuindeksit yli 3750- alle 2,5. Greens-



Kuva 1 Autokanta vuosina 1952-1964



Kuva 2 Autokantaennuste vuosiksi 1965-2000



Kuva 3 Palvelutasoluokkien riippuvuus operationopeudesta ja käyttösuhteesta (ei mittakaavassa)

hields on mennyt vieläkin pitemmälle ja tutkinut ajoneuvo-, aika- ja (epä)mu-  
kavuuskustannusten riippuvuutta laatuindeksistä, edelleen polttoaineenkulutuk-  
seen [mi/gallon] sekä liikennetiheyden [ajon/mi] suhdetta laatuindeksiin. Tu-  
lokset ovat varsin mielenkiintoisia, mutta kun menetelmä ottaa huomioon vain  
liikenneolosuhteet eikä lainkaan tieolosuhteita, se ei sovellu meidän vähälii-  
kenteisillä maanteillämme käytettäväksi.

Grundén/8/ on ehdottanut tien liikennöitävyyden mitaksi maantieolo-  
suhteissa kuljettajan mahdollisuutta ylläpitää haluamaan-  
sa nopeutta. Lähtökohtana on tällöin oletamus, että jokaisella kuljetta-  
jalla on tietty käsitys siitä nopeudesta, jolla hän haluaisi ajaa tietyn tieosan  
läpi samaten kuin ylimmästä nopeudesta, jota hän ei haluaisi ylittää. Halut-  
tuun nopeuteen vaikuttavat maisema, tien geometriset ominaisuudet, matkan  
laatu ja pituus, valoisuus, sää, tien kunto, kuljettajan fyysinen ja psyykinen  
tila sekä ajoneuvon ominaisuudet. Tietyllä tieosalla haluttu nopeus vaihtelee  
näinollen eri kuljettajien kohdalla ja samankin kuljettajan kohdalla eri olosuh-  
teissa.

Todellinen nopeus riippuu, paitsi em. halutusta nopeudesta, myös  
useista häiriötekijöistä, kuten liikenteestä, pysäköidyistä ajoneuvoista yms.  
Kun haluttu nopeus näinollen riippuisi jo sinänsä tieolosuhteista, jäisi tällä ta-  
voin määritelty liikennöitävyys kuvaamaan pääasiassa vain liikenneolosuhteita  
ts. liikennemäärää ja -tiheyttä. Halutun nopeuden vaihtelut johtaisivat myös  
varsin monimutkaiseen analyysiin.

Tiellä saavutettava keskinopeus muodostaa jo sinänsä hy-  
vän kriteerion liikennöitävyydelle (Kolsrud/21/). Varsinkin pienten liikenne-  
määrien vallitessa sitä on pidettävä myös riittävänä.

Tieosan käyttösuhde eli todellisen liikennemäärän suhde tien väli-  
tyskykyyn muodostaa myös erään kriteerion tien liikennöitävyydelle. Molemmat  
viimemainitut ovat perustavaa laatua olevina tekijöinä alempana selostettavas-  
sa Highway Capacity Manual'in/10/ järjestelmässä.

Vuodesta 1946 lähtien on USA:ssa - alunperin Arizonan osavaltiossa -  
käytetty teiden laadun mittana ns. laatuluokittelua (Sufficiency Rating).

Indianan järjestelmässä (Baerwald/1/) erotetaan kaksi pääluokkaa,  
palvelu- (Service Rating) ja tieluokka (Road Rating). Tässä muodossaan laatu-  
luokittelu selittää jo varsin hyvin tien liikennöitävyyttä. Suomessa on menetel-

mä otettu lähinnä ruotsalaisen esikuvan mukaan (Keller/19/) käytäntöön pari vuotta sitten. Liikennemäärään verrattua luokittelupistelukua voitaisiin käyttää tien liikennöitävyyden kuvaajana. Luokittelupisteiden muodostumiseen vaikuttavat tietyppi, tien geometria ja rakenteellinen standardi. Pisteet jakautuvat seuraaviin pääryhmiin: liikenneturvallisuus, tien geometria ja teknillinen standardi.

Highway Capacity Manual'in uudessa laitoksessa /10/ on otettu käyttöön ns. palvelutaso ("level of service") -luokat, joilla ilmaistaan itse asiassa liikennöitävyyden eri tasoja. Luokkia, joita on yhteensä 6, A - F, arvosteltaessa olisi otettava huomioon seuraavat tekijät:

1. nopeus ja matka-aika
2. pysähdykset ja viivytykset
3. liikkumisvapaus ts. mahdollisuus ylläpitää haluttua nopeutta
4. liikenneturvallisuus
5. ajomukavuus
6. ajo(neuvo)kustannukset

Toistaiseksi ei vielä kaikista tekijöistä ole käytettävissä riittäviä tietoja. Käsitteiden laatimisesta vastannut toimikunta on huolellisen harkinnan jälkeen valinnut matkanopeuden pääasialliseksi palvelutason mitaksi. Toiseksi tekijäksi on valittu käyttösuhte ("v/c-ratio") l. liikennemäärä/välityskyky. Näiden kahden tekijän käytön katsotaan nykyisen tietämyksen mukaan johtavan parhaaseen tulokseen.

Koska ohjenopeudet vaihtelevat melkoisesti erityyppisillä teillä, on usein mahdollista todeta alhaisten nopeuksien aiheutuvan paremminkin tien suunnitteluelementtien alhaisuuden kuin liikenneolosuhteiden johdosta, riippumatta liikennemäärien suuruudesta. Senvuoksi ei ole pidetty mahdollisena laatia yhteistä, kaikille tietyypeille sellaisenaan sopivaa luokitusta.

Matkanopeutta edustamaan on valittu joko ns. käyttönopeus ("operating speed") tai keskimatkanopeus ("average overall travel speed"). Edellistä sovelletaan yleensä maaseudulla ja jälkimmäistä kaupunkiolosuhteissa.

Välityskyvyn arvona käytetään suurinta mahdollista välityskykyä, jota on aikaisemmin nimitetty mahdolliseksi välityskyvyksi ("possible capacity").

Palvelutasoluokitus on laadittu erikseen seuraaville tietyyypeille:

- a) moottoritiet
- b) muut useampikaistaiset maantiet
- c) kaksi- ja kolmekaistaiset maantiet
- d) kaupunkien pääliikenneväylät
- e) liikekeskustan kadut

Luokat ovat seuraavat (kuva 3):

- A. Liikenne on vapaata, liikennemäärät pieniä ja nopeudet suuria. Nopeuden määräävät kuljettajan tahto, nopeusrajoitukset ja tieolosuhteet.
- B. Liikenne alkaa jossain määrin vaikuttaa liikkumisvapauteen, mutta kuljettajalla on kuitenkin vielä kohtuullinen mahdollisuus noudattaa haluamaansa nopeutta. Tämän luokan alarajaa (alhaisin nopeus, suurin liikennemäärä) on aikaisemmin nimitetty käytännölliseksi välityskyvyksi ("practical capacity") maaseutuolosuhteissa.
- C. Suuret liikennemäärät rajoittavat liikkumisvapautta ja nopeutta. Suurin osa kuljettajista ei voi enää vapaasti valita nopeuttaan eikä suorittaa ohituksia. Näitä rajoituksia pidetään kaupunkiolosuhteissa vielä hyväksyttävänä ja luokan alarajaa on aikaisemmin nimitetty käytännölliseksi välityskyvyksi kaupungeissa.
- D. Liikenne muuttuu epävakaaksi, kuljettajilla on varsin pieni liikkumisvapaus ja ajomukavuus on alhainen, mutta siedettävät nopeudet ovat ylläpidettävissä huolimatta jatkuvasti tapahtuvista muutoksista liikenneolosuhteissa. Olosuhteet voidaan hyväksyä ainoastaan lyhytaikaisesti.
- E. Luokkaa ei voida enää kuvata pelkästään nopeuksien avulla. Liikennemäärä on lähellä tien (mahdollista) välityskykyä, nopeus on lähellä arvoa 48 km/h (30 mi/h). Liikenne on epävakaata esiintyvine pysähdyksineen.
- F. Liikennemäärä laskee alle (mahdollisen) välityskyvyn. Tungostunut liikenne joutuu pysähtelemään lyhemmiksi tai pitemmiksi ajoiksi. Äärimmäisessä tapauksessa sekä liikennemäärä että nopeus lähestyvät arvoa nolla.

Kaksikaistaisen tien palvelutasoluokat määräytyvät esim. kuvien 3a ja b mukaan.

On todennäköistä, että edelläselostettu uusi luokitusjärjestelmä tulee viemään teiden liikennöitävyyteen kohdistuvaa tutkimusta aimo askelen eteenpäin. Meillä Suomessa ovat liikennemäärät kuitenkin niin pieniä, että v/c-suh-

teen puolesta on yleensä kysymys palvelutasoa A vastaavista olosuhteista - alempiin luokkiin voidaan joutua vain pienempien ohjenopeuksien ansiosta. Näinollen lienee tarkoituksenmukaisinta tässä vaiheessa lähestyä ongelmaa hiukan toisenlaisesta lähtökohdasta.

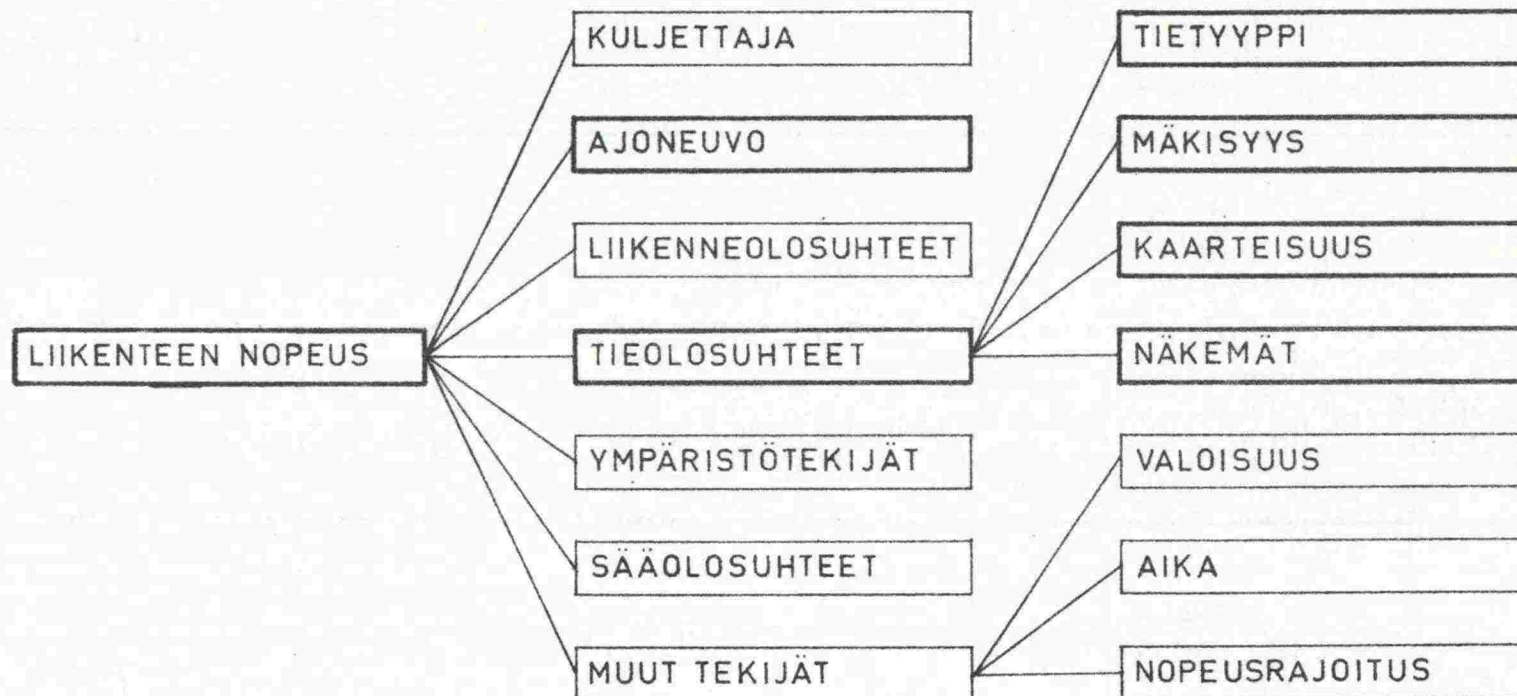
Seuraavassa tullaan tarkastelemaan tiellä saavutettavaa keskinopeutta, jonka meidän oloissamme voidaan vielä katsoa muodostavan parhaimman kriteerion tien liikennöitävyydelle. Kun keskinopeuden muodostumiseen vaikuttavat osittain samat tekijät kuin ylempänä mainitun luokittelupisteluvunkin, voitaisiin näiden suureiden välillä olettaa vallitsevan ilmeisen korrelation. Luokittelupistelukua käytetään tässä tutkimuksessa eräänä tärkeimmistä parametreista.

Tietoja liikenteen nopeudesta tarvitaan myös useissa eri tehtävissä: liikennetaloudellisessa ja geometrisessa suunnittelussa, nopeusrajoituksia asettaessa, liikenteen valvonnassa, liikenneturvallisuustutkimuksissa, ns. "ennen ja jälkeen" -tutkimuksissa sekä muissa liikennetutkimuksissa. Vaikka päähuomio kohdistetaan tässä ennenkaikkea geometrisiin tekijöihin, on myös muut mahdolliset tekijät analysoitava - tekijöiden monilukuisuuden vuoksi on tulosten kannalta arvokas sellainenkin tieto, ettei jokin tekijä ole lainkaan vaikuttanut asiaan.

Liikenteen nopeuteen vaikuttavat tekijät voidaan ryhmitellä seuraavasti (Matson, Smith, Hurd/25/, Oppenlander/30/, Wahlgren/41/):

1. ajoneuvon kuljettaja
2. ajoneuvo
3. liikenneolosuhteet
4. tieolosuhteet
5. ympäristötekijät
6. sääolosuhteet
7. muut tekijät (kuva 4).

Koska pääpaino tähänastisissa tutkimuksissa on pantu tien välityskykyä sivuaviin ongelmiin, on kirjallisuudessa käsiteltyjen muuttujien luku suhteellisen vähäinen. Ajoneuvon kuljettaja on harvoin ollut tutkimusten kohteena - kuitenkin on eräissä tutkimuksissa voitu todeta, että esim. kuljettajan sukupuoli ja mahdollisten matkustajien luku vaikuttavat nopeuteen vähemmän kuin mat-



Kuva 4 Liikenteen nopeuteen vaikuttavat tekijät

kan pituus (Oppenlander/30/). Mitä itse ajoneuvoon tulee, vain liikenneinsinöörit ovat kirjoituksissaan jonkin verran tarkastelleet minkälaisilla nopeuksilla autot todellisissa liikenneolosuhteissa liikkuvat. Ajoneuvon tyyppi ja ikä näyttävät olevan merkittävimmät tekijät.

Liikennettä koskevat tutkimukset ovat olleet sensijaan monilukuisia. Liikennemäärä ja -tiheys sekä liikenteen koostumus ovat tärkeimpiä tekijöitä. Tien teknilliseen muotoiluun on kiinnitetty kuitenkin vähemmän huomiota näissä tutkimuksissa. Tähän liittyvistä tekijöistä tien linjaus ts. kaarteisuus, mäkisyys ja näkemäolosuhteet, edelleen kaistaluku, päällysteen laatu ja liittymätiheys vaikuttavat nopeuteen voimakkaimmin (Oppenlander/30/).

Ympäristötekijöistä mainittakoon mm. asutus ja tienvarsilaitteet. Näitä seikkoja on tutkittu varsin rajoitetusti, koska ne ovat vaikeasti käsiteltäviä.

Säätetekijät on luonnollisesti otettava huomioon. Muista tekijöistä mainittakoon tutkimusajankohta, mahdolliset nopeusrajoitukset jne.

#### TUTKIMUKSEN PÄÄTAVOITTEET JA SEN LAAJUUS

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on pyrkiä selvittämään maantieliikenteen nopeuksiin vaikuttavia tekijöitä ja erikoisesti niitä riippuvuuksia, jotka vallitsevat tien teknillisen muotoilun ts. tietyypin ja geometrian sekä ajoneuvojen nopeuden välillä. Tutkimuksessa on pyritty etsimään vastausta seuraaviin kysymyksiin:

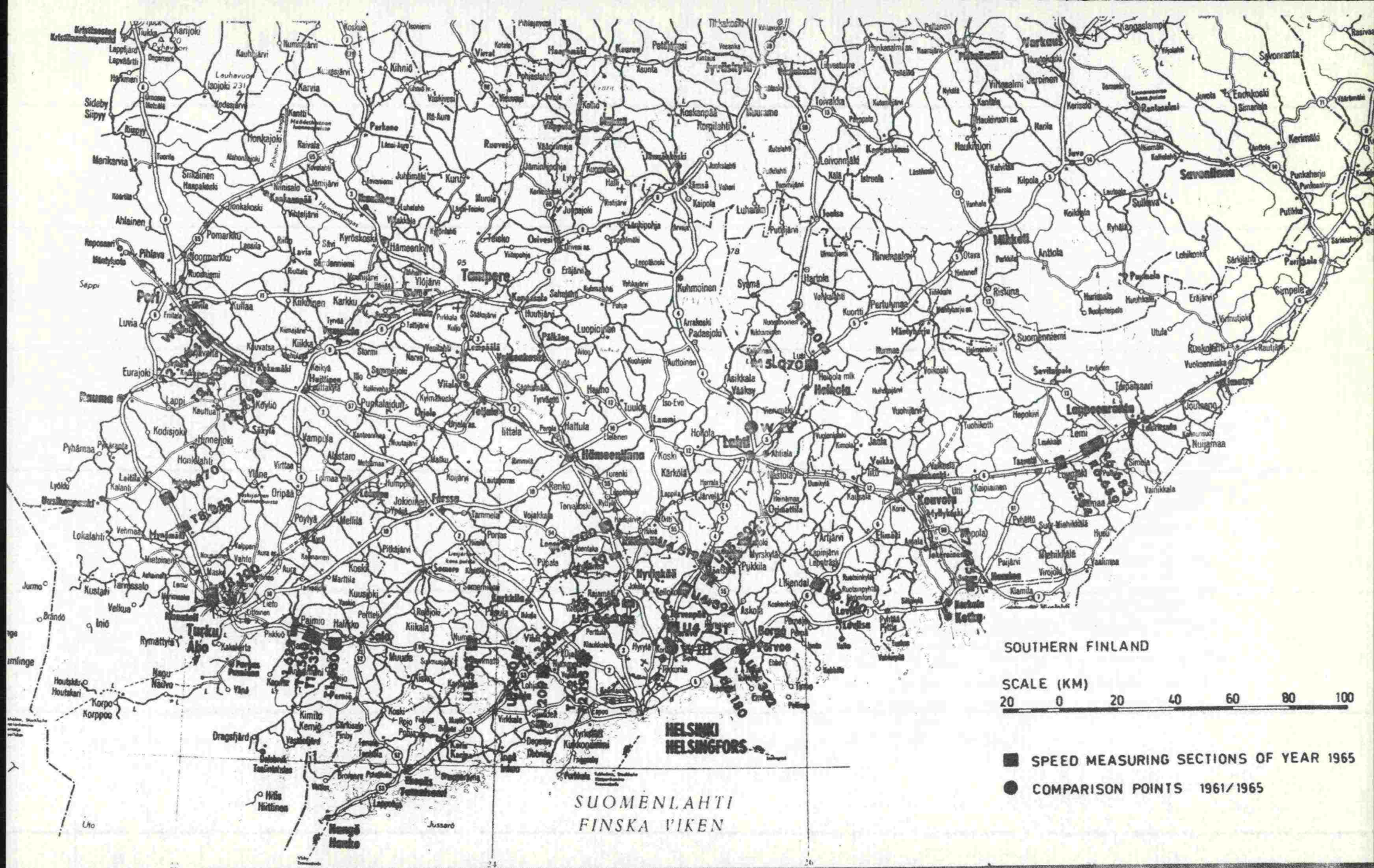
- a. Millaisilla nopeuksilla eri ajoneuvotyypit keskimäärin liikkuvat?
- b. Miten vaikuttavat tietyyppi ja geometria ajoneuvojen nopeuksiin?
- c. Miten vaikuttavat liikenteen koostumus, määrä ja tiheys ajoneuvojen nopeuksiin?
- d. Mikä on muiden tekijöiden vaikutus ajoneuvojen nopeuksiin?
- e. Millaista trendiä on nopeuksissa havaittavissa ja miten siihen olisi varauduttava?
- f. Voitaisiinko nopeuksia ennustaa, jos olosuhteet tunnetaan?
- g. Mikä on ajonopeuden ja poikkileikkausnopeuden välinen riippuvuus ja voitaisiinko edellisten mittaukset korvata jälkimmäisillä?

Tarkoituksena oli alunperin keskittyä kysymysten a, b, f ja g selvittelyyn. Kysymyksen b tulosten kannalta on myös kysymysten c ja d tarkastelu välttämätön,

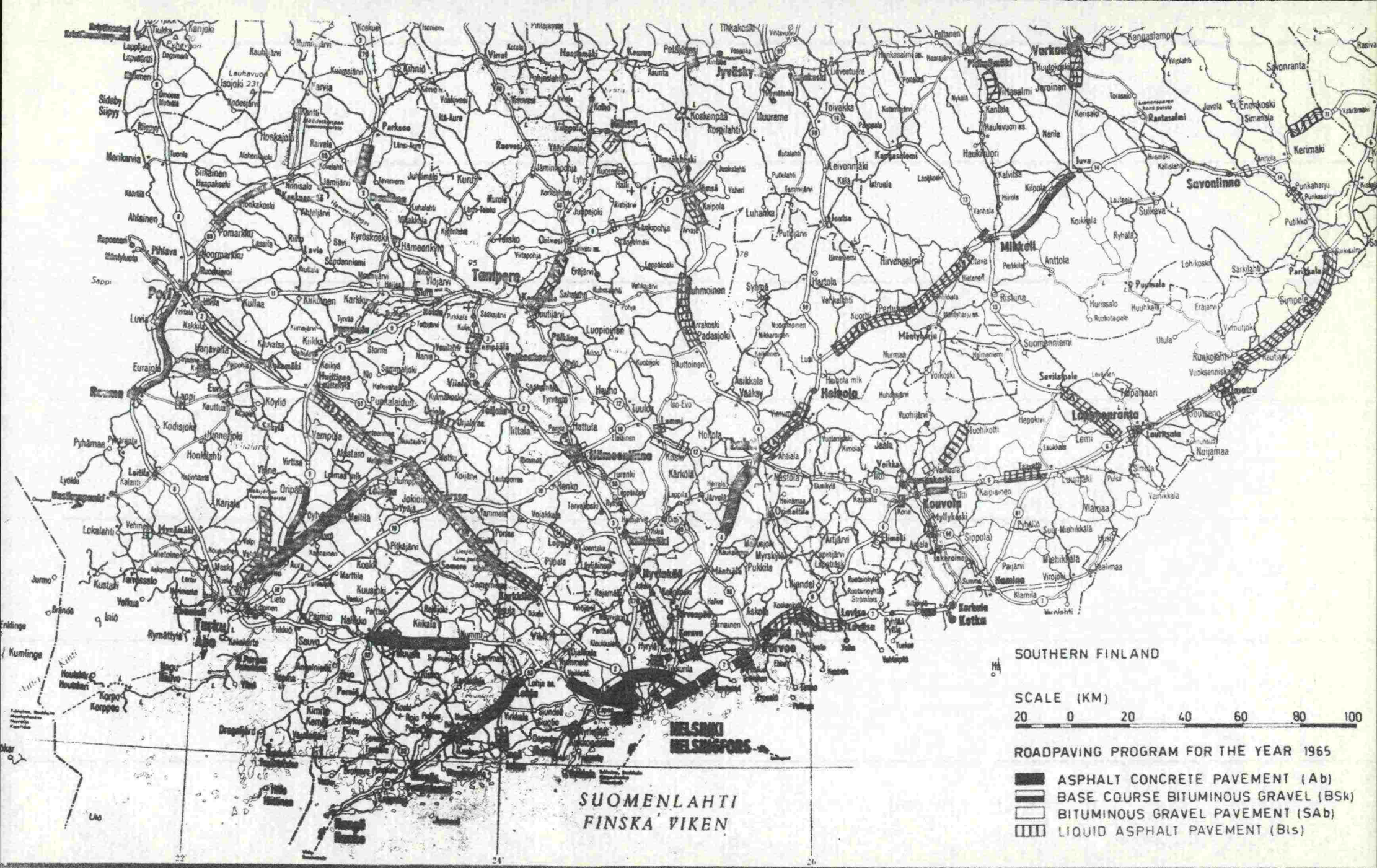


vaikkakin näihin liittyvät muuttajat on mahdollisuuksien mukaan pyritty eliminoimaan. Kysymyksen e selvittämiseksi ovat myös kirjoittajan vv. 1960-61 suorittaman tutkimuksen tulokset tarpeen. Kohdassa 1. mainituista nopeuksiin vaikuttavista seitsemästä tekijästä tullaan päähuomio näinollen kiinnittämään tekijöihin "ajoneuvo" ja "tieolosuhteet". Ne on myös kuvassa 4. osoitettu korostettuina. Useita tekijöitä on kosketeltu ainoastaan viitteenomaisesti. Tällä perusteella on myös kohdan 5. "Tutkimustulokset" käsittelyjärjestys valittu esim. teoksessa (Matson, Smith, Hurd /25/) esitetystä poikkeavasti.

Tutkimusta varten kirjoittaja valitsi ns. rakennetuilta valtateiltä 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ja 8 sekä vertailun vuoksi rakentamattomalta kantatieltä 55 yhteensä 34 2-6 km pituista tieosuutta, jotka pääasiassa sijaitsevat Uudenmaan, Turun ja Porin, Hämeen sekä Kymen läänien alueilla - ainoastaan kaksi on Mikkelin läänissä (kuva 5). Mittavälien valintaa rajoitti tie- ja vesirakennushallituksen tavallista laajempi vuoden 1965 tienpäälystämishjelma (kuva 6) - nopeudenmittauksia ei luonnollisestikaan voitu suorittaa työmaa-alueilla eikä niiden välittömässä läheisyydessä. Mittavälien sijoittaminen Etelä-Suomen valta-teille johtui seuraavista syistä: vaikka tutkimusalue (ilman Mikkelin lääniä) on vain n. 1/5 maan pinta-alasta, se edustaa yli puolta maantieliikenteen kokonaissuoritteesta (Suomen Tieyhdistys /35/), edelleen juuri valta- ja kantatiemme ovat säännönmukaisin elementein rakennettuja ja lisäksi näiden teiden geometriset ym. teknilliset ominaisuudet oli jo aikaisemmin mitattu tie- ja vesirakennushallituksen toimesta ns. laatuluokittelun yhteydessä. Useampikaistaisen teiden vähäisestä pituudesta johtuen tutkimus rajoitettiin koskemaan ainoastaan 2-kaistaisia teitä - mainittakoon että huomattavin moottoritiemme - ns. Tarvon tie - oli myös päälystämistyön alaisena kesällä 1965. Kenttätutkimus käsittää em. mittaväleillä yhteensä n. 164 tunnin aikana yli 12000 ajoaikojen (ajonopeuksien) sekä n. 158 tunnin aikana yli 14000 poikkileikkausnopeuksien havaintoa, jotka kaikki on tehty johtamani tutkimusryhmän toimesta kesällä 1965. Trendin tutkimiseksi tuloksia on verrattu myös vuosina 1960-61 keräännäni aineistoon /41/.



Kuva 5 Vuoden 1965 nopeustutkimuksen mittavälit (pituudet kartan mittakaavassa)



SOUTHERN FINLAND

SCALE (KM)



ROADPAVING PROGRAM FOR THE YEAR 1965

- ASPHALT CONCRETE PAVEMENT (Ab)
- BASE COURSE BITUMINOUS GRAVEL (BSK)
- BITUMINOUS GRAVEL PAVEMENT (SAb)
- LIQUID ASPHALT PAVEMENT (Bis)

Kuva 6 Vuoden 1965 tienpäättysohjelma, Etelä-Suomi

## TUTKIMUKSEN TEOREETTISET PERUSTEET JA MÄÄRITELMÄT

### Yleistä

Liikennevirtaan eivät vaikuta ainoastaan fysiikan lait, sillä kuljettajan käyttäytymisellä on oma tärkeä osuutensa. Liikennevirtateorian täytyykin pyrkiä luomaan inhimillisten tekijöiden ja fysiikan lakien synteessinä monimutkainen järjestelmä "tie-auto-ihminen". Seuraavassa ei ole kuitenkaan tarkoituksena syventyä itse liikennevirtateoriaan - tutkimuksenaikaiset alhaiset liikennemäärät eivät myöskään tekisi tulosten soveltamista käytäntöön kaikilta osiltaan edes mahdolliseksi.

Pyrkimyksenä on tässä keskittyä selvittämään pääasiassa niitä riippuvuuksia, jotka vallitsevat tien teknillisen muotoilun sekä ajoneuvojen poikkeileikkaus- ja ajonopeuden välillä. Edellä on jo kohdassa 1. mainittu liikennevirran nopeuteen vaikuttavat seitsemän tekijää (kuva 4).

Tutkimustyön yksinkertaistamiseksi olisi mahdollisuuksien mukaan osa tekijöistä pyrittävä eliminoimaan. Liikenneteknillisessä tutkimuksessa voitaneen ajoneuvon kuljettajan ja tyyppijakoa lukuunottamatta myös ajoneuvon vaikutus jättää huomiotta, ympäristötekijät voidaan eliminoida valitsemalla tutkittavat välit häiriöttömiltä tieosilta, säätetekijä jää pois, mikäli mittaukset tehdään vain hyvän sään vallitessa ja muut tekijät myös tietyillä järjestelyillä. Jäljelle jäisivät näinollen liikenne- ja tieolosuhteet. Näiden tekijöiden vaikutus nopeuteen (liikennöitävyyteen) voitaisiin ilmaista yhtälöllä

$$V = f(T_1, T_2, \dots, T_n, R_1, R_2, \dots, R_n), \quad (1)$$

jossa  $T_i$  on liikenneolosuhteita ja  $R_i$  tieolosuhteita kuvaava muuttuja ja  $V$  joko tietyn ajoneuvotyyppin tai liikennevirran nopeus.

Kun liikennemäärä kaksikaistaisella tiellä lähestyy sen mahdollista välityskykyä muuttuja  $R_i$  menettää yhtälössä (1) merkityksensä. Nopeus riippuu silloin pääasiallisesti liikennemäärästä ja -tiheydestä eikä juuri lainkaan tieolosuhteista, kuten kaarteista, nousuista ja näkemistä. Tätä riippuvuutta osoittaa liikennetekniikan perusyhtälö

$$q = \bar{v}_s \cdot d \quad \text{eli} \quad (2)$$

$$\bar{v}_s = \frac{q}{d} \quad (3)$$

jossa  $\bar{v}_s$  (km/h) on ns. matkajakautuman nopeuskeskiarvo,  $q$  (ajon/h) liikennemäärä ja  $d$  (ajon/km) on liikennetiheys (kuvat 7a, b ja c). Yhtälön (2) mukaan saadaan suurin liikennemäärä, kun tiellä etenee suurella nopeudella kulkeva tiheä liikennevirta. Nopeus ja liikennetiheys ovat toisistaan riippuvia siten, että tiheyden kasvaessa nopeus alenee. Aluksi kuitenkin nopeus alenee hitaammin kuin tiheys kasvaa, joten liikennemäärä kasvaa. Kun tiheys saavuttaa kriittillisen rajan, joka useampikaistaisella tiellä on kaistaa ja kaksikaistaisella tiellä koko poikkileikkausta kohden laskettuna n. 40 ajon/km alkaa nopeus alentua voimakkaammin kuin mitä tiheys kasvaa ja niiden tulona liikennemäärä alkaa pienentyä. Käännekohtassa on nopeus n. 50 km/h (30 mi/h). Oppenlander /30/ on esittänyt poikkileikkausnopeuden suhdetta liikennemäärään kuvaavan yksinkertaisen liikennevirtamallin, jossa nopeuksien yläraja edustaa vapaita ja alaraja häirittyjä liikenneolosuhteita. Ylärajan suuntaiset suorat osoittavat tässä nopeutta rajoittavien tieolosuhteiden vaikutuksen. HCM:n /10/ mukaan nähdään vastaavat riippuvuudet kuvasta 8 a ja b (kaksikaistainen tie, ohjenopeus 112 ja 96 km/h).

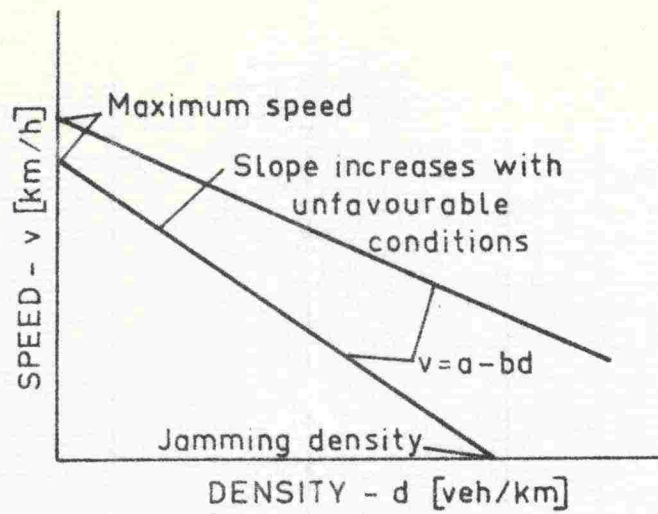
Suomen maanteilla on geometrisilla tekijöillä useimmissa tapauksissa vielä huomattava merkitys liikenteen jäädessä toisarvoiseen asemaan. Näinollen onkin tässä vaiheessa mahdollisuus vielä keskittyä etupäässä juuri tieolosuhteiden tutkimiseen.

Meidän oloissamme liikutaan siis kuvissa 7c ja 8 alueella, joka rajoittuu y-akselin välittömään läheisyyteen ( $q \approx 0$ ). Kuvassa 7c esitetty käyrä on tällä alueella likimain vaakasuora (käyrän yläosa).

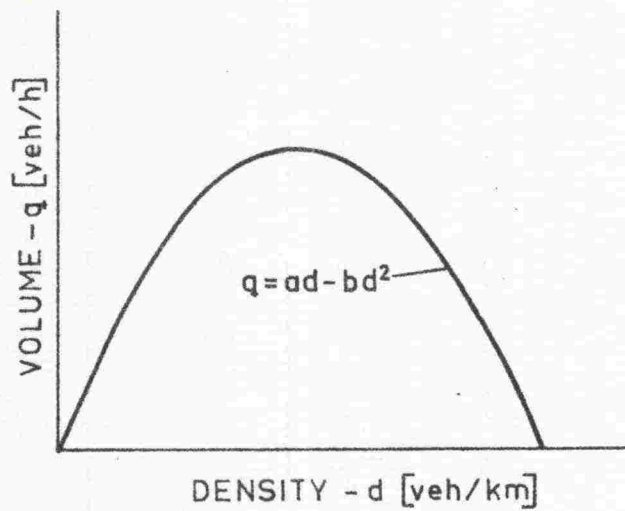
3.2.

### Nopeus ja keskinopeus

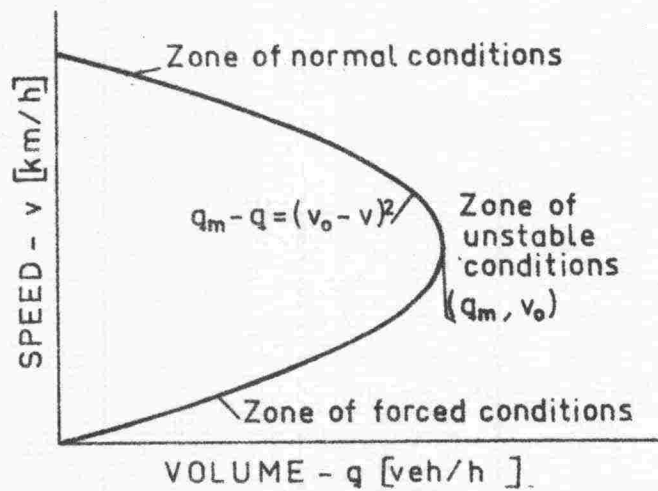
Puhuttaessa ajoneuvojen nopeudesta ja keskinopeudesta l. liikenteen nopeudesta ei ole itsestään selvää, mitä näillä käsitteillä kulloinkin tarkoitetaan. Erityisesti silloin, kun joudutaan vertaamaan toisiinsa eri tutkimuksista saatuja tuloksia on tarkoin selvitettävä, millä tavalla ko. nopeudet on mitattu ja keskiarvot laskettu. Vaikkakin liitteessä 1. on eräät tutkimuksessa esiintyvät suureet määritetty, lienee edellä mainittuihin käsitteisiin syytä puuttua tässä yhteydessä hiukan laajemmin.



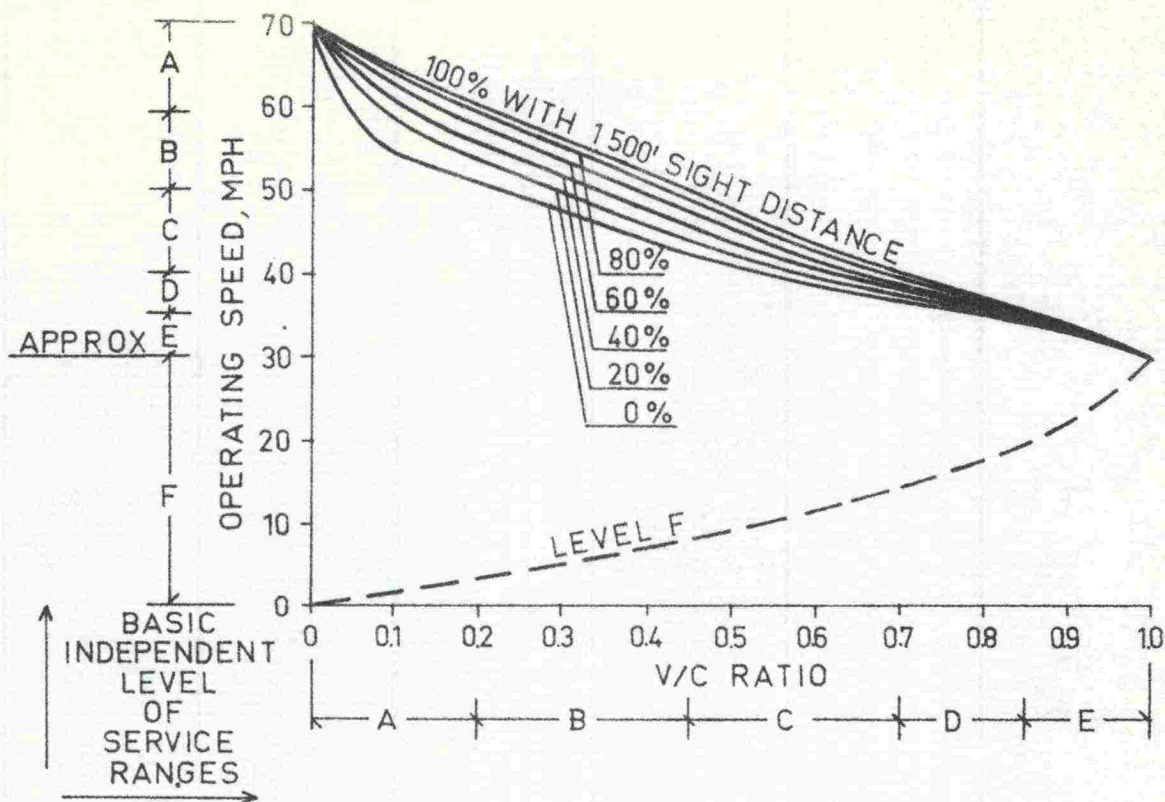
Kuva 7a Nopeuden  $v$  riippuvuus tiheydestä  $d$



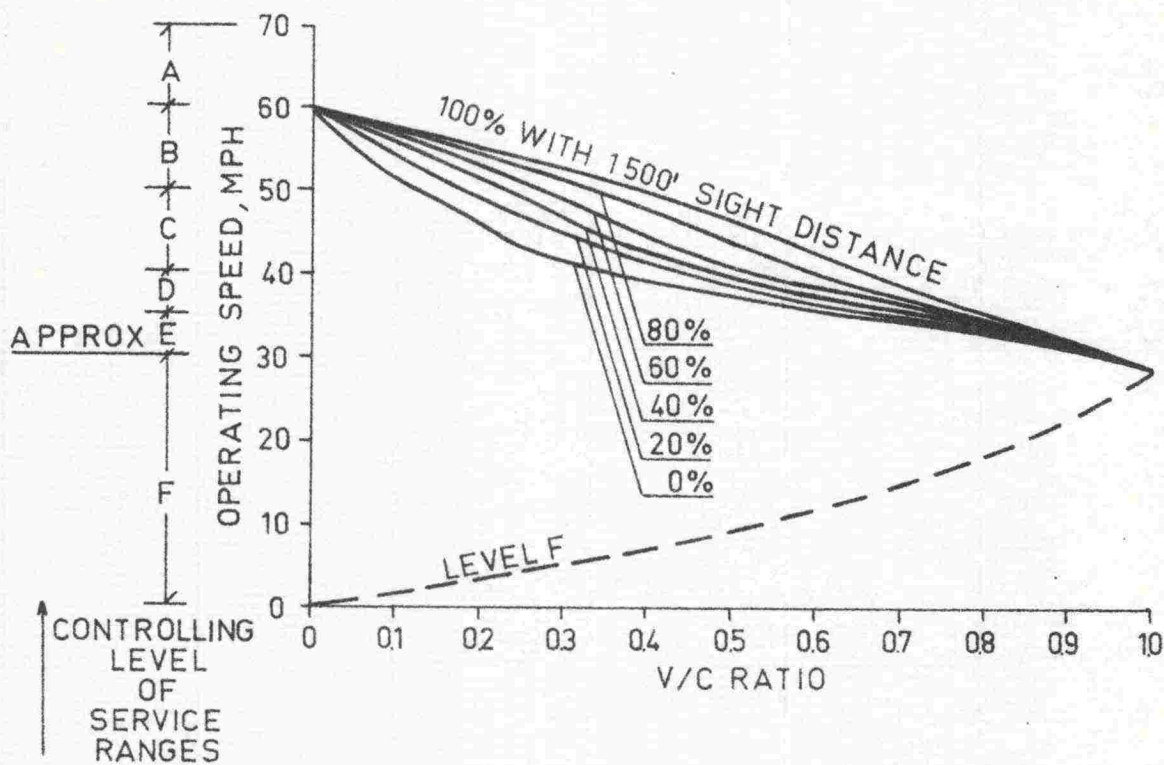
Kuva 7b Liikennemäärän  $q$  riippuvuus tiheydestä  $d$



Kuva 7c Nopeuden  $v$  riippuvuus liikennemäärästä  $q$



a. keskimääräinen ohjenopeus 112 km/h



b. keskimääräinen ohjenopeus 96 km/h

Kuva 8 Käyttösuhteen ja operationopeuden välinen riippuvuus kaksisuuntaisilla, kaksikaistaisilla maanteillä,

2.1. Nopeus

Määritelmät vaihtelevat kirjallisuudessa aika paljonkin (Grundén/8/, HCM/10/, Traffic Engineering Handbook/17/), mutta tässä yhteydessä on päädytty seuraaviin:

- poikkileikkausnopeus  $v_1$
- ajonopeus  $v_2$
- matkanopeus  $v_3$

Poikkileikkausnopeudella (Spot Speed) tarkoitetaan ajoneuvon nopeutta tietyssä pisteessä tai hyvin lyhyellä matkalla ts. tietyllä hetkellä tai hyvin lyhyenä aikana:

$$v_1 = \frac{\Delta l}{\Delta t} \text{ km/h} \quad (4)$$

Matkan  $\Delta l$  pituus vaihtelee mittausten menetelmästä riippuen yleensä 1-100 metriin. Tutkan antama nopeus perustuu taasen heijastuneen radioaallon taajuuden muutokseen ja vastaa ajoneuvon nopeutta tarkalleen tietyssä pisteessä ja tietyllä hetkellä.

Ajonopeudella (Running Speed) tarkoitetaan ajoneuvon keskimääräistä nopeutta tietyllä matkalla  $l$ , jonka pituus saattaa vaihdella sadoista metreistä useihin kilometreihin:

$$v_2 = \frac{l_2}{t_2} \text{ km/h} \quad (5)$$

Ajoaika  $t_2$  käsittää vain sen ajan, jonka ajoneuvo on ollut liikkeessä eivätkä siihen sisälly minkäänlaiset pysähdykset.

Matkanopeudella (Travel Speed) tarkoitetaan ajoneuvon keskimääräistä nopeutta tietyllä matkalla  $l$ . Matka-aikaan  $t_3$  sisältyvät liikenteen mutta eivät levähdysten yms. aiheuttamat pysähdykset:

$$v_3 = \frac{l_3}{t_3} \text{ km/h} \quad (6)$$

Matkan pituus on maantieciosuhteissa tavallisesti useita kymmeniä kilometrejä, mutta kaupunkiosuhteissa huomattavasti lyhyempi.

Tämän tutkimuksen nopeudenmittaukset on toimitettu pienillä liikennemäärillä ja ainoastaan taajamien ulkopuolisilla tieosilla, joille ei satu yleisten teiden liittymiä. Näinollen kysymykseen tulevat tässä yhteydessä vain kaksi ensinmainittua nopeuskäsitettä, poikkileik-



kaus- ja ajonopeus. Liikennemäärän kasvaessa joudutaan ajonopeuden sijasta käyttämään matkanopeutta tutkimuksen kohteena.

### 3.2.2. Keskinopeus

Nopeustutkimuksissa tulee Wardropin /43/ mukaan kysymykseen kaksi erilaista keskinopeuskäsitettä:

- aikajakautuman keskiarvo (Time Mean Speed)
- matkajakautuman keskiarvo (Space Mean Speed)

Aikajakautuma muodostuu tarkkailtaessa tiettynä ajanjaksona tietyn pisteen tai tieosan sivuuttaneiden ajoneuvojen nopeuksia joko tutkan tai ajanottolaitteiden avulla.

Matkajakautuma muodostuu tarkkailtaessa tietyllä matkalla tietyinä hetkenä sijaitsevien ajoneuvojen nopeuksia esim. lyhyin aikavälein otettujen ilmakuvioiden avulla.

Matkajakautuman keskiarvo vastaa sitä keskinopeutta, jolla liikennevirta keskimäärin etenee tiellä ts. keskimääräistä ajoaikaa ja olisi senvuoksi merkitykseltään tärkeämpi kuin aikajakautuman keskiarvo.

Käytännöllisistä syistä on viimeksimainittu usein helpommin mitattavissa ja nopeustutkimukset suoritetaankin senvuoksi yleisesti tietyn ajanjakson kuluessa.

Tehdyistä nopeushavainnoista on kuitenkin mahdollista laskea kumpi tahansa em. keskiarvoista kunhan vain tiedetään, miten nopeudet on mitattu ja minkä jakautuman ne muodostavat.

Jos nopeudet  $v_i$  on havaittu tiettynä ajanjaksona tietyssä pisteessä tai lyhyellä matkalla niiden aritmeettinen keskiarvo

$$\bar{v} = \frac{\sum v_i}{n} = \bar{v}_t \text{ km/h} \quad (7)$$

on siis aikajakautuman keskiarvo. Jos nopeuden  $v_i$  sijasta otetaan sen käänteisarvo

$$\frac{1}{v_i} = t_i \text{ h/km} \quad (8)$$

eli ajoaika kilometriä kohden ja lasketaan tämän jälkeen ajoaikojen keskiarvo

$$\bar{t} = \frac{\sum t_i}{n} = \frac{1}{n} \sum \frac{1}{v_i} \text{ h/km} \quad (9)$$

saadaan matkajakautuman nopeuskeskiarvo viimemainitun käänteisarvona

$$\bar{v} = \frac{1}{\bar{t}} = \frac{n}{\sum \frac{1}{v_i}} = \bar{v}_s \text{ km/h,} \quad (10)$$

joka on samalla aikajakautuman nopeuksien harmoninen keskiarvo. Matkajakautuman keskiarvo voidaan laskea myös suoraan aikajakautuman keskiarvosta.

Tarkka kaava on kuitenkin monimutkainen minkä vuoksi on kehitetty useihin tapauksiin soveltuva likimääräinen kaava (Kendall /20/):

$$\bar{v}_s = \bar{v}_t \left(1 - \frac{\delta_t^2}{2\bar{v}_t}\right) \text{ km/h} \quad (11)$$

( $\delta_t$  = aikajakautuman nopeuksien keskihajonta). Jos nopeudet  $v_j$  on taasen havaittu ilmakuvista, niiden aritmeettinen keskiarvo

$$\bar{v} = \frac{\sum v_j}{n} = \bar{v}_s \text{ km/h} \quad (12)$$

on matkajakautuman keskiarvo.

Aikajakautuman keskiarvo saadaan lasketuksi tästä kaavalla

$$\bar{v}_t = \bar{v}_s + \frac{\delta_s^2}{\bar{v}_s} \text{ km/h,} \quad (13)$$

joka on tarkka ( $\delta_s$  = matkajakautuman nopeuksien keskihajonta). Kaavan on kehittänyt Wardrop /43/.

Tehtäessä valinta aika- ja matkajakautuman keskinopeuksien välillä on itse asiassa kysymys valinnasta nopeuksien ja ajoaikojen välillä.

Aika on suoraan mitattavissa oleva fysikaalinen suure. Tietyllä matkalla tieosan pituus on tunnettu vakio, kun taas matkaan kuluva aika vaihtelee. Peräkkäisillä tieosilla kuluneet ajat ovat yhteenlaskettavissa kun taas nopeudet eivät ole. Matkaa suunniteltaessa halutaan yleensä tietää, kuinka kauan se kestää eikä mikä on keskimääräinen nopeus. Aikaa käytetään hyväksi myös taloudellisissa laskelmissa. Tämän vuoksi on keskimääräisten ajoaikojen käyttö keskimääräisten nopeuksien sijasta usein perusteltua.

Toisaalta käytännön tehtävissä tarvitaan myös nopeuksia koskevia tietoja. Nopeudenmittausmenetelmät ovat varsin yhdenmukaisia. Nopeusjakautuma on yleensä symmetrinen, kun taas ajoaikojen jakautuma on tavallisesti vino käsitellen hitaiden ajojen muodostaman pitkän "hännän".

Eräissä Lontoossa tehdyissä tutkimuksissa on todettu nopeuksien varianssikertoimen olevan n. 20-25 % pienemmän kuin ajoaikojen varianssiker-

toimen. Sama havainto on voitu tehdä tässäkin tutkimuksessa. Tämä on sikäli tärkeä tulos, koska se osoittaa, että samaan suhteelliseen tarkkuuteen pääseminen edellyttää nopeustutkimuksissa vain 60 % niistä havainnoista, mitä ajoaikatutkimuksissa tarvitaan (Road Research Laboratory/33/).

Tutkimusten kohdistamiseen juuri nopeuksiin ovat osaltaan myös todennäköisesti vaikuttaneet varsin pitkälle kehitetyt ja helppokäyttöiset poikkileikkausnopeuksien mittauskojeet (4.2), jotka antavat ajoneuvojen nopeudet valmiiksi laskettuina - aikajakautuman keskiarvon käyttö on tällöin luonnollista. Jos sensijaan havainnot tehdään sekuntikellojen, kameroiden yms. avulla ja ne kohdistuvat ajoneuvon tietyn matkan kulkemiseen käyttämän ajan mittaamiseen, on tarkoituksenmukaisinta laskea niistä matkajakautuman keskiarvo.

Näinollen tuntuisi siltä, että poikkileikkausnopeuksien mittauksissa käytettäisiin lähinnä aikajakautuman ja ajonopeuksien mittauksissa matkajakautuman nopeuskeskiarvoa. Vertailtaessa em. keskenään on kuitenkin suoritettava jommankumman keskiarvon muunnos. Itse asiassa näiden eri keskiarvojen väliset erot ovat hyvin pienet ja tavallisesti mittaustarkkuuden rajoissa (tässä tutkimuksessa n. 4 km/h). Tämän vuoksi ei olekaan jotakin tutkimusta tehtäessä kovin tärkeitä, kumpaa keskiarvoa käytetään. Tärkeitä on sensijaan, että samaa keskiarvoa käytetään kautta linjan, jotta kaikki päätelmät olisivat oikeita.

Verrattaessa tutkimustuloksia esim. joitakin vuosia aikaisemmin tai eri tutkijoiden toimesta suoritettuihin tutkimuksiin on varmistauduttava siitä, että keskiarvot on laskettu samoilla perusteilla.

Tässä tutkimuksessa on poikkileikkausnopeudet mitattu automaattisilla kojeilla sekä laskettu niiden aritmeettiset 1. aikajakautuman ja harmoniset 1. matkajakautuman keskiarvot. Ajonopeudet on laskettu sekuntikelloilla tehdyistä ajoaikahavainnoista, minkä jälkeen on muodostettu ajonopeuksien aritmeettinen 1. aikajakautuman ja harmoninen 1. matkajakautuman keskiarvo.

Ajoaikahavainnoista on laskettu myös suoraan ajoaikojen aritmeettiset keskiarvot ja niiden käänteisarvona matkajakautuman nopeuskeskiarvot. Tietokoneohjelmassa esiintyneen puutteellisuuden vuoksi ovat nämä keskiarvot kuitenkin epätarkkoja, minkä vuoksi tässä yhteydessä on tyydytty ajonopeuksista laskettuihin keskiarvoihin. Regressioanalyysissä on lisäksi osoittautunut, että tarkat aikajakautuman keskiarvot ovat parempia selitettäviä kuin likimääräi-

sellä kaavalla lasketut matkajakautuman keskiarvot.

Näinollen seuraavassa tullaan keskinopeudella tarkoitamaan aikajakautuman l. ajoneuvojen nopeuksien aritmeettista keskiarvoa.

### 2.3. Jakautuma, keskihajonta ja keskivirhe

Suoritetuissa nopeustutkimuksissa on voitu havaita jakautuman melko tarkkaan vastaavan normaalijakautumaa. Useat kirjoittajat, Road Research Laboratory /33/, Oppenlander, Bunte, Kadakia /29/, Pampel /31/, Wahlgren /41/, mainitsevat käyttäneensä tämän seikan toteamiseen mm.  $\chi^2$ -testiä tai todennäköisyyspaperia. On ilmeistä, että niin perusjoukko kuin satunnaisotoskin noudattavat normaalijakautumaa edellyttäen, että näyte on riittävän suuri. Tästä seuraa, että aritmeettinen keskiarvo edustaa nopeuksien yleistä arvoa ja keskihajonta nopeuden vaihtelua.

Jakautuman keskihajonta  $s$  lasketaan yksittäisten havaintojen kyseessä ollen kaavasta:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (\bar{v} - v_i)^2}{n}} \text{ km/h} \quad (14)$$

tai aineiston ollessa ryhmiteltynä kaavasta:

$$s = \sqrt{\frac{\sum f_i (v_i^2) - \frac{1}{n} (\sum f_i v_i)^2}{n}} \text{ km/h} \quad (14a)$$

Usein käytetään kaavoissa (14) ja (14a) neliöjuurilausekkeessa olevan nimittäjän  $n$  sijasta lukua  $n-1$ , joka pienten havaintomäärien kyseessä ollen antaa oikeamman tuloksen.

Keskiarvon keskivirhe  $\epsilon$  lasketaan tavallisesti kaavasta:

$$\epsilon = \frac{s}{\sqrt{n}} \text{ km/h} \quad (15)$$

Tässä tutkimuksessa on (tietokoneohjelmaan kytkettynä) käytetty kaavaa:

$$\epsilon = \frac{s}{\sqrt{n-1}} \text{ km/h} \quad (15a)$$

Keskihajontaa ja keskiarvon keskivirhettä laskettaessa on tässä tutkimuksessa yleensä kysymys sellaisista havaintomääristä, ettei em. nimittäjän muodolla ole merkitystä. Tarvittava havaintojen lukumäärä  $n$  saadaan kaavasta:

$$n = \left( \frac{k \cdot s}{\epsilon} \right)^2 \quad (16)$$

jossa  $k = 2$  vastaa 95 %:n todennäköisyyttä. Kun yleensä  $s = 10 - 20$  km/h saadaan tyydyttäessä  $\pm 3$  km/h tarkkuuteen  $n = 50 - 150$ . Tämä vastaa myös mittaustarkkuutta (4.2.). Jos eri ajoneuvotyypeistä halutaan tarkat tiedot, on lukumäärää lisättävä. Tässä tutkimuksessa on kullakin 72 eri mittauskerralla pyritty 100-200 havaintoon. Tutkimusaineiston jakautuman normaalisuutta käsitellään vielä kohdassa 5.1.1.

3.3.

### Tilastolliset testit

Keskiarvojen vertailut on tässä tutkimuksessa suoritettu  $\lambda^1$ - ja t- testeillä. Tietokoneohjelmaan on sekä yhden että useamman selittäjän regressioanalyysissä sisältynyt korrelatiokertoimen ja jäännöshajonnan lisäksi myös F-arvon laskeminen, jolla muuttujain lisäämisen merkitsevyys on testattu. Korrelatiokertoimen r poikkeaminen nolasta on yhden selittäjän tapauksessa myös todettu testisuureella:

$$t = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \sqrt{n-2}, \quad (17)$$

joka on t (n-2)- jakautunut satunnaissuure.

Korrelatiokertoimen  $r'$  poikkeaminen korrelatiokertoimesta  $r''$  on vastaavasti todettu testisuureella:

$$\xi = 1,513 \left( \log_{10} \frac{1+r'}{1-r'} - \log_{10} \frac{1+r''}{1-r''} \right) / \sqrt{\frac{1}{n'-3} + \frac{1}{n''-3}}, \quad (18)$$

joka on likipitäen  $(\xi; \frac{1}{\sqrt{n-3}})$ -normaalinen satunnaissuure.

Poikkeama on tilastollisesti melkein merkitsevä tasolla 95-99 % (x), merkitsevä tasolla 99-99,9 % (xx) ja erittäin merkitsevä tasolla  $\geq 99,9$  % (xxx).

3.4.

### Määritelmät

Liikenneteknisessä kirjallisuudessa eivät käsitteet ja niiden merkinät ole vielä päässeet täysin vakiintumaan. Varsinkin Suomessa on tämä puute tuntuva - liikennetekniikkaahan meillä on kirjallisuudessa käsitelty vasta noin

<sup>1</sup>  $\lambda$ -testillä tarkoitetaan tässä normaalijakautumaan liittyvää suurten näytteiden keskiarvojen testausta.

yhden vuosikymmenen ajan, johtuen autotiheytemme kehitysvaiheesta. Olemme joutuneet osan sanoistamme lainaamaan lähinnä englannin- tai saksankielistä, joskin niille on pyritty löytämään sopivat suomenkieliset vastineet. Vaikka autoistuneimmissa maissa liikennetekniikka on ollut tutkimusten kohteena jo useiden vuosikymmenien ajan - USA:ssa jo 1920 -luvulta lähtien - on englanninkielisessäkin kirjallisuudessa edelleen tiettyä sekavuutta. Nimitykset ovat useissa tapauksissa erilaisia riippuen siitä, onko lähde USA:sta vai Isosta Britannia. Tutkimuksessani olen pyrkinyt jonkinlaiseen "kultaiseen keskitiehen". Eräät käsitteet ovat jo niin yleisesti tunnettuja ja yksiselitteisiä, ettei niihin ole syytä enempää puuttua. Toiset käsitteet taas vaativat ehdottomasti määrittelyä. Viimemainittuihin kuuluvat erityisesti tälle tutkimukselle ominaiset käsitteet, joita ainakaan suomalaisessa kirjallisuudessa ei ole vielä yleisemmin käytetty. Liitteessä 1. esitetään luettelo eräistä tutkimuksen keskeisimmistä suureista määrittelyineen ja symboleineen.

## TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN

### 1. Tarkasteltavien tekijöiden valinta

Kuten jo kohdassa 1. on todettu, ajoneuvon nopeuteen vaikuttavat lähinnä seuraavat tekijät: ajoneuvon kuljettaja, ajoneuvo, liikenne, tie, ympäristö, sää sekä muut tekijät (kuva 4).

Tässä tutkimuksessa on erityinen huomio kiinnitetty tien teknilliseen muotoiluun ja pyritty muut olosuhteet pitämään mahdollisimman muuttumattomina. Tulosten käsittelyssä on otoksen edellytetty vastaavan normaalia liikennettä maanteillämme.

Ajoneuvon kuljettajaa koskevia havaintoja ei ole voitu - vähäistä pistokoetta lukuunottamatta - tehdä, ajoneuvon laatu on sensijaan aina rekisteröity.

Amerikkalaisten kokemusten (Matson, Smith, Hurd /25/) mukaan liikennemäärän noustessa kaksikaistaisella tiellä 400 ajon/h 1. yhteen suuntaan mitattuna yli 200 ajon/h sillä alkaa olla vaikutusta ajonopeuksiin. Vastaava toteamus on tehty HCM:ssä /10/, jossa edellä mainittu liikennemäärä vastaa vielä vapaita olosuhteita (luokkaa A). Tutkimuksessa liikennemäärä

(yhteen suuntaan) ylitti vain yhdessä mittauksessa 200 ajon/h. Vaihtelurajat olivat 18-246 ajon/h keskiarvon ollessa 93 ajon/h. Näinollen voidaan katsoa, ettei liikennemäärällä ole ollut vaikutusta nopeuksiin. Tämä käy myös ilmi myöhemmistä tarkasteluista (5.2.3.). Em. liikennemäärässä ovat mukana kaikki moottoriajoneuvot lukuunottamatta moottoripyöriä ja mopoja. Näiden, samoin kuin hevosajoneuvojen, polkupyörien ja jalankulkijoiden lukumäärät mittausuuntaan laskettiin myös.

Moottoripyörien lukumäärä vaihteli eri mittauskerroilla (yhteen suuntaan) 0-3 kpl/h keskiarvon ollessa  $\leq 1$  kpl/h. Mopojen kohdalla vastaavat luvut olivat 0-3 kpl/h ja keskimäärin  $\leq 1$  kpl/h, hevosajoneuvojen 0-1 kpl/2 h ja keskimäärin 1 kpl/50 h, polkupyöräilijöiden 0-4 kpl/h ja  $\leq 1$  kpl/h sekä jalankulkijoiden 0-3 kpl/h ja keskimäärin  $\leq 1$  kpl/10 h. Kaikkien viimeksimainittujen liikennöitsijäryhmien osuus oli siis häviävän pieni, - keskiarvo näiden viiden ryhmän osalta yhteensä n. 2 kpl/h - joten ne on voitu perustellusti jättää käsittelyn ulkopuolelle.

Mittavälit sijoitettiin yleensä teille, joilla on 7 m leveä asfalttibetonipäällysteinen ajorata pientareen leveyden vaihdellessa. Ainoastaan neljässä tapauksessa oli päällysteenä öljysora ja ajoradan leveys pienempi kuin 7 m. Kirjoittajan aikaisemmissa tutkimuksissa /41/ on käynyt ilmi, että hyväkuntoisilla öljysorateilla nopeudet ovat täysin verrattavissa kestopeitteisillä teillä saavutettaviin arvoihin. Ajoradan leveyden ja päällysteen vaikutus voidaan näinollen katsoa eliminoiduksi. Tieosien kaarteisuus, mäkisyys ja näkemäolosuhteet on selvitetty, samoin sekä geometrinen laatuluku että luokituspisteet. Poikkeileikkausnopeuksien mittapistet on sijoitettu yleensä mittavälin keskivaiheille ja eräitä poikkeuksia lukuunottamatta ns. hyvälle tienkohdille (luokituspisteluku mittapisteessä yhtä suuri tai suurempi kuin mittavälillä). Mittapisteen kohdalla olevat kaarresäteen, sivukaltevuuden, pituuskaltevuuden ja näkemän arvot on selvitetty, samoin geometrinen laatuluku ja luokituspisteet.

Mittavälien valinta suoritettiin siten, ettei niille satu yleisten teiden liittymiä, rautatien tasoristeyksiä, kapeita siltoja eikä taaja-asutusta.

Nopeusmittaukset pyrittiin tekemään poutaisen sään vallitessa kuivalla tienpinnalla. Käytännöllisistä syistä jouduttiin kuitenkin osa nopeuksista mittaamaan sateisessa säässä. Sääolosuhteet on pyritty aina selvittämään sekä tutkimuspaikalla tehtyjen että Ilmatieteellisen keskuslaitoksen sääasemien ha-

vaintojen perusteella.

Mittaukset tehtiin yleensä arkipäivinä klo 8-17 välisenä ts. valoisana aikana - vertailun vuoksi mitattiin myös kahtena viikonloppuna pistokokeen omaisesti. Tutkimusaikana ei ollut voimassa ns. kattonopeutta - ainoastaan kahdella tieosalla (neljällä mittauskerralla) havainnot tehtiin yleisen 90 km/h nopeusrajoituksen vallitessa. Tiekohtaisia nopeusrajoituksia ei mittaväleille sattunut.

Nopeudet näyttävät jatkuvasti kasvavan; tämä ns. yleiskasvu johtuu ilmeisesti tiestön ja ajoneuvokannan parantumisesta sekä muuttuneista ajotottumuksista. Tämän tutkimuksen yhteydessä suoritettiin muutamia poikkileikkausnopeuden mittauksia neljässä eri tarkkailupisteessä, jotka ovat samat kuin vuosien 1960-61 tutkimuksissa. Nopeuksien kehityksessä voidaan todeta kahdenlaista trendiä: em. nouseva trendi sekä toisaalta liikennemäärien kasvusta johutuva aleneva trendi. Yleisesti ottaen voidaan katsoa ensinmainitun trendin valitsevan maaseudulla ja jälkimmäisen kaupungeissa - tässä tutkimuksessa on kysymys vain ensinmainitusta.

4.2. Tutkimusmenetelmien valinta ja niiden tarkkuus (Kainu /18/,  
Manual of Traffic Engineering Studies /16/).

#### 4.2.1. Ajonopeustutkimukset

Ajonopeustutkimuksia varten valittiin rekisterilaattamenetelmä lähinnä sillä saatavien monipuolisten tietojen ansiosta. Tutkimuksen yhteydessä kokeiltiin vertailun vuoksi myös keskiaika-, liikkuvan testiauton, seuraamis-, ja liikennemäärämenetelmiä, mutta mikään viimeksimainituista ei tässä tutkimuksessa voinut tulla kysymykseen. Rekisterinumerohavaintoja varten suunniteltiin aluksi filmikameroiden käyttöä, jolloin henkilökunnan tarve sekä virhemahdollisuudet olisivat olleet pienemmät. Käytettävissä olleen lyhyen ajan vuoksi<sup>1</sup> ei toimintavarman laitteiston rakentamista kuitenkaan pidetty enää mahdollisena ja näin päädyttiinkin ihmistyövoiman käyttöön. Rekisterilaattamenetelmä perustuu yksityisten ajoneuvojen rekisterinumeroiden ja ohitusaikojen havaitsemiseen vähintään kahdessa pisteessä. Tässä tutkimuksessa suoritti 2 havaitsi-

<sup>1</sup> Päätös tutkimuksen suorittamisesta kesällä 1965 tehtiin saman vuoden helmikuussa.



jaa mittavälin kummassakin päässä (yhteensä 4 havaitсия) ajanoton lisäosoittimella ja 1/100- minuutin jaolla varustetulla sekuntikellolla Heuer Ref. 333.213 sekä rekisterinumeron läänintunnuksen ja kahden viimeisen numeron samoin kuin ajoneuvotyyppin merkitsemisen tarkoitusta varten suunnitelluille lomakkeille. Ajoneuvotyypit olivat seuraavat: henkilöautot (H), pakettiautot (P), linja-autot (L), kuorma-autot (K), perävaunulliset kuorma-autot (Kp) ja traktorit (T). Sekuntikellot oli joko käynnistetty ennen ryhmien eroamista tai sitten radiopuhelinyhteyden avulla samanaikaisesti tutkimuksen alkaessa. Kellot annettiin kellosepän tarkistettaviksi silloin tällöin ja yleensä ne eivät poikenneetkaan toisistaan eivätkä vertailukellosta. Kellojen käyntieron ollessa suurempi kuin 0,02 min/h suoritettiin a. o. korjaus. Sopiva mittavälin pituus on eräiden käsitysten mukaan vähintään 0,5 mailia, toiset taas suosittelevat 2-3 mailia. Tässä tutkimuksessa niiden pituudet vaihtelivat 2-6 kilometriin. Mittavälit sijoitettiin sellaisille Etelä-Suomen valtateille, joiden ns. laatuluokittelumittaukset oli jo aikaisemmin suoritettu huomioon ottaen sen, etteivät käynnissäolleet tienpäällystystyöt päässeet häiritsemään tutkimuksia. Mittavälit pyrittiin valitsemaan geometrialtaan vaihtelevilta tieosilta siten, että ne jakautuivat suhteellisen tasaisesti erilaatuisiin ryhmiin. Mittavälit sidottiin em. luokitusmittauksiin seuraavasti: välin tunnuksessa (esim. H 3.700) suuri kirjain tarkoittaa lääniä (Hämeen l.), ensimmäinen numero tien numeroa (valtatie 3.) ja pisteen jälkeen seuraava numero mittavälin alkupisteen etäisyyttä luokitusmittauksen alkupisteestä sadoissa metreissä (70 km alkupisteestä). Välin pituus mitattiin autoon asennetulla Halda ~~Mag~~master- matkamittarilla, jonka lukematarkkuus on 10 m. Erilaisia ratasyhdistelmiä käyttämällä saadaan mittaustarkkuus vastaamaan lukematarkkuutta viiden kilometrin matkoihin saakka. Valmistajan ilmoituksen mukaan maksimivirhe on säädön jälkeen  $\pm 0,4\%$ , mutta yleensä vain  $\pm 0 - 0,2\%$ . Mittari tarkistettiin silloin tällöin mittauksen aikana käytettävillä rengaspaineilla ja kuormituksilla luokitusmittausautoilla mitatulla 5000 m:n pituisella matkalla Helsingissä. Jokaisella tarkistuskerralla mittari osoitti lukematarkkuutensa mukaista mittaustarkkuutta.

Välin pituuden mittaus aloitettiin luokitusmittausten tuloksista valitusta kiintopisteestä ennen välin alkua ja pituus otettiin matkamittarin lukemien erona välin alku- ja loppupisteissä. Mittaus suljettiin toiseen valittuun kiintopisteeseen ja tarvittaessa tehtiin korjaus.

Yksittäisen ajoneuvon ajanottoon saattaa epäedullisimmassa tapauksessa tulla 0,05 minuutin ja matkan mittaukseen k. o. pituuksilla 10 metrin virhe. Esim. 4000 m:n matkalla voi 120 km/h-nopeudella ajavalle ajoneuville tulla seuraavanlainen virhe nopeuteen:

$$dv = \sqrt{\left(\frac{1}{t} dl\right)^2 + \left(\frac{1}{2} dt\right)^2} = \quad (19)$$
$$= \sqrt{0,3^2 + 3^2} = 3,02 \text{ km/h}$$

(dl = pituudenmittauksen, dt = ajanmittauksen ja dv = kokonaisvirhe).

Huolellisesti suoritettussa mittauksessa ovat virheet paljon pienempiä.

Voidaan todeta, että matkan pituuden virhe ei aiheuta suurta virhettä nopeuteen, mutta ajanoton tarkkuus on sensijaan ratkaiseva. Kellojen käyntiero voi aiheuttaa vielä lisää virhettä, ellei vastaavaa korjausta tehdä. Jos oletetaan käyntieron olevan 0,02 min/h ja liikennemäärän niin pienen, että mittaus kestää esim. 3,8 tuntia, saadaan syntyvän virheen suuruudeksi keskimäärin

$$dt = \frac{3,8 \times 0,02}{2 \times 60} = 63,3 \cdot 10^{-3} \text{ h ja edelleen } 5180 \text{ m:n pituisella välillä}$$

$$dv = \frac{1}{2} \cdot dt = \frac{5,18}{0,072} \cdot 63,3 \cdot 10^{-3} = 0,7 \text{ km/h.}$$

Kumpi kello on käynyt väärin ei merkitse mitään, koska käyntivirhe on matkan ajamiseen kuluvana aikana merkityksetön.

## 2.2. Poikkileikkausnopeuden tutkimukset

Poikkileikkausnopeuden mittapisteiden paikat mitattiin samalla tavalla kuin mittavälin alku- ja loppupisteetkin. Täsmällinen sijainti oli tarpeen eräiden geometrinen ym. tietojen selvittämiseksi. Nopeudenmittauksia varten kirjoittaja sai Ruotsista Statens Väginstytut'ilta lainaksi ko. instituutin rakentaman liikenneanalysointilaitteiston TA 3 (Kullberg /22/). Valinta kohdistui juuri tähän laitteeseen senvuoksi, että sillä on mahdollisuus samanaikaisesti saada muitakin tietoja liikenteestä, kuten peräkkäisten ajoneuvojen aikavälit, nopeuserot ja jonomuodostukset. TA 3 laskee ajoneuvon nopeuden kahdesta tien yli pingotetusta d = 2 mm. teräslangasta detektorien (mikrofonien) kautta saamiensa merkkien perusteella mittaamalla lankojen välisen matkan kulkemiseen tarvittavan ajan pyörivän rullan pyörähdysliikkeestä. Tämä on samalla nopeuden koodina reikänauhalle, jolle tulokset tulevat lävistetyiksi jatkokäsittelyä

varten. Erillisessä ohjainlaitteessa on nappulat ajoneuvotyypin rekisteröintiä ja ohi päästettävien poistamista varten. Ohjainlaitteelle tarvitaan hoitaja, muuten on TA 3 automaattinen. Analysaattoriin liitettävän ns.  $\Delta t$ -laitteen avulla tulevat myös peräkkäisten ajoneuvojen aikavälit mitatuiksi ja lävistetyiksi reikänauhalle.  $\Delta t$ -laitetta käytettiin aina lukuunottamatta viittä mittauskertaa, jolloin laite oli epäkunnossa. TA 3:n langat asetetaan tielle 2 m:n etäisyyteen toisistaan. Ajoneuvon kulkiessa lankojen yli syntyy värähdyksiä, jotka detektorit muuttavat sähköisiksi aalloiksi. Nämä muutetaan analysaattorin radioputkien avulla toimintakäskyiksi releille, jotka suorittavat ajanmittauslaitteiston käynnistymisen ja pysäyttämisen, ohjainlaitteelta tulevien tietojen muuttamisen reikäkoodiksi sekä lävistymisen.

Radioputkien saamien sähköaaltojen voimakkuus säädetään erityisellä säätölaitteella. Apuna käytetään pudotinta, jonka antaman iskun on langasta kuuluttava juuri tietyllä voimakkuudella. Tämä siksi, ettei lankojen jälkivärähdytely aiheuttaisi toimintakäskyä releille ja toisaalta, jotta kaikki mitattaviksi tarkoitetut ajoneuvot pystyisivät antamaan riittävän voimakkaan äänen. Tämä tarkistus suoritettiin aina ennen mittauksia.

Koska voisi sattua, että useampiakseliset ajoneuvot antaisivat impulssia myös takimmaisten akselien kulkiessa yli, on koneeseen rakennettu sulkulaite, joka estää uusien impulssien perillepääsyn määrätyn ajan sisällä tapahtuneesta mittauksesta. Tämä ns. sulkuaika voidaan säätää odotettavissa olevien nopeuksien mukaan siten että myös lyhyimmillä aikaväleillä (1 sekunti) ajavat ajoneuvot tulevat molemmat mitatuiksi, mutta hitaampien perävaunullisten kuorma-autojen taka-akselit eivät sensijaan tule. Säätö suoritetaan kokeilemalla. Ellei säätö onnistu, on ohjainlaitteen hoitajan käytettävä ns. sulkunappulaa. Näin on asianlaita miltei aina traktorien kohdalla.

TA 3:ssa ei ole varsinaista kalibrointimahdollisuutta, jolla se saataisiin mittaamaan juuri oikeita arvoja. Siihen on kuitenkin rakennettu laite, jolla voidaan tarkistaa, ovatko saatavat arvot oikeita. Tarkistus perustuu koneen sisälle rakennettuun impulssinantajaan, joka antaa juuri alle 60 km/h ja juuri yli 60 km/h vastaavat nopeudet ja joille siis on tullava eri koodi. Tarkistus suoritetaan koneen lämmettyä ja ellei se silloin näytä oikeita merkintöjä, ei koneella kannata mitata ennenkuin se (laboratoriossa) on uudelleen säädetty.

TA 3 osoittautui kenttäoloissa varsin araksi kojeeksi ja Statens Väg-

institutista jouduttiin kutsumaan asiantuntija paikalle tutkimuksen kestäessä muutamia kertoja.

TA 3 antaa ajoneuvojen poikkileikkausnopeudet 10 km/h- nopeusluokittain valmiiksi lävistettyinä 5-kanavaiselle reikänauhalle. Ajoneuvot voitiin luokitella 4 eri ryhmään, joiksi voimassaolevien nopeusrajoitusmääräysten (liite 1) perusteella valittiin seuraavat: henkilöautot (H), kuorma-, paketti- ja linja-autot (KPL), perävaunulliset kuorma-autot (Kp) ja traktorit (T).

TA 3:n mittaustarkkuus on hyvä. Se mittaa ajan n. 1/4000 sekunnin tarkkuudella, jos laitteet on oikein säädetty. Langat on asetettava tielle  $\pm 2$  mm:n tarkkuudella. Tämä vastaa valmistajan ilmoituksen mukaan keskimäärin alle 1 % virhettä 100 km/h nopeuksiin saakka.

Tarpeellinen havaintomäärä olisi arvioitava ottamalla huomioon, että keskiarvoa  $\bar{v}$  laskettaessa kullekin arvolle käytetään luokkak keskiarvoa  $m_i \cdot c + \frac{c}{2}$  eli

$$\bar{v} = \frac{\sum_i^t (m_i \cdot c + \frac{c}{2})}{n} \quad (20)$$

(c on luokkaväli ja  $m_i \cdot c$  nopeus luokan alarajalla).

Luokittain lasketun keskiarvon ja todellisen keskiarvon ero alkaa olla hyvin pieni jo 50 havainnolla ja 100-150 havainnon keskiarvot ovat jo mittaus-tarkkuuden rajoissa samat.

Koska myös aikavälit haluttiin mukaan, voitiin mittaus suorittaa kerrallaan vain yhteen suuntaan. Kun myös ajonopeusmittaukset voitiin yleensä suorittaa vain yhteen suuntaan ja muutenkin oli tarkoituksenmukaista saada poikkileikkaus- ja ajonopeudet samasta liikennevirrasta, ei tästä rajoituksesta ollut mitään haittaa tutkimukselle. Kuten edellä on jo todettu, vaatii TA 3 henkilökuntaa yhden havaitsijan.

TA 3:n toiminnassa ilmenneen epävarmuuden ja myös vertailevien tulosten saamiseksi otettiin avuksi tie- ja vesirakennushallituksen liikennetutka Traff-o-Matic S 5, jonka valmistaja on Eastern Industries Incorporated, Automatic Signal Division, Norwalk, Conn. USA. Tämän mallin lähetin- ja vastaanotinyksikkö on pieni, halkaisijaltaan n. 5 tuumaa oleva lieriö.

Nopeudenmittaus perustuu radioaallon taajuuden muuttumiseen Doppler-ilmion mukaisesti sen heijastuessa liikkuvasta esineestä. Tutkan lähettimen lähettämät radioaalto heijastuvat takaisin kaikista aaltojen muodostaman keilan sisälle jäävistä esineistä. Jos jokin näistä esineistä on liikkuva ajoneuvo, on

siitä heijastuvan radioaallon taajuus muuttunut esineen nopeutta vastaavasti.

Taajuuden muutos muutetaan suoraan jännitteeksi, joka on suhteellinen keilassa olevan ajoneuvon nopeuteen. Tämä nopeus on luettavissa osoitinlaitteesta. Tutkan varusteisiin kuuluu myös piirturi, joka rekisteröi nopeudet liikkuvalle nauhalle. Tässä tutkimuksessa ei piirturia käytetty, vaan nopeudet merkittiin välittömästi kahden kilometrin jakovälein varustetulle lomakkeelle. Ajoneuvotyyppinä käytettiin samoja kuutta eri tyyppiä kuin ajonopeusmittauksissa, mutta tulosten laskentaa varten ne yhtäläisyyden vuoksi yhdistettiin neljään ryhmään, kuten analysaattorimittauksissa oli menetelty.

Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen antaman lausunnon mukaan voidaan nopeudet lukea näyttävältä mittarilta ja piirturilta  $\pm 3$  km/h tarkkuudella, milloin nopeusnäytön kesto-aika on  $\approx 5,5$  s. Jos aika on tätä lyhempi, ovat tarkkuusrajat  $+3$  -  $-5$  km/h. Tutka vaatii kuten TA 3:kin yhden havaittajan.

Ellei liikennemäärä ole kovin suuri, voidaan tutkalla mitata samanaikaisesti kumpaankin suuntaan. Näin meneteltiinkin tässä tutkimuksessa - eri suunnat merkittiin kuitenkin omille lomakkeilleen. Tästä syystä saatiin useimmiten hetkellisten nopeushavaintojen määrä kaksinkertaiseksi ajonopeushavaintoihin verrattuna lukuunottamatta eräitä vähäliikenteisiä tieosia, joilla myös ajonopeusmittaukset voitiin suorittaa samanaikaisesti molempiin suuntiin.

TA 3:lla ja S 5:llä saatuja tutkimusaineistoja on verrattu tilastollisesti toisiinsa - kuivilla tienpinnoilla ei keskiarvojen erolla ole minkäänlaista merkitysvyyttä. Sama tulos on saatu mitattaessa nopeuksia samanaikaisesti molemmilla em. laitteilla (kohta 5.1.1.).

#### 4.3.

#### Tutkimuksen kenttätyö

Koska sekä ajo- että poikkileikkausnopeuden mittaukset pyrittiin suorittamaan samanaikaisesti samasta liikennevirrasta, päädyttiin seuraavanlaiseen tutkimusryhmän ja kaluston kokoonpanoon:

Ryhmän johtaja + 5 miestä

Tarkoitusta varten varustettu 6 hengen auto

Liikenneanalyysoija TA 3 tai liikennetutka S 5

Liikennelaskija SYX-RRL

Radiopuhelinpari AJP 1

Sekuntikelloja, bussoli (gyroskooppi), kaltevuusmittari, mittanauha ym.

Ennen varsinaista tutkimusta suoritettiin menetelmien testaus, laitteiden kokeilu ja henkilökunnan koulutus. Kevään 1965 kuluessa oli laadittu tvh:n teknillistaloudelliselta toimistolta saatujen luokitusmittauspöytäkirjojen perusteella 34 mittaväliä käsittävä tutkimusohjelma viikottaisia jaksoja silmälläpitäen siten, että 4-5 lähekkäin sijaitsevaa mittaväliä voitiin hoitaa keskitetysti. Mittavälien pituudet vaihtelivat 2-6 kilometriin ja kultakin väliltä valittiin 1-2 pistettä poikkileikkausnopeuden mittauksia varten. "Ensimmäisenä päivänä" toimitettiin kaikki viikon mittavälien ja -pisteiden geometriaan yms. kohdistuvat mittaukset ja havainnot.

Ajonopeustutkimuksia varten mitattiin

1. mittavälin pituus ja sijainti
2. ajoradan leveys, päällyste ja kunto
3. pientareiden leveys ja päällyste
4. sisäluiskan kaltevuus ja verhous
5. vaakatason kaarteiden keskuskulmat
6. mahdolliset erikoisolosuhteet

Mittavälin pituudenmittaus on jo selostettu kohdassa 4.2. Ajoradan ja pientareiden leveydet mitattiin teräsmitalla sekä luiskien kaltevuudet tarkoitusta varten rakennetulla kolmiolla. Keskuskulmat mitattiin aluksi bussolilla. Kun tutkimuksen loppuvaiheessa kuitenkin syntyi tiettyjä epäilyksiä mittausten tarkkuuteen nähden, mitattiin kulmat vielä uudelleen autoon asennetulla gyroskoopilla. Tällöin osoittautui, että vain muutamissa tapauksissa oli kulmamittauksiin tullut virheitä, mahdollisesti sähkölinjojen tms. aiheuttamien magneettisten häiriöiden johdosta. Kulmamittausten avulla laskettiin välin kaarteisuus ja minimisäde. Luokitusmittausten tuloksista saatiin laskemalla mittavälin keskimääräinen mäkisyys, alle 500 m:n näkemien osuus, miniminäkemä, keskimääräinen luokituspisteluku ja geometrinen laatuluku.

Poikkileikkausnopeuden tutkimuksia varten mitattiin

1. mittapisteen sijainti
2. ajoradan leveys, päällyste ja kunto
3. pientareiden leveys ja päällyste
4. sisäluiskan kaltevuus ja verhous
5. sivuesteen etäisyys ajoradan reunasta
6. leikkaus- tai pengerkorkeus
7. pituuskaltevuus mittapisteessä ja 200 m molemmin puolin

8. kaarresäde ja sivukaltevuus
9. mahdolliset erikoisolosuhteet

Pituus- ja sivukaltevuudet mitattiin kaltevuusmittarin ja tähtäyskeppien avulla. Luokitusmittauspöytäkirjasta saatiin lisäksi näkemä, luokituspisteluku ja geometrinen laatuluku mittapisteessä ja 200 m molemmin puolin. Geometriset tiedot olisi mahdollisesti saatu myös ao. tiesuunnitelmista. Kun suunnitelmia kuitenkin useissa tapauksissa oli rakennustyön aikana muutettu ja eräät suunnitelmat olivat lisäksi peräisin jo 1930-luvulta, pidettiin tietojen hankkimista suoraan tutkimuskohteista luotettavampana. Samaa menettelyä oli jo aikaisemmin käytetty teiden luokitusmittauksissa.

Kaikki em. tiedot vietiin asianomaisille lomakkeille.

Koska näissä mittauksissa ei tarvittu koko tutkimusryhmää, voitiin samanaikaisesti suorittaa eräitä kirjallisia tehtäviä (mm. edellisen viikon tutkimustulosten selvittäminen) sekä järjestää ryhmän huolto.

"Viiden seuraavan päivän" aikana toimitettiin varsinaiset ajoaika- ja nopeushavainnot, liikennelaskenta sekä säähavainnot.

Nopeuden mittaukset toimitettiin yleensä arkisin aamupäivällä klo 8-11 yhteen ja iltapäivällä klo 13-16 toiseen suuntaan. Viikonloppuvaihtelun tutkimiseksi mitattiin edellisestä poiketen kahtena viikonloppuna kahdella eri tieosalla lähekkäin sijaitsevilla kolmella mittavälillä perjantaina, lauantaina ja sunnuntaina. Sunnuntai-aamupäivän mittaukset pyrittiin suorittamaan klo 10-13 ja iltapäivän klo 15-18, muutoin ajat olivat kuten edellä.

Koska nopeusmittauksissa liikenne tuli yleensä lasketuksi vain yhteen suuntaan, suoritettiin kokonaisliikenteen laskenta teknillisen korkeakoulun letkulaskijalla SYX-RRL. Letkulaskijan antamaan tulokseen tehtiin useampiakselisten ajoneuvojen aiheuttama korjaus, minkä jälkeen vähentämällä siitä mittaus-suunnan liikennemäärä saatiin vastakkaissuuntainen liikennemäärä. Tämän lisäksi laskivat nopeudenmittaajat ns. "Handy-Tall" -laitetta käyttäen mittaus-suuntaan kulkevat moottoripyörät, mopot, hevosajoneuvot, polkupyöräilijät ja jalankulkijat. Täydellisempään liikennelaskentaan ei käytettävissä olevan henkilökunnan puitteissa ollut mahdollisuuksia lukuunottamatta eräitä tarkistusmittauksia, jotka tehtiin letkulaskijan tulosten testaamiseksi.

Sään osalta mitattiin ilman lämpötila, todettiin mahdollinen sade ja tienpinnan märkyys sekä arvioitiin tuulen nopeus puiden lehdistä. Kenttätöön päätyt-

tyä hankittiin Ilmatieteelliseltä Keskuslaitokselta vielä tiedot kunkin mittauspäivän sääsuhteista a. o. mittaväliä lähimmän sääaseman havaintojen mukaan. Tällöin kiinnitettiin erityistä huomiota tuulen suuntaan ja nopeuteen.

Yksityiskohtaiset luettelot mittaväleistä ja -pisteistä sekä mittausajoista nähdään liitteistä 2 ja 3. Liitteessä 4 on lisäksi tietoja poikkileikkausnopeuden vertailupisteistä, jotka olivat mukana trendin selvittämiseksi.

4.4.

#### Tulosten käsittely

##### 4.4.1. Ajonopeustutkimukset

Tutkimusta varten kehitettiin tvh:n toimesta tietokoneelle IBM 1440 ohjelma, joka mittavälin molemmissa päissä tehtyjen aikahavaintojen ja välin pituuden avulla laskee kullekin ajoneuvolle ajonopeuden km/h sekä ajoajan h/km, edelleen ajoneuvotyypeittäin (6 tyyppiä) jakautumat (frekvenssit) sekä keskiarvot, keskihajonnat ja keskivirheet em. suureille kunkin tutkimuksen (mittauskerran) osalta erikseen. Ajonopeutta koskevat arvot ovat tarkkoja, mutta ajoaikojen jakautumien yhteydessä oli käytetty liian karkeata luokkajakoa. Kun ajoaikojen keskiarvot jne. on laskettu juuri jakautumien avulla, ei tarkkuus ole riittävä eikä keskimääräistä ajoaikaa vastaava nopeus ole myöskään oikea. Tämän vuoksi on tulosten jatkokäsittelyssä laskettu erikseen ajonopeuksien harmoninen keskiarvo likimääräisestä kaavasta (11).

Ohjelma on automaattisesti poistanut sellaiset havainnot, joissa ajoneuvo (lukuunottamatta traktoreita) on alittanut nopeuden 25 km/h, koska tällainen ajoneuvo on todennäköisesti pysähtynyt. Virheellisistä minuuttilukemista aiheutuneet ylisuuret nopeudet on poistettu käsin. Tutkimukset (mittauskerrat) on tämän jälkeen ryhmitelty eri parametrien kuten liikennemäärän, liikennetiheyden, käyttösuhteen, luokituspisteluvun, näkemän, ohjenopeuden, tienpinnan kosteuden ym. mukaan ja laskettu samalla ohjelmalla ryhmitellyn aineiston jakautumat ja tunnusluvut. Eri tekijöiden vaikutusta on testattu tilastollisesti.

Lopuksi on suoritettu useita regressioanalyyssejä Elliot 503:lle laaditulla standardiohjelmalla. Tietokonekäsittely suoritettiin tie- ja vesirakennushallituksen toimesta ja Valtion tietokonekeskuksen koneilla, suureksi osaksi Teknillisen korkeakoulun koneaikaa hyväksi käyttäen. Tutkimustuloksista on yleensä jätetty pois tai käsitelty erikseen poikkeukselliset havainnot: kattono-



peuden voimassaollessa tehdyt mittaukset 4, 5, 51 ja 52 (liite 2), erittäin huonolla tiellä U 55 tehdyt mittaukset 57-60 sekä mittaus 8, koska tähän sisältyi poikkeuksellisen suurella nopeudella ajanut 19 autoa käsittävä Puolan presidentin seurue.

Vm. mittauskerta on, senjälkeen kun tuloksista on ensin käsin poistettu poikkeukselliset havainnot, otettu mukaan regressioanalyysiin. Tien U 55 havainnot ovat mukana regressioanalyysissä silloin, kun tutkitaan tien teknisiin ominaisuuksiin liittyviä muuttujia. Liikenteeseen liittyviä muuttujia käsiteltäessä nämä neljä geometrisilta ominaisuuksiltaan poikkeuksellista havaintoa on poistettu, koska ne olisivat muuten johtaneet virheellisiin tuloksiin (ks. esim. kuvat 35-37). Kuivat ja märät tienpinnat on yleensä käsitelty erikseen.

Ensimmäisessä vaiheessa suoritettiin suuntaa antava lineaarinen regressioanalyysi kaikilla muuttujilla sellaisinaan. Lineaarinen malli tuntui sopivalta jo yksinkertaisuutensa vuoksi ja myös siksi, että monien vaikuttavien tekijöiden tiedettiin olevan lineaarisessa suhteessa nopeuksiin (Oppenlander/30/). Selitettävänä olivat seuraavat muuttujat: Kaikkien ajoneuvojen sekä henkilöautojen ajonopeuksien aritmeettiset 1. aikajakautuman keskiarvot  $\bar{v}_2$  ja  $\bar{v}_2(H)$  sekä harmoniset 1. matkajakautuman keskiarvot  $\bar{v}_{2s}$  ja  $\bar{v}_{2s}(H)$ , edelleen kaikkien ajoneuvojen aika- ja matkajakautuman keskihajonnat  $s_2$  ja  $s_{2s}$ . Selittäjinä oli kaksikymmentä eri muuttujaa  $Y_{1-22}$  (liite 5). Kuten edellä jo todettiin, aineisto oli jaettuna kahteen osaan: kuivat tienpinnat käsittäen 56 ja märät tienpinnat käsittäen 12 mittauskertaa. Tässä tutkimuksessa on yleensä rajoitettu käsittelemään vain ensinmainittua osaa. Jälkimmäisestä on vertailun vuoksi laskettu eräitä malleja, jotka kuitenkin eivät ole osoittautuneet käytökelpoisiksi. Syynä on ennenkaikkea aineiston pienuus. Kaikki selitettävät selitettiin samanaikaisesti siten, että ohjelma automaattisesti lisäsi selittäjiä siinä järjestyksessä kuin selitettävä  $\bar{v}_2(H)$  edellytti. Analyysin tuloksena voitiin todeta tämän lisäämisjärjestyksen sopivan varsin hyvin kaikille nopeuskeskiarvoille, mutta keskihajonnoille heikommin.

Aritmeettinen (aikajakautuman) keskiarvo osoittautui hiukan paremmaksi selitettäväksi kuin siitä laskettu harmoninen (matkajakautuman) keskiarvo.

Kaikkien ajoneuvojen ajonopeus oli hiukan parempi kuin henkilöautojen ajonopeus. Kahden viimeksimainitun aritmeettiset keskiarvot valittiin käytettäviksi pääasiallisina selitettävänä. Keskihajonnoista olisi matkajakautuman

hajonta ollut hiukan parempi kuin aikajakautuman - seuraavassa vaiheessa osat kuitenkin vaihtuivat, kuten alempana havaitaan.

Edelleen suoritettiin analyysi jokaiselle selitettävälle erikseen käyttäen kullekin edullisinta selittäjien lisäämisjärjestystä. Selitettävä ja selittäjät olivat tässäkin muuntamattomina. Tuloksena on saatu joukko malleja, jotka teoreettisesti ehkä ovat hyviäkin, mutta kun joukossa on käytännössä vaikeasti mitattavia selittäjiä, jää niiden merkitys suhteellisen vähäiseksi. Tässäkin yhteydessä oli selitettävien paremmuusjärjestys sama kuin edellä lukuunottamatta keskihajontaa, joka oli nyt aikajakautuman osalta parempi kuin matkajakautuman. Korrelatiokertoimien erot olivat kuitenkin merkityksettömät.

Tämän jälkeen on kaikkien ajoneuvojen sekä henkilöautojen aikajakautuman nopeuskeskiarvot samoinkuin kaikkien ajoneuvojen keskihajonta pyritty selittämään yhden selittäjän avulla kerrallaan, sitten kaksi ensinmainittua vielä kahden ja lopuksi seitsemän parhaan selittäjän avulla. Tässä analyysissä on käytetty selittäjien funktioina  $Y_i$ ,  $Y_i^2$ ,  $\sqrt{Y_i}$ ,  $\frac{1}{Y_i}$  ja  $\ln Y_i$ . Analyysissä käytetyt arvot nähdään liitteestä 6.

#### 4.4.2. Poikkileikkausnopeuden tutkimukset

Liikenneanalysointimittauksia varten oli olemassa valmis Statens Väginstitut'in ohjelma tietokoneelle Facit. Ennen varsinaista tietokonekäsittelyä laskettiin instituutin käsittelykojeessa BA 2 (Bearbetningsapparater 2), joka pystyy selvittämään 300 ajoneuvoa minuutissa, kunkin mittauskerran osalta käytettyjen 4 ajoneuvotyypin nopeuksien keskiarvot, keskihajonnat ja keski-  
virheet, lisäksi saatiin ao. jakautumataulukot. Kun varsinainen tietokoneohjelma sisälsi myös aikavälejä, jonoja ja nopeuseroja koskevat osat, erotettiin tuloksista pois ne havainnot (5 mittauskertaa)<sup>1</sup>, jotka oli saatu ilman  $\Delta t$ -kojetta. Ohjelman rakenteen vuoksi jouduttiin tulokset laskemaan vain kahden ajoneuvoryhmän osalta: henkilöautot ja muut ajoneuvot. Kustannusten säästämiseksi ryhmiteltiin tutkimukset vielä 5 ryhmään: kuivat tienpinnat kolmeen liikennemääräluokkaan jaettuina, märät tienpinnat ja katonopeusarvot. Tietokonekäsittely tapahtui kokonaan Ruotsissa, jonne reikänauhat lähetettiin (Statens Väginstitut'in toimesta Statskontoret'issa.).

Tutkimukset (mittauskerrat) on tämän jälkeen kirjoittajan toimesta ryh-

<sup>1</sup> Mittauskerrat olivat 23, 36, 37, 38 ja 71 (liite 3).

mitetty eri parametrien mukaan ja laskettu aineistolle keskiarvot käsikäsin. Tietokoneen runsaampi käyttö Ruotsissa olisi aiheuttanut eräitä käytännöllisiä vaikeuksia.

Tutkimustuloksista on yleensä jätetty pois poikkeukselliset havainnot; kattonopeuden voimassaollessa tehdyt mittaukset 4, 5, 49, 50, eräistä käytännöllisistä syistä mittaus 8 (liite 3) sekä tietokonekäsittelystä poisjätetyt havainnot (5 mittauskertaa). Viimemainitut ovat kuitenkin mukana regressioanalyysissä. Kuivat ja märät tienpinnat on käsitelty erikseen. Virheelliset havainnot on poistettu käsin.

Tutkimuksia varten oli tvh:lla valmis ohjelma Elliot 503:lle, jolla laskettiin kunkin mittauskerran osalta 4 eri ajoneuvotyypin nopeuksien aritmeettiset keskiarvot, keskihajonnat, keskivirheet ja harmoniset keskiarvot. Lisäksi saatiin jakautumataulukot.

Sen jälkeen kun tutkimukset oli ryhmitelty eri parametrien mukaan, on laaditun apuohjelman avulla laskettu näille vielä jakautumat ja tunnusluvut. Tutkimustuloksista on yleensä jätetty pois tai käsitelty erikseen poikkeukselliset havainnot: huonolla tiellä U 55 tehdyt mittaukset 55-58 (liite 3). Regressioanalyysissä viimemainitut ovat kuitenkin mukana, paitsi liikenteeseen liittyviä muuttujia tarkasteltaessa, jolloin ne poikkeuksellisia on jätetty pois. Eräät selvästi virheelliset havainnot on poistettu käsin. Kuivat ja märät tienpinnat on käsitelty erikseen.

Lopuksi on analysointi- ja tutkimustulokset yhdistetty eri parametrien mukaan ryhmiteltyinä ja laskettu käsin näille jakautumat ja tunnusluvut. Sen jälkeen on suoritettu tilastollinen testaus.

Regressioanalyysi poikkileikkausnopeuksien tutkimuksesta on myös tehty Valtion tietokonekeskuksen Elliot 503:lla. Aluksi suoritettiin lineaarinen regressioanalyysi kaikilla muuttujilla sellaisinaan. Selitettävänä olivat seuraavat muuttujat: kaikkien ajoneuvojen sekä henkilöautojen poikkileikkausnopeuksien aritmeettiset 1. aikajakautuman keskiarvot  $\bar{v}_1$  ja  $\bar{v}_1(H)$  sekä harmoniset 1. aikajakautuman keskiarvot  $\bar{v}_{1s}$  ja  $\bar{v}_{1s}(H)$ , edelleen kaikkien ajoneuvojen ja henkilöautojen aikajakautuman keskihajonnat  $s_1$  ja  $s_1(H)$ . Selittäjinä oli kaksikymmentä eri muuttujaa  $X_{1-21}$  (liite 7). Kuivien tienpintojen osalta on käytettävissä 54 ja märkien 14 mittauskertaa. Tässä on, kuten ajonopeustutkimuksessa, rajoitettu yleensä käsittelemään vain ensinmainittua aineiston osaa. Kulle-

kin selitettävälle käytettiin sille edullisinta selittäjien lisäämisjärjestystä. Parhaiksi selitettäviksi osoittautuivat taas aritmeettiset 1. aikajakautuman keskiarvot. Kaikkien ajoneuvojen nopeuskeskiarvo on hiukan henkilöautojen nopeuskeskiarvoa parempi. Kahden viimemainitun aritmeettiset keskiarvot on tässäkin valittu käytettäviksi pääasiallisina selitettävinä. Kaikkien ajoneuvojen keskihajonta on huomattavasti henkilöautojen keskihajontaa parempi selitettävä (vastaavat mallien korrelatiokertoimet 0,81 ja 0,55). Tämän jälkeen on kaikkien ajoneuvojen ja henkilöautojen aikajakautuman nopeuskeskiarvot sekä kaikkien ajoneuvojen keskihajonta pyritty selittämään yhden selittäjän avulla kerrallaan, sitten kaksi ensinmainittua vielä kahden ja lopuksi kymmenen parhaan selittäjän avulla. Tässä analyysissä on käytetty selittäjien funktioina  $X_1$ ,  $X_1^2$ ,  $\sqrt{X_1}$ ,  $\frac{1}{X_1}$  ja  $\ln X_1$ . Analyysissä käytetyt arvot nähdään liitteestä 8.

#### 4.4.3. Mallien laatiminen

Edellä mainittujen regressioanalyysien pohjalta tarkastellaan kohdassa 5.2 yksittäisten tekijöiden (selittäjien) vaikutusta sekä kaikkien ajoneuvojen että henkilöautojen nopeuksiin. Mallit esitetään sekä kaavoina että graafisesti. Kohdassa 5.3. esitetään vielä eräitä käytännössä sovellettavia malleja. Tässä yhteydessä tarkastellaan myös kaikkien ajoneuvojen ja raskaiden autojen nopeuden riippuvuutta henkilöautojen nopeudesta (5.3.) sekä ajonopeuden riippuvuutta poikkileikkausnopeudesta (5.4.), jotka on nekin tutkittu samalla regressio-ohjelmalla.

## TUTKIMUSTULOKSET

1.

### Yleistä

#### 1.1. Havaintojen lukumäärä, liikenteen koostumus ja jakautuman normaalisuus.

##### 1.1.1. Ajonopeudet.

Ajonopeuksia mitattiin 34 mittavälillä (72 mittauskerralla) yhteensä 163,6 tunnin aikana, josta 139,7 h kuivan (60 mittauskertaa) ja 23,9 h sateisen (12 mittauskertaa) sään vallitessa. Keskimääräinen liikennemäärä (tuntimäärien mukaan painotetut arvot) oli kuivilla teillä mittaussuuntaan 84 ajon/h ja molempiin suuntiin 152 ajon/h sekä märillä teillä vastaavasti 96 ajon/h ja

199 ajon/h. Havaintojen lukumäärä ja eri ajoneuvotyyppien osuus käyvät ilmi taulukosta 1. Vertailun vuoksi on esitetty myös eräitä tilastotietoja (Suomen Tieyhdistys /35).

Taulukko 1. Ajonopeushavaintojen lukumäärä ja liikenteen koostumus sekä rekisteröidyt ajoneuvot.

Ajoneuvotyyppi	Nopeustutkimus 1965			Autorekisteri 31.12.64		
	Ajon.	% autoista	% kaikista	Ajon.	% autoista	% kaikista
Henkilöautot (H)	8678	70,8	70,6	376254	80,1	62,9
Pakettiautot (P)	525	4,3	4,3	36950	7,9	6,2
Linja-autot (L)	376	3,1	3,1	7074	1,5	1,2
Kuorma-autot (K)	2010	16,4	16,3	49151 <sup>1</sup>	10,5	8,2
Kuorma-autot, peräv. (Kp)	663	5,4	5,4	.	.	.
Kaikki autot	12252	100,0	99,7	469429	100,0	78,5
Traktorit (T)	41	-	0,3	128974	-	21,5
Kaikki ajoneuvot ( $\Sigma$ )	12293	-	100,0	598403	-	100,0

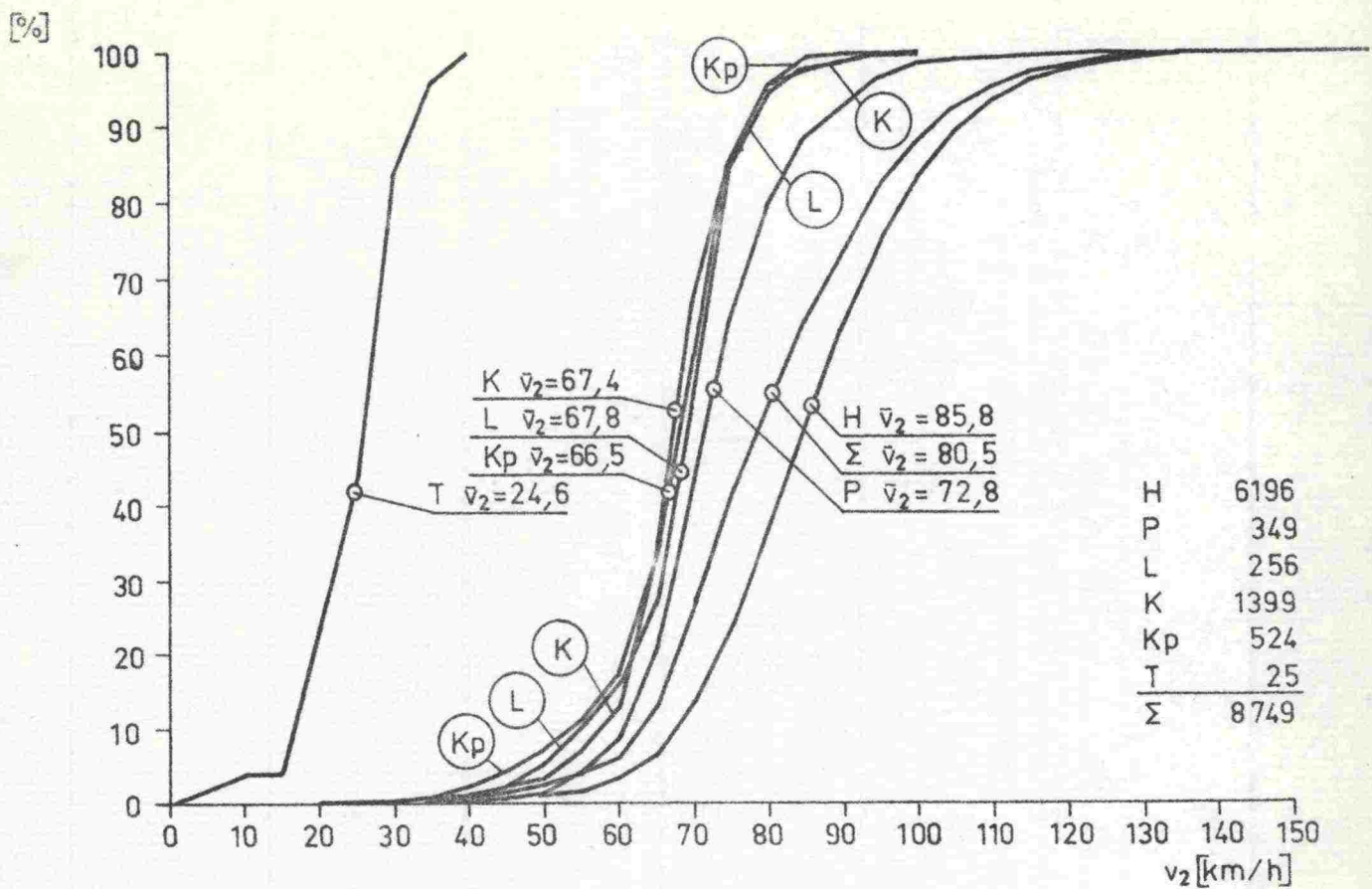
<sup>1</sup> Lukuun sisältyvät kaikki kuorma-autot ja erikoisautot.

Kun laskelmien ulkopuolelle jätetään kohdassa 4.4.1. mainitut poikkeukselliset havainnot (yhteensä 1422 kpl) saadaan taulukon 4 arvot kuvaamaan ajonopeusmittausten tuloksia (kohta 5.2.1.1.).

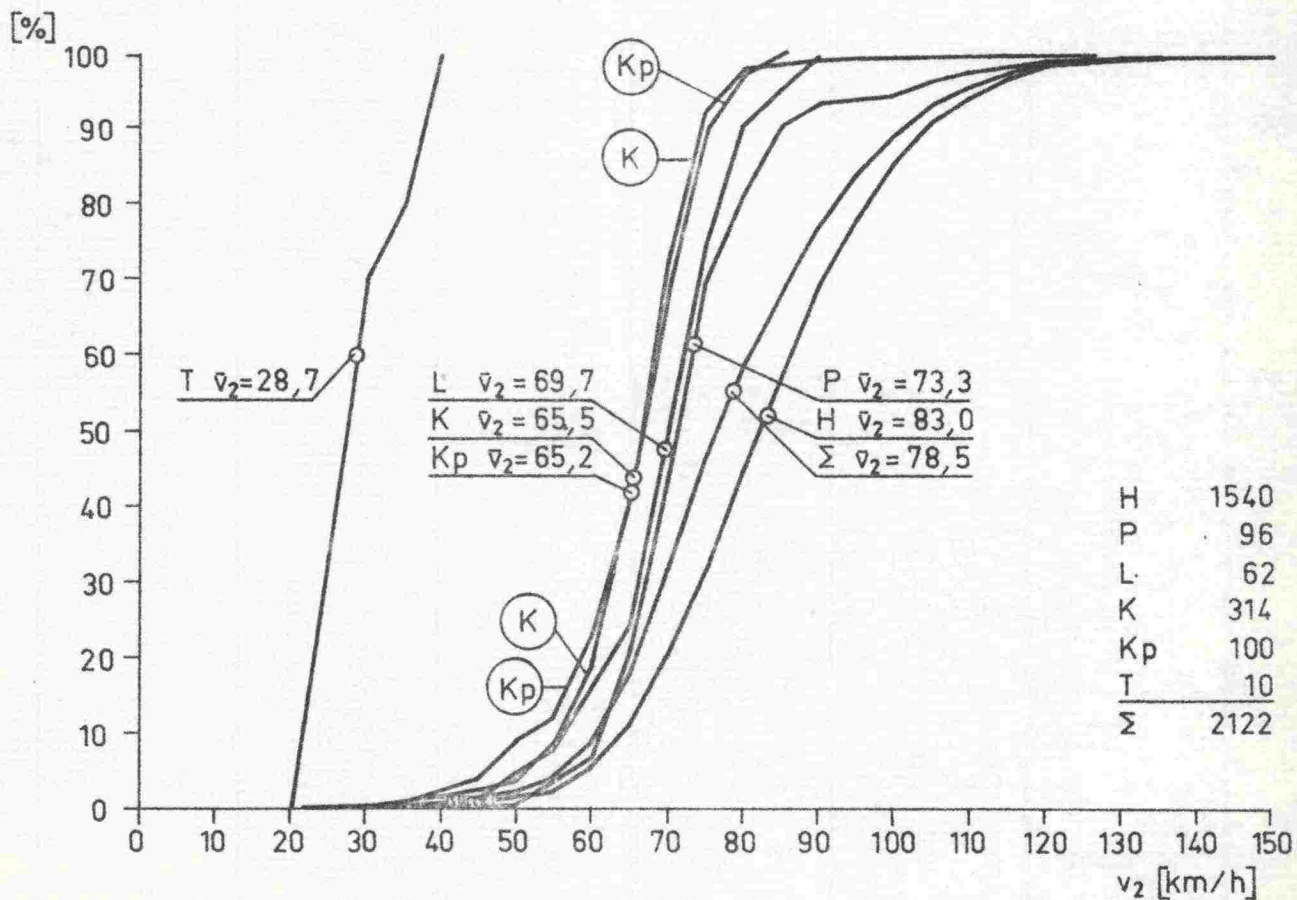
Ajonopeuksien harmoninen eli matkajakautuman keskiarvo  $\bar{v}_2$ , joka edustaa todellista keskimääräistä ajoaikaa, on koko aineiston osalta kuivalla tienpinnalla 3,7 km/h eli 46 % pienempi aritmeettista eli aikajakautuman keskiarvoa  $\bar{v}_2$ .

Ajoaikajakautumasta lasketun keskimääräisen ajoajan  $\bar{t} = 12,6 \cdot 10^{-3}$  h/km käänteisarvo  $\frac{1}{\bar{t}} = 79,4$  km/h olisi vain 1,1 km/h eli 1,4 % aritmeettista nopeuskeskiarvoa alhaisempi.

Kuten jo aikaisemmin on todettu, tämä arvo on epätarkka, minkä vuoksi ajoaikajakautuman tuloksia ei tulla tässä lainkaan käyttämään. Koko aineistosta ajoneuvotyypeittäin piirretyt ajonopeuksien summakäyrät on esitetty kuvissa 9 ja 10. Kuvan 9 käyriä tarkastelemalla todetaan, että ne vastaavat verraten hyvin normaalijakautumaa - pieniä ja suuria nopeuksia on vain vähän, mutta lähellä keskiarvoa olevia sensijaan runsaasti. Piirtämällä kaikkia ajoneuvoja ja henkilöautoja edustavat käyrät ns. todennäköisyyspaperille nähtäisiin, että kuvaajat ovat likipitään suorina. Empiiristä jakautumaa voidaan näin ollen käytän-



Kuva 9 Ajonopeuksien summakäyrät, kuivat tienpinnat



Kuva 10 Ajonopeuksien summakäyrät, märät tienpinnat

nössä riittävän hyvin approksimoida normaalijakautumalla, kuten tutkimuksessa on tehtykin. Samaan tulokseen päästään  $\chi^2$ -testillä: voidaan todeta, etteivät havaintoarvot ole ristiriidassa sen käsityksen kanssa, että nopeudet noudattaisivat normaalijakautumaa ( $\chi^2(11) = 8,37 < 19,68$ ) (Lokki /24/). Yhdellä mittauskerralla saadut havainnot eivät sensijaan ole aina normaalisti jakautuneita, mikä johtuu olosuhteiden - mm. liikenteen koostumuksen - vaihteluista.

#### 5.1.1.2 Poikkileikkausnopeudet

Poikkileikkausnopeuksia mitattiin 38 mittapisteessä (72 mittauskerralla) yhteensä 158,2 tunnin aikana, josta 130,2 h (58 mittauskertaa) kuivan ja 28,0 h (14 mittauskertaa) sateisen sään vallitessa. Keskimääräinen liikennemäärä (tuntimäärien mukaan painotetut arvot) oli kuivilla teillä mittaussuuntaan 87 ajon/h ja molempiin suuntiin 171 ajon/h sekä märillä teillä vastaavasti 101 ajon/h ja 207 ajon/h. Havaintojen lukumäärä ja eri ajoneuvoryhmien osuus käyvät ilmi taulukosta 2. Taulukossa eivät ole mukana ne havainnot (1876 kpl), jotka tehtiin pelkästään nopeustrendin selvittämiseksi vv. 1960-61 tutkimuspisteissä.

Taulukko 2. Poikkileikkausnopeushavaintojen lukumäärä ja liikenteen koostumus.

Ajoneuvotyyppi	Havaintoja			% autoista	% kaikista
	TA 3	S 5	yht.		
Henkilöautot (H)	6388	4154	10660	72,0	71,7
Paketti-, linja- ja kuorma-autot (KPL)	2134	1253	3387	22,8	22,8
Kuorma-autot, Peräv. (Kp)	550	301	851	5,7	5,7
Autot yhteensä	9072	5708	14780	100	99,5
Traktorit (T)	46	21	67	-	0,5
Yhteensä ( $\Sigma$ )	9118	5729	14847	-	100

Verrattaessa eri ajoneuvoryhmien osuutta ajonopeusmittausten tuloksiin (taulukko 1.) todetaan lukumäärien suunnilleen vastaavan toisiaan, vaikka eräissä tapauksissa poikkileikkausnopeuksia ei laitteiden epäkuntoisuuden vuoksi mitattu lainkaan ja toisaalta tutkamittauksissa on saatu usein kaksinkertainen havaintomäärä (molemmat suunnat mitattu samanaikaisesti) verrattuna ajonopeusmittauksiin. Analysaattorin TA 3 ohjauslaitteen rajoitusten vuoksi on saman nopeusrajoituksen alaiset ryhmät P, L ja K käsitelty yhtenä ryhmänä. Yhtäläisyyden vuoksi on näin menetelty myös tutkamittauksissa. Kun TA 3:n tietokoneohjelmassa lisäksi käytettiin vain kahta ajoneuvoryhmää - henkilöautot ja muut

ajoneuvot - on useimmat tunnusluvut samoin kuin piirroksinkin esitetty vain näiden ryhmien osalta. Kp- ja T- ryhmien pienuus puoltaakin niiden yhdistämistä jo sinänsä suureen KPL- ryhmään. Toisaalta näin saadaan mielenkiintoinen vertailupohja henkilöautot - muut ajoneuvot.

Kun laskelmien ulkopuolelle jätetään kohdassa 4.4.2. mainitut poikkeukselliset havainnot (tutkamittausten osalta 452 kpl ja analysaattorimittausten osalta 3027 kpl) saadaan taulukon 6 arvot kuvaamaan poikkileikkausnopeusmittausten tuloksia (kohta 5.2.1.1.).

Kuivalla tienpinnalla sekä tutkalla että analysaattorilla saadut tulokset näyttävät varsin samanlaisilta. Testillä voidaan todeta, että niiden keskiarvoilla ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa. ( $\lambda = 1,05$ ). Märällä tienpinnalla on keskiarvojen ero sensijaan erittäin merkitsevä ( $\lambda = 7,5$ ). Tämä johtuu kuitenkin siitä, että märällä tienpinnalla on tutkamittauksia suoritettu vain standardiaan suhteellisen alhaisilla väleillä M 5.070 ja U 6.180 yhteensä 873 havaintoa kun taas märällä tiellä suoritettut analysaattorimittaukset yhteensä 1621 havaintoa edustavat paremmin tutkitun tiestön yleistä tasoa.

Mittavälillä U 6.180 suoritettiin 28.7.65 pisteissä U 6.1850 ja U 6.1995 mittaukset samanaikaisesti tutkalla ja analysaattorilla. Samasta liikennevirrasta saatiin taulukon 3. mukaiset tulokset.

Taulukko 3. Tutkan ja analysaattorin tulosten vertailu.

Ajon. tyyppi	Mittapiste U 6.1850				Mittapiste U 6.1995			
	tutka S 5		analys. TA 3		tutka S 5		analys. TA 3	
	hav.	$\bar{v}_1$ km/h	hav.	$\bar{v}_1$ km/h	hav.	$\bar{v}_1$ km/h	hav.	$\bar{v}_1$ km/h
H	134	87	134	89	150	84	151	83
KPL	60	68	55	68	61	68	58	69
Kp	9	65	9	66	10	60	10	61
T	-	-	-	-	-	-	-	-
$\Sigma$	203	80	198	82	221	79	220	78

Testillä voidaan todeta, ettei keskiarvojen eroilla ole tilastollista merkitsevyyttä. Näinollen voidaan sekä tutkalla että analysaattorilla tehtyjä mittauksia käsitellä yhtenä kokonaisuutena.

Tutkamittausten harmoninen eli matkajakautuman keskiarvo  $\bar{v}_{1s}$  on kuivalla tienpinnalla 4 km/h eli 4,9 % pienempi aritmeettista eli aikajakautuman keskiarvoa  $\bar{v}_1$ .



Analysaattorimittausten osalta ei harmonista keskiarvoa ole laskettu, mutta se on todellisuudessa samansuuruinen kuin tutkamittauksista saatu.

Yhdistämällä tutkalla ja analysaattorilla saadut tulokset em. vähennyksineen saadaan koko tutkimusaineistoa kuvaamaan taulukossa 7. esitetyt arvot. (kohta 5.2.1.1.)

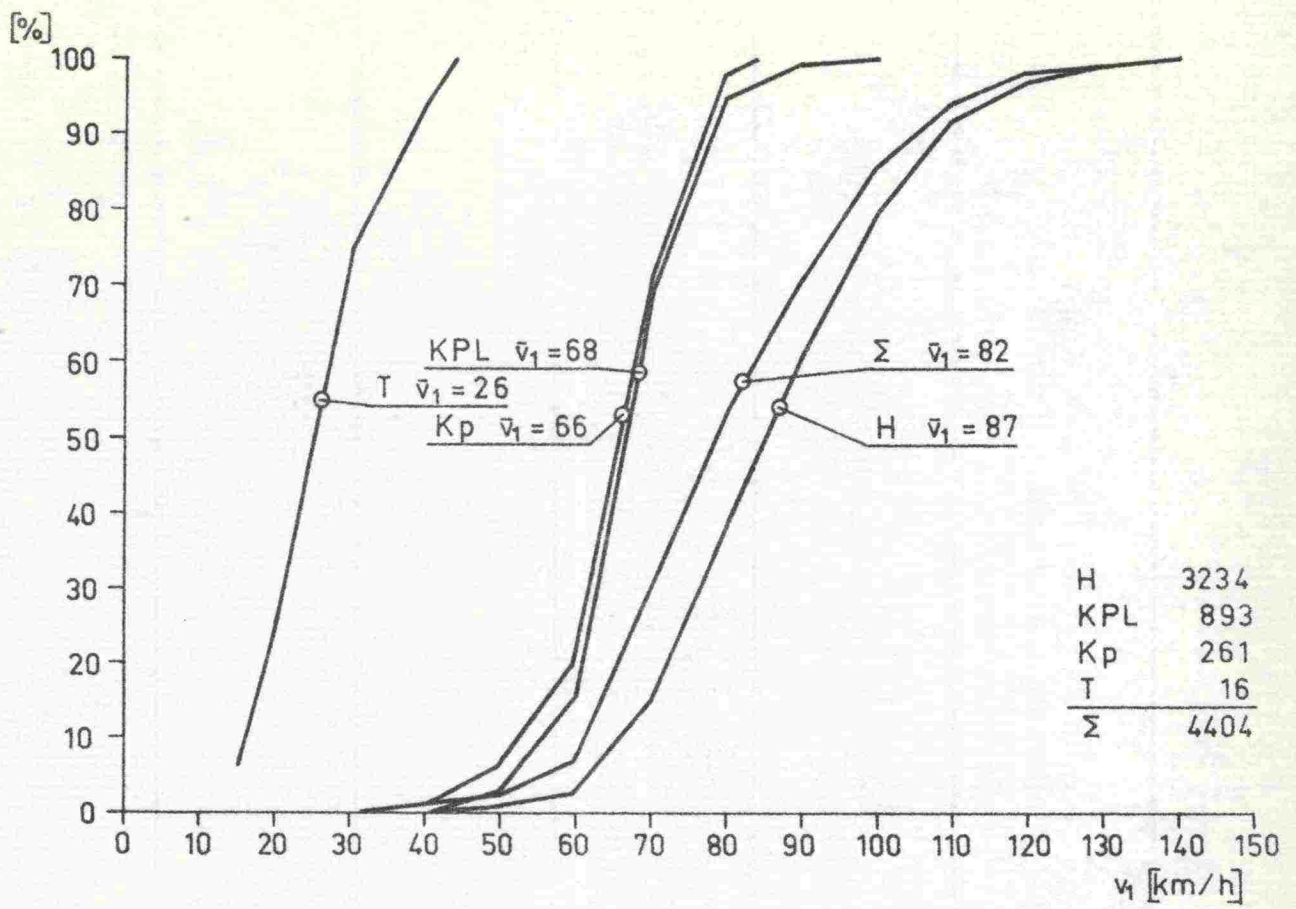
Tutkamittausten osalta on summakäyrät esitetty kuvissa 11-12 ja analysaattorimittausten osalta kuvissa 13-14. Koko aineistosta piirretyt summakäyrät ovat kuvissa 15-16. Kuvan 15 käyriä tarkastelemalla voidaan todeta, että ne vastaavat verraten hyvin normaalijakautumaa - pieniä ja suuria nopeuksia on vähän, mutta lähellä keskiarvoa olevia sensijaan runsaasti. Piirtämällä kaikkia ajoneuvoja ja henkilöautoja edustavat käyrät todennäköisyyspaperille nähtäisiin kuvaajien olevan likipitään suorina. Empiiristä jakautumaa voidaan näinollen käytännössä riittävän hyvin approksimoida normaalijakautumalla, kuten tutkimuksessa on tehtykin. Samaan tulokseen päästään myös  $\chi^2$ -testillä. Voidaan todeta, että havaintoarvot eivät ole ristiriidassa sen käsityksen kanssa, että poikkileikkausnopeudet noudattaisivat normaalijakautumaa ( $\chi^2(10) = 8,28 < 18,31$ ) (Lokki /24/). Yksityisellä mittauskerralla saadut havainnot saattavat sensijaan poiketa normaalijakautumasta.

Poikkileikkausnopeuksien keskiarvot ja keskihajonnat ovat n. 1 km/h suuremmat kuin ajonopeuksien. Edellisten summakäyrät kulkevat jälkimmäisten oikealla puolella lukuunottamatta aluetta 140-150 km/h, koska analysaattori sijoitti tähän nopeusluokkaan kuuluvat arvot välille 130-140 km/h ja yhtäläisyyden vuoksi tuloksia yhdisteltäessä myös tutkamittausten osalta meneteltiin samoin.

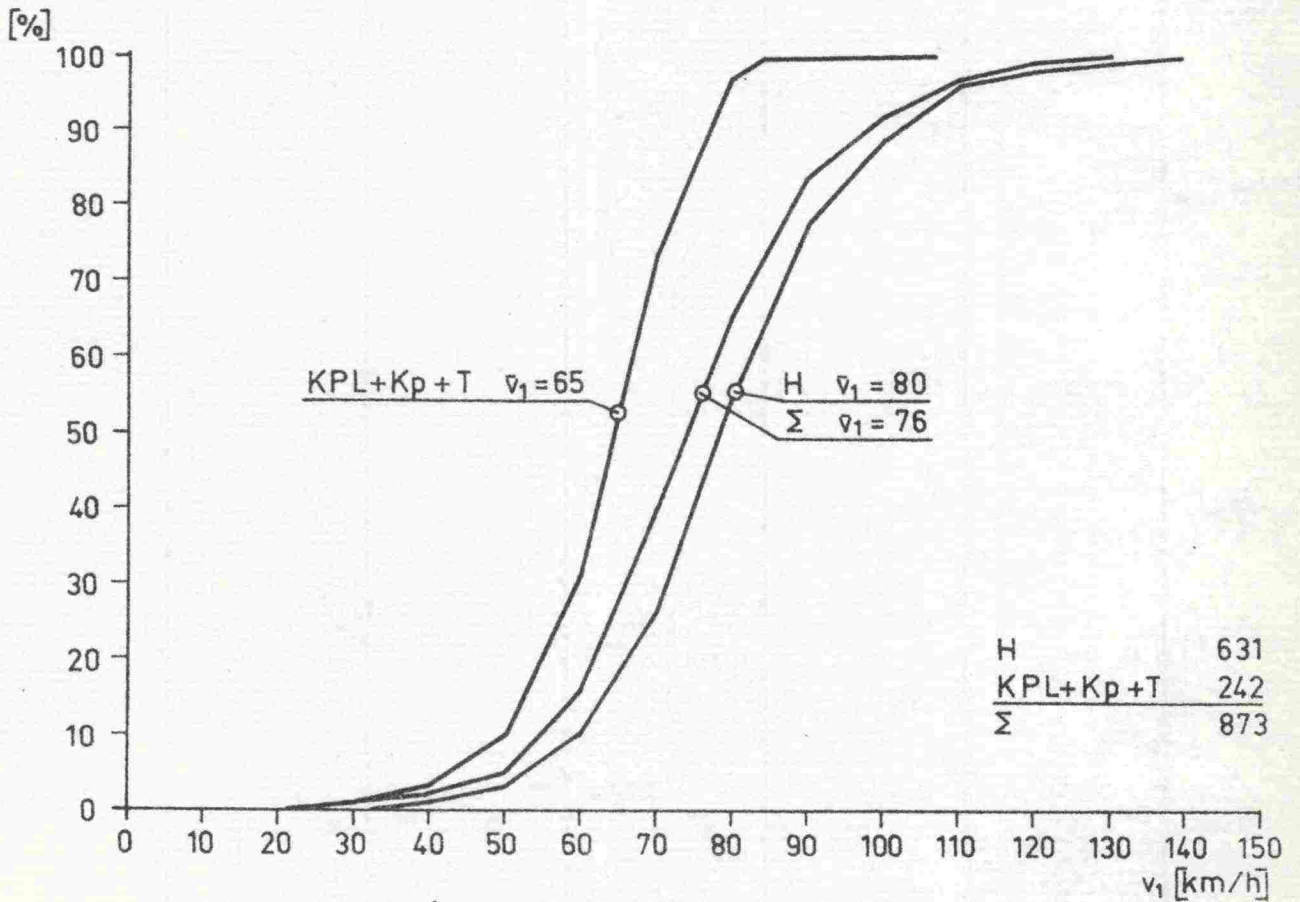
Mainittu pieni ero keskiarvojen välillä antaa aiheen olettaa, että sopivalta mittapisteen sijoituksella voitaisiin huomattavasti työläämmät ajonopeusmittaukset useissa tapauksissa korvata poikkileikkausnopeuksien mittauksilla. Tähän kysymykseen palataan vielä kohdassa 5.4.

#### 5.1.2. Nopeudet tieverkon eri osilla.

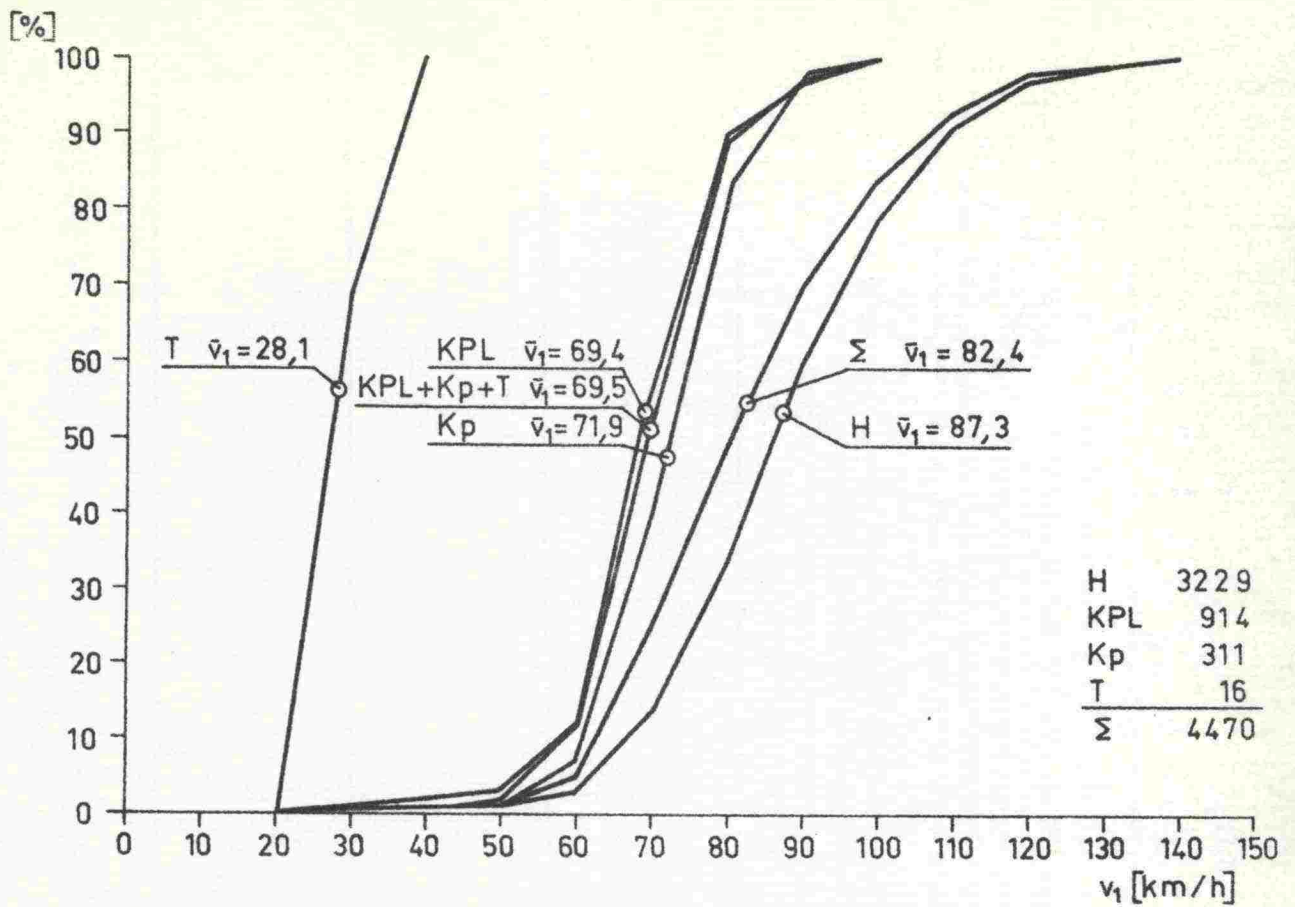
Koska mittavälejä ei ole voitu sijoittaa säännöllisin etäisyyksin eri tieosille - tähän oli osittain syynä mm. vuoden 1965 tienpäällystysohjelma, kuten jo aikaisemminkin on todettu - eikä mittauksia ole myöskään suoritettu täysin samanlaisissa olosuhteissa, on yhtenäisen kuvan luominen siitä, millaisin nopeuksin liikenne etenee eri osilla tieverkkoamme varsin vaikeata. Joitakin ai-



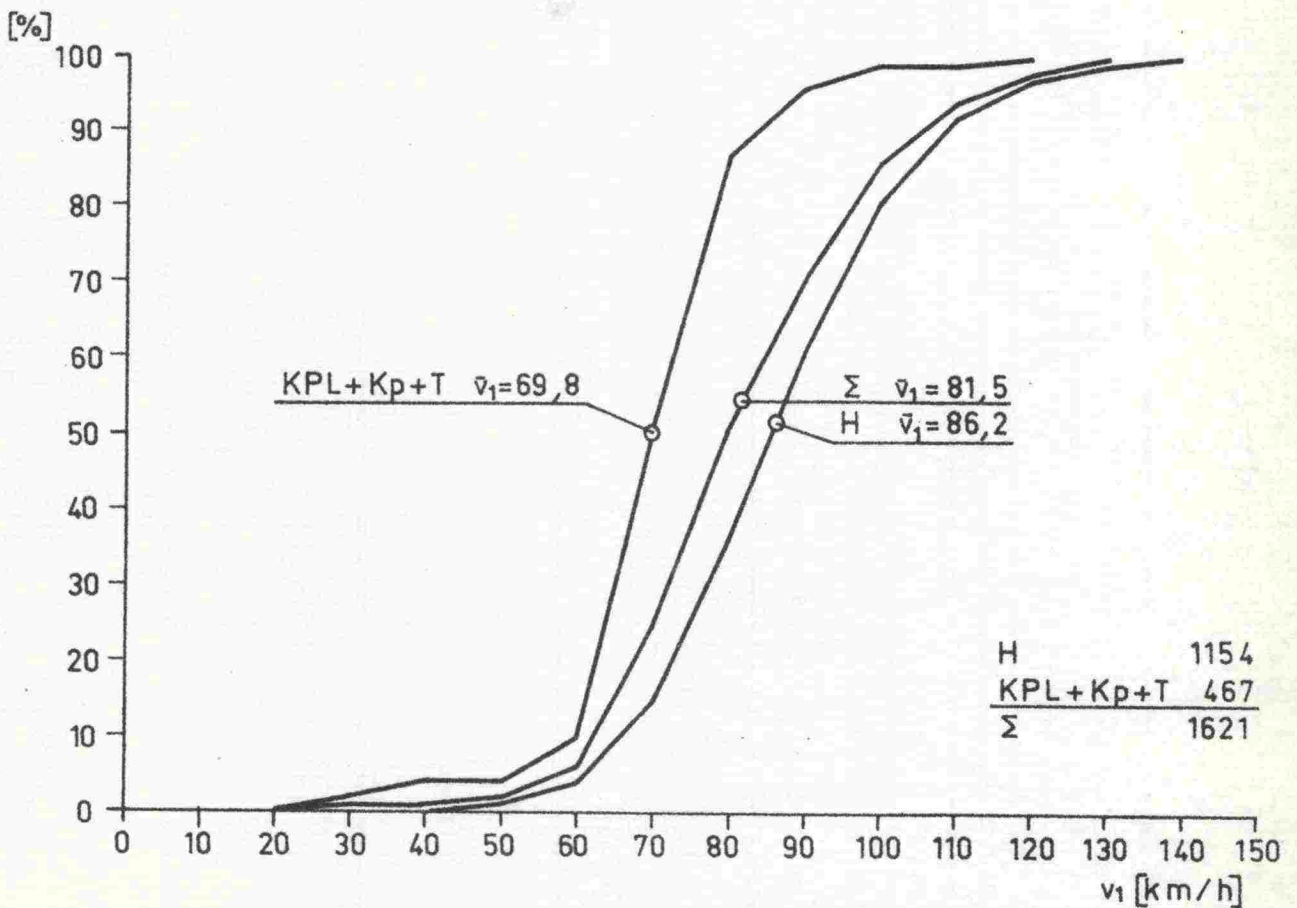
Kuva 11 Poikkileikkausnopeuksien summakäyrät, tutka, kuivat tienpinnat



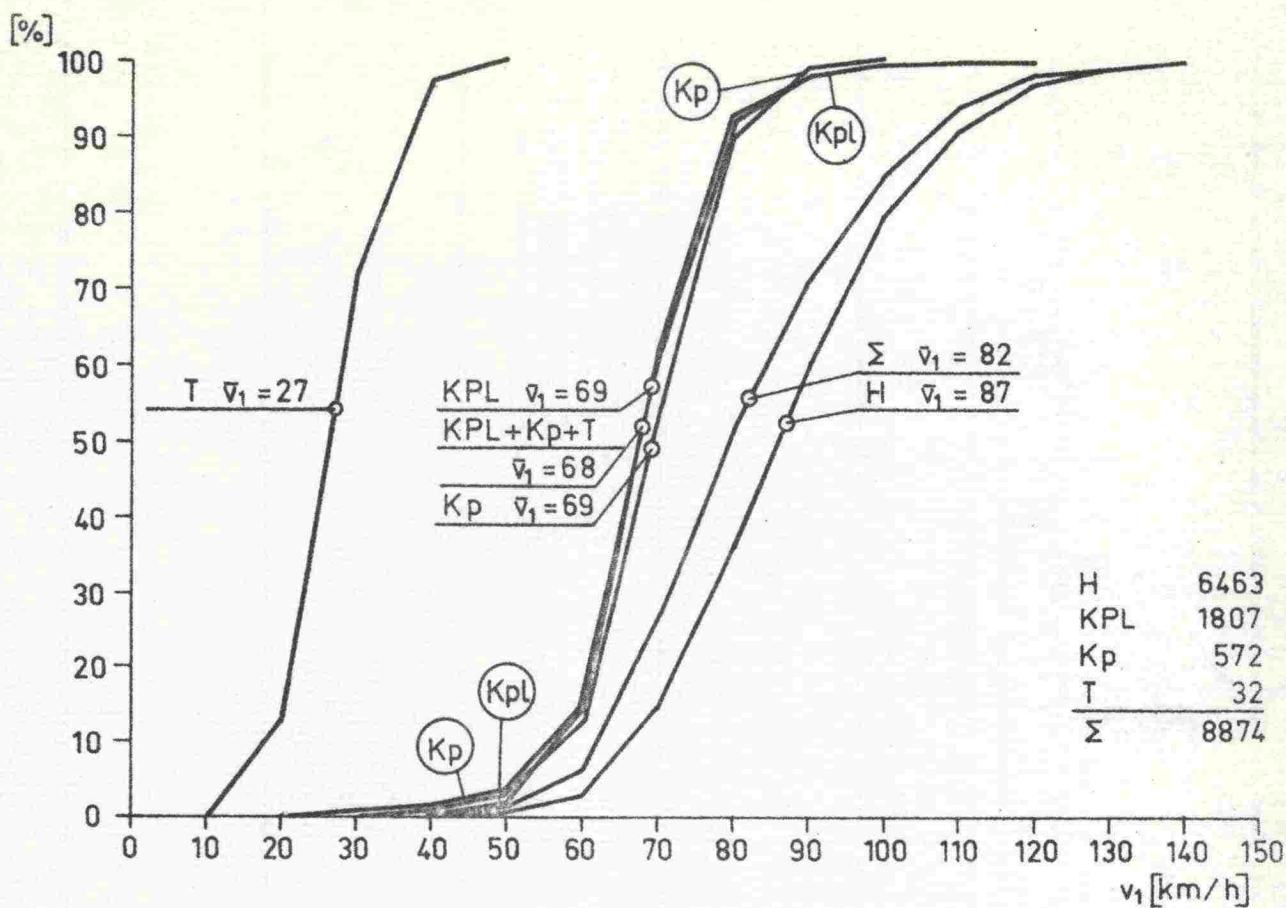
Kuva 12 Poikkileikkausnopeuksien summakäyrät, tutka, märät tienpinnat



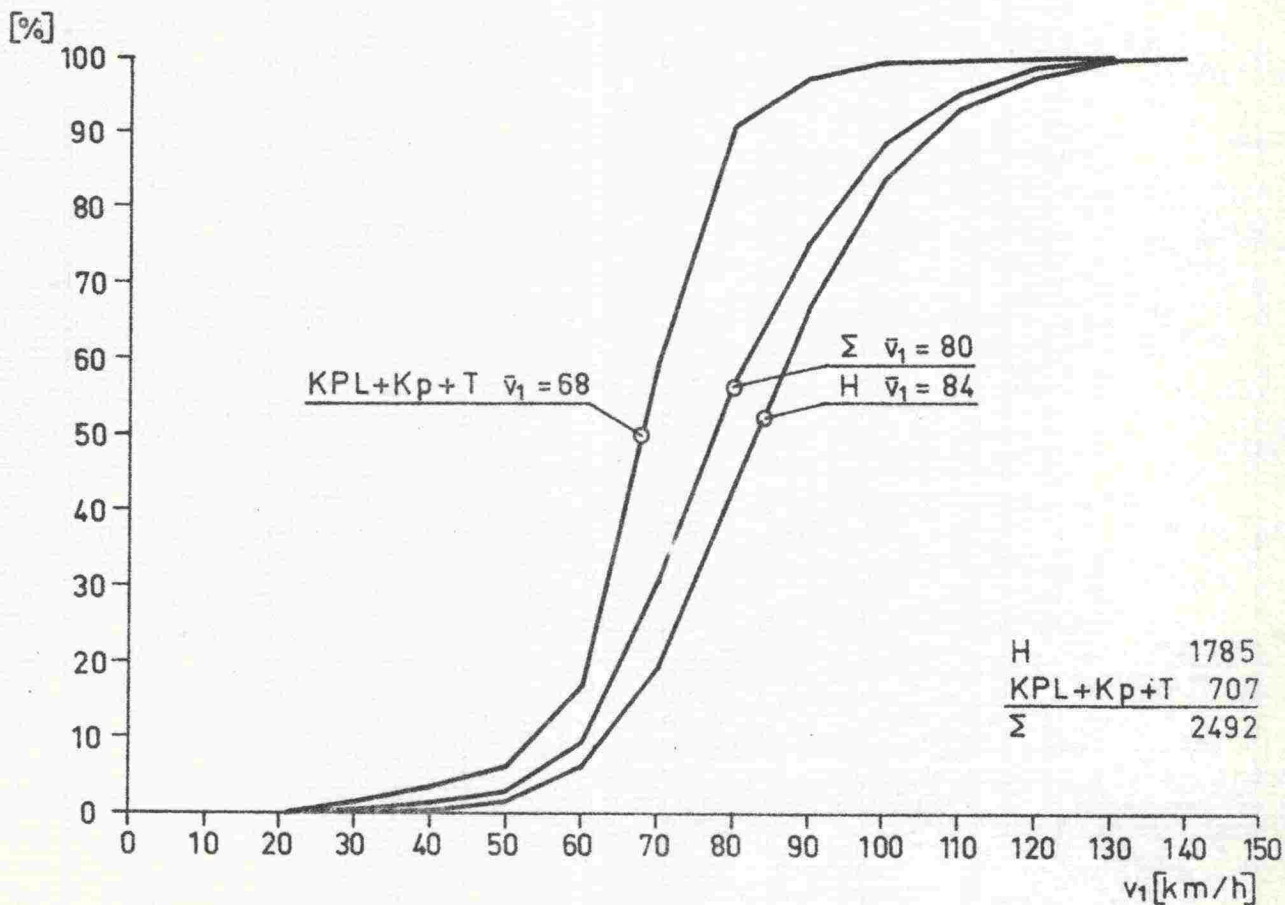
Kuva 13 Poikkileikkausnopeuksien summakäyrät, analysaattori, kuivat tienpinnat



Kuva 14 Poikkileikkausnopeuksien summakäyrät, analysaattori, märit tienpinnat



Kuva 15 Poikkileikkausnopeuksien summakäyrät, kuivat tienpinnat



Kuva 16 Poikkileikkausnopeuksien summakäyrät, märät tienpinnat

van ylimalkaisia näkemyksiä voitaneen tässä kuitenkin tuoda esiin. Kun vuoden 1961 tutkimuksessa saavutettiin suurimmat poikkileikkausnopeudet tieosilla Helsinki - Lauttakylä - Pori ja Lohjanharju - Salo, on nyt suurimmat poikkileikkausnopeudet mitattu tieosilla Taavetti - Lappeenranta ja Salo - Turku, mutta suurimmat ajonopeudet sensijaan tieosilla Helsinki - Hyvinkää ja Helsinki - Mäntsälä. Erot eivät ole suuria, minkä vuoksi näin suppean aineiston esittäminen graafisesti ei olisi edes mielekäästä. Ilman laajoja nopeudenmittauksia-kin saattaisi myöhemmin (kohdassa 5.3.) esitettävien mallien avulla kuitenkin olla mahdollista estimoida nopeuksia eri tieosilla tunnettaessa niiden tie- ja liikenneolosuhteet. Näin voitaisiin aikaansaada joko "nopeuskartta" tai "ajoaikakartta" koko tieverkon osalta.

5.2. Eri tekijöiden vaikutus ajonopeuteen ja poikkileikkausnopeuteen.

5.2.1. Ajoneuvo

5.2.1.1. Ajoneuvotyypit

Ajonopeudet

Taulukkoon 4 on koottu ajoneuvotyypeittäin yhteenveto ajonopeuksista.

Taulukko 4. Ajonopeudet ajon. tyypeittäin.

	Ajoneuvo	$\bar{v}_2$ km/h	$\bar{v}_{2,85}$ km/h	$s_2$ km/h	$\frac{s_2^2}{\bar{v}_2^2}$	$\epsilon_2$ km/h	$\bar{v}_{2s}$ km/h	$s_{2s}$ km/h	Hav.
Kuivat tienpin- nat	H	85,8	101,5	16,4	0,191	0,2	82,7	16,1	6196
	P	72,8	83,0	12,9	0,177	0,7	..	..	349
	L	67,8	75,0	9,5	0,140	0,6	..	..	256
	K	67,4	74,5	9,7	0,144	0,3	..	..	1399
	Kp	66,5	75,0	9,9	0,149	0,4	..	..	524
	T	24,6	30,5	6,1	0,248	1,2	..	..	25
	$\Sigma$	80,5	97,5	17,2	0,214	0,2	76,8	16,8	8749
Märät tienpin- nat	H	83,0	99,5	16,4	0,198	0,4	79,8	16,1	1540
	P	73,3	82,0	12,4	0,169	1,3	..	..	96
	L	69,7	78,0	9,2	0,132	1,2	..	..	62
	K	65,5	73,0	9,1	0,139	0,5	..	..	314
	Kp	65,2	73,5	8,8	0,135	0,9	..	..	100
	T	28,7	36,5	5,2	0,181	1,8	..	..	10
	$\Sigma$	78,5	95,9	16,8	0,214	0,4	74,9	16,5	2122

Henkilöautot ajavat keskimäärin kovempaa kuin muut ja myös huippuno-

peudet ovat tällä ryhmällä suurimmat. Seuraavina järjestyksessä ovat pakettiautot, linja-autot, kuorma-autot ja perävaunulliset kuorma-autot. Aivan omassa luokassaan ovat traktorit. Kirjoittajan v. 1960-61 suorittamissa poikkileikkausnopeuksien tutkimuksissa oli järjestys sama. Erot ovat kuitenkin nyt suuremmat huolimatta siitä, että kuorma-autojen suurimpia sallittuja ajonopeuksia nostettiin 1.1.1965 alkaen arvosta 60 km/h arvoon 70 km/h. Tämä johtuu ennenkaikkea henkilöautojen nopeuksissa tapahtuneesta voimakkaasta kasvusta. Kuivilla tienpinnoilla henkilöautot ajavat 13 km pakettiautoja, 18 km linja-, 18 km kuorma-, 19 km perävaunullisia kuorma-autoja ja 61 km traktoreita kovempaa tunnissa. Eri ajoneuvotyyppien nopeusjakautumat poikkeavat kuitenkin toisistaan siten, että Kp-ryhmän summakäyrä (kuva 9) kulkee välillä 65-80 km/h K-ryhmän käyrän oikealla puolella ja esim. 85 %-nopeus on Kp-ryhmällä hiukan suurempi. Kun Kp-ryhmässä esiintyy enemmän hyvin pienellä nopeudella mutta vähemmän hyvin suurella nopeudella ajavia kuin K-ryhmässä, saadaan jälkimmäisen ryhmän keskiarvo kuitenkin edellistä suuremmaksi.

Nopeuksien keskihajonnan absoluuttinen arvo on suurin kaikilla yhteensä, senjälkeen H-, P-, Kp-, K-, L- ja T-ryhmillä. Varianssikerroin 1. suhteellinen keskihajonta on suurin T-ryhmällä, sitten kaikilla yhteensä, H-, P-, Kp-, K- ja L-ryhmillä. Kuivilla teillä on varianssikerroin kaikilla ajoneuvoilla 0,21 ja henkilöautoilla 0,19.

Tieliikenneasetuksen 24 §:n mukaisia ajoneuvokohtaisia nopeusrajoituksia (liite 4) on ylitetty runsaasti. Kuivalla tienpinnalla on keskimäärin 56,2 % pakettiautoista, 46,9 % linja-autoista, 33,1 % kuorma-autoista ja 40,1 % perävaunullisista kuorma-autoista<sup>1</sup> ylittänyt nopeuden 70 km/h sekä 16,0 % traktoreista arvon 30 km/h. Märällä tienpinnalla ovat vastaavat luvut 56,2, 51,6, 27,4, 30,0 ja 30,0 %.

Tien ohjenopeuden mukaan jaoitettuina saadaan (kuivat ja märät tienpin-  
nat yhdessä) taulukko 5.

Perävaunulliset kuorma-autot oletettu tässä kaikki jarruin varustetuiksi.

Taulukko 5. Ajoneuvokohtaisten nopeusrajoitusten ylitysprosentti (ajonepeudet).

Ajon. tyyppi	P	L	K	Kp	T
Nop. raj.	70	70	70	70 <sup>1)</sup>	30
Ohjenop.					
30	12,6	0	2,1	0	0
50	50,5	38,9	31,1	25,4	0
60	58,5	52,8	36,6	32,6	0
70	45,9	41,9	26,7	37,0	0
80	57,9	54,8	31,6	40,1	35,7
90	73,7	56,3	37,8	40,3	0
100	63,0	51,0	32,4	50,0	22,2
Nop.raj. 90 km/h	56,4	51,4	32,6	12,9	-

Suhteellisesti eniten eli noin puolet ajoneuvoista on ylittänyt rajoituksen paketti- ja linja-autojen ryhmissä. Perävaunullisista kuorma-autoista on osa ilmeisesti 50 km/h nopeusrajoituksen alaisia, joten tämän ryhmän voidaan katsoa ylittäneen niille sallitun suurimman ajonopeuden selvästi useammin kuin tavallisten kuorma-autojen ryhmän. Tässä yhteydessä todettakoon kysymyksen olevan keskimääräisistä ajonopeuksista useiden kilometrien matkoilla. Poikkeileikkausnopeudet ovat vielä hiukan useammin ylittäneet sallitun arvon, kuten myöhemmin käy ilmi.

Tien standardin (ohjenopeuden) noustessa näyttävät ylitykset myös kasvavan kaikissa ajoneuvoryhmissä traktoreita lukuunottamatta. Pakettiautoja lukuunottamatta ylitykset olivat kuitenkin määrällisesti pieniä ja yleensä alle 10 km/h.

Kuivilla teillä nopeusrajoituksen 70 km/h ylitti enemmällä kuin 10 km/h 20,1 % pakettiautoista, 5,9 % linja-autoista, 4,3 % kuorma-autoista ja 4,4 % perävaunullisista kuorma-autoista, enemmällä kuin 20 km/h 7,4 % pakettiautoista, 1,6 % linja-autoista, 1,1 % kuorma-autoista ja 0,6 % perävaunullisista kuorma-autoista sekä enemmällä kuin 30 km/h 1,7 % pakettiautoista ja 0,9 % kuorma-autoista. Traktorit eivät ylittäneet niille sallittua 30 km/h enemmällä kuin 10 km/h yhdessäkään tapauksessa.

1) Perävaunulliset kuorma-autot oletettu tässä kaikki jarruin varustetuiksi.

Poikkileikkausnopeudet

Taulukoihin 6 ja 7 on koottu ajoneuvoluokittainen yhteenveto poikkileikkausnopeuksista.

Taulukko 6. Poikkileikkausnopeudet ajoneuvoluokittain, tutka- ja analysaattorimittaukset erikseen.

	Ajoneuvo	Tutka S 5						Analysaattori TA 3			
		$\bar{v}_1$ km/h	$v_1^{85}$ km/h	$s_1$ km/h	$\frac{s_1}{\bar{v}_1}$	$\epsilon_1$ km/h	$\bar{v}_1 s$ km/h	Havain- toja	$\bar{v}_1$ km/h	$v_1^{85}$ km/h	Havain- toja
Tie kuiva	H	87	104	17	0,195	0,3	84	3234	87	105	3229
	KPL	68	76	9	0,132	0,3	67	893	69	78	914
	Kp	66	75	8	0,121	0,5	65	261	72	81	311
	T	26	35	7	0,270	1,8	25	16	28	35	16
	$\Sigma$	82	99	18	0,220	0,2	78	4404	82	101	4470
Tie märkä	H	80	97	17	0,213	0,7	77	631	86	104	1154
	KPL	65	75	10	0,154	0,7	63	204	70	79	467
	Kp	62		11	0,178	1,8	60	38			
	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	$\Sigma$	76	91	17	0,224	0,6	72	873	81	99	1621

Taulukko 7. Poikkileikkausnopeudet ajoneuvoluokittain, aineisto yhdistettynä.

Ajoneuvo	Tienpinta kuiva			Tienpinta märkä		
	$\bar{v}_1$ km/h	$v_1^{85}$ km/h	Havaintoja	$\bar{v}_1$ km/h	$v_1^{85}$ km/h	Havaintoja
H	87	105	6463	84	101	1785
KPL	69	77	1807	..	..	570
Kp	69	79	572	..	..	125
T	27	45	32	..	..	14
KPL+Kp+T	68	78	2411	68	78	709
$\Sigma$	82	100	8874	80	97	2494

Henkilöautojen poikkileikkausnopeudet ovat keskimäärin suuremmat ja myös huippunopeudet ovat tällä ryhmällä suuremmat kuin muilla. KPL-ryhmän yhteiset nopeudet ovat keskimäärin samansuuruiset kuin Kp-ryhmän -paketti-autot ajavat kuitenkin ilmeisesti kovemmin ja kuorma-autot hitaammin, kuten ajonopeusmittausten yhteydessä todettiin. Kuivilla tienpinnoilla henkilöautot ajoivat keskimäärin 18 km/h kovemmin kuin paketti-, linja-, kuorma- ja perävaunulliset kuorma-autot sekä 60 km/h kovemmin kuin traktorit. Nopeuserot ovat likimain samat kuin ajonopeuksissa todetut.

Kuten ajonopeuksienkin osalta oli asianlaista, Kp-ryhmän summakäyrä



kulkee välillä 55-85 km/h KPL- ryhmän summakäyrän oikealla puolella ja 85 % nopeus on Kp- ryhmällä suurempi (kuva 15). Keskiarvojen yhtäsuuruus johtuu taaskin siitä, että Kp- ryhmissä on enemmän aivan pieniä ja vähemmän hyvin suuria nopeuksia kuin KPL- ryhmässä.

Tutkamittauksista saadut poikkileikkausnopeuksien keskihajonnat ovat suurimmat kaikilla ajoneuvoilla yhteensä, senjälkeen H-, KPL-, Kp- ja T- ryhmillä.

Varianssikerroin on suurin T- ryhmällä, sitten kaikilla yhteensä, H-, KPL- ja Kp- ryhmillä. Kuivilla teillä on varianssikerroin kaikilla ajoneuvoilla 0,22 ja henkilöautoilla 0,20.

Analysaattorimittauksista ei ole laskettu ajoneuvoryhmittäin keskihajontoja, mutta yksityisistä tutkimuksista lasketuista arvoista voidaan päätellä, että ne vastaavat tutkamittauksesta saatuja arvoja.

Poikkileikkausnopeudet ovat kaikkien ajoneuvoryhmien osalta keskimäärin n. 1-2 km/h suuremmat kuin ajonopeudet. Keskihajonnoissa ovat vastaavat erot kaikkien ajoneuvojen ja henkilöautojen osalta n. 0,5-1 km/h. Nopeuserojen pienuus osoittaa ajonopeuksien olleen verraten tasaisia koko mittavälien pituudella.

Ajonopeusmittausten kohdalla todettiin jo ajoneuvokohtaisia nopeusrajoituksia ylitetyn runsaasti. Poikkileikkausnopeuksien mittauksissa ei ryhmien P-, L- ja K tuloksia ole eroteltu. Kuivalla tienpinnalla on yhteensä 37,7 % paketti-, linja- ja kuorma-autoista ja 46,0 % perävaunullisista kuorma-autoista ylittänyt nopeuden 70 km/h sekä 28,1 % traktoreista nopeuden 30 km/h. Märällä tienpinnalla on yhdistetystä ryhmästä paketti-, linja-, kuorma-, peräv. kuorma-autot ja traktorit 41,0 % ylittänyt nopeuden 70 km/h. Perävaunullisista kuorma-autoista on tässäkin ilmeisesti osa 50 km/h nopeusrajoituksen alaisia, joten tämän ryhmän voidaan katsoa ylittäneen niille sallitun suurimman ajonopeuden selvästi useammin kuin tavallisten kuorma-autojen ryhmän. Ylitykset olivat kuitenkin määrällisesti pieniä ja yleensä alle 10 km/h. Kuivilla teillä nopeusrajoituksen 70 km/h ylitti enemmän kuin 10 km/h 7,3 % KPL- ryhmästä ja 9,6 % Kp- ryhmästä, enemmän kuin 20 km/h 2,1 % KPL- ryhmästä ja 1,2 % Kp- ryhmästä sekä enemmän kuin 30 km/h vain 0,5 % KPL- ryhmästä: Traktoreista ylitti 3,1 % hetkellisesti sallitun nopeutensa 30 km/h enemmän kuin 10 km/h. Kun tuloksia verrataan ajonopeusmittausten

tuloksiin, todetaan poikkileikkausnopeuksien ylittäneen sallitut arvot kuivalla tiellä Kp-ryhmän ja traktoreiden osalta selvästi useammin, mutta KPL-ryhmän osalta suunnilleen yhtä usein kuin ajonopeusmittauksissa.

Yhdistetyssä ryhmässä KPLKp tapahtuu poikkileikkausnopeuksien osalta ylityksiä n. 40 % kun vastaava luku ajonopeuksien osalta on n. 39 %. Ero ei ole kovin suuri ja osoittaa se puolestaan raskaiden ajoneuvojen ajonopeuksien olleen varsin tasaisia mittavälien koko pituudella.

Mainittakoon tässä yhteydessä, että vuosien 1960-61 poikkileikkausnopeuksien tutkimuksissa /41/ todettiin maanteillä 23,6 % pakettiautoista ja 12,6 % linja-autoista ylittäneen 70 km/h rajoituksen sekä 26,8 % kuorma-autoista ylittäneen silloin voimassa olleen rajan 60 km/h.

Verrattaessa näitä tietoja vuoden 1965 ajonopeustutkimuksiin havaitaan, että kuorma-autoista ylittävät korotetun nopeusrajoituksensa (70 km/h) nyt hiukan useammat - n. 1/3 - kuin korottamattoman rajoituksensa (60 km/h) aikaisemmin - n. 1/4. Nopeusrajoituksen ylittämisprosentin nousu on kuitenkin huomattavin niissä ajoneuvoryhmissä, joiden sallittuja nopeuksia ei ole korotettu, nimittäin paketti- ja linja-autojen. Kun pakettiautoista aikaisemmin vain n. 1/4 ylitti rajoituksen, on määrä nyt n. 1/2 - linja-autoilla vastaavat luvut ovat n. 1/8 ja n. 1/2. Näyttää siltä, että pakettiautojen ja linja-autojen nopeudet ovat nousseet suunnilleen saman verran kuin kuorma-autojen, vaikka edellisten sallittua nopeutta ei ole nostettukaan. Asianlaita osoittaa liikennevalvonnan riittämättömyyden maanteillämme.

Englannissa v. 1964 suoritetussa poikkileikkausnopeuden tutkimuksessa (Hughes, Coburn /13/) saatiin vastaavanlainen tulos: puolet kuorma-autoista ylitti niille määrätyn suurimman sallitun nopeuden 40 mi/h (64 km/h). Tutkimus käsitti yhteensä 7605 nopeudenmittausta Etelä-Englannin pääteillä.

#### 2.1.2. Automerkit ja -mallit

Henkilöautojen osalta suoritettiin poikkileikkausnopeusmittausten yhteydessä pistokokeenomaisesti eri automerkkeihin ja -malleihin kohdistuva tutkimus mittapisteissä M 5. 1655, M 5. 0905 ja U 55. 3115 sekä vertailupisteessä W IV (yhteensä 800 havaintoa).

Havaintoja on aivan liian vähän, jotta tuloksista voitaisiin mitään päätellä. Autojen vuosimallitiedot olivat niinkään puutteellisia. Tästä huolimatta on

taulukossa 8 erikoisuuden vuoksi kuitenkin esitetty tulokset 20 yleisemmin esiintyneen automerkin osalta (automerkkejä oli kaikkiaan n. 50).

Taulukon arvoista ei pidä vetää minkäänlaisia johtopäätöksiä eri automerkkien paremmuudesta, sillä myös kuljettajan haluama nopeus saattaa vaikuttaa asiaan ratkaisevasti.

Taulukko antaa kuitenkin selvän kuvan autokantamme kirjavuudesta, mikä osaltaan vaikuttaa varsin voimakkaasti liikennevirran käyttäytymiseen maanteillämme. Tämä seikka on otettava huomioon sovellettaessa esim. USA:ssa tehtyjen tutkimusten tuloksia meidän maassamme.

Taulukko 8. Eri henkilöautomerkkien poikkileikkausnopeudet pistoko-  
keessa.

Automerkki ja malli	Hav.	$\bar{v}_1$ km/h
BMC mini	26	76
Fiat 600-850, Neckar 770	18	75
Ford Anglia	41	74
Ford Cortina	19	91
Ford Taunus 17-20 M	38	88
Mercedes Benz 180-220	31	88
Moskwitsh	47	68
Opel Kadett	26	75
Opel Rekord	15	80
Peugeot 403-404	62	88
Renault	20	73
Simca	25	75
Škoda	23	67
VW 1200	121	75
VW 1500	16	88
Volga	15	79
Volvo PV 544, Amazon	34	82
Wartburg	15	79
Vauxhall	19	79

## 5.2.2. Tieolosuhteet

### 5.2.2.1. Tietyyppi

Tietyyppi määrätään tvl:n nykyisissä /37/ samoin kuin aikaisemmissakin normeissa tien teknillisen luokan, ajoradan ja pientareiden leveyden ts. tiepoikkileikkauksen mittojen sekä ajoradan päällysteen mukaan. Tutkimusaineiston rakennetut tiet on katsottava pääasiassa I luokan teiksi, mutta koska ne on kaikki tehty ennen nykyisten normaalimääräysten voimaantuloa, ei sanottujen määräysten mukaista tyyppijakoa voida sellaisenaan tässä tutkimuksessa

soveltaa. Tutkimuksessa esiintyvien tietyyppien voidaan kuitenkin katsoa vastaavan lähinnä normaalimääräysten tyyppejä I N-10/7 ja II N-8/7 sekä rakentamattoman tien U 55 osalta III N-6 (kuva 17).

Ajoradan leveys oli 7,0 metriä ja päällysteenä asfaltti lukuunottamatta neljää mittaväliä kolmestakymmenestä neljästä. Aikaisemmissa tutkimuksissa /41/ on käynyt ilmi, että hyväkuntoisilla öljysorateilla nopeudet ovat täysin verrattavissa kestopeitteisillä teillä saataviin arvoihin. Näin ollen ajoradan leveyden ja päällysteen vaikutus voitaisiin tässä tutkimuksessa jättää huomiotta. Ajonopeuksia koskevassa useamman muuttujan linearisessä regressioanalyysissä kävi ilmi, että ajoradan leveys oli 20 selittäjästä vasta 17. paras eikä se pystynyt mallia parantamaan, mikä oli täysin odotettavissakin. Poikkileikkauksnopeuksien regressioanalyysissä selittäjä asetui tosin 3. parhaaksi, mutta sen tehtävä oli vain korvata mallin vakiotermin.

Ajoradan leveyden vaikutuksen selvittämiseksi tarvittaisiinkin eri levyisillä ajoradoilla suoritettavia tutkimuksia.

Pientareen leveys vaihtelee ajonopeustutkimuksen aineistossa lukuunottamatta tietä U 55, jolla pientareita ei ole, 0,5-2,0 metriin keskiarvon ollessa kuivilla tienpinnoilla 1,00 m.

Linearisella regressioanalyysillä saadaan kuivilta tienpinnoilta mallit

$$\bar{v}_2 = 69,0 + 9,8 \cdot Y_4, \quad r = 0,70 \quad (21)$$

$$\bar{v}_2(H) = 73,5 + 10,5 \cdot Y_4, \quad r = 0,70 \quad (22)$$

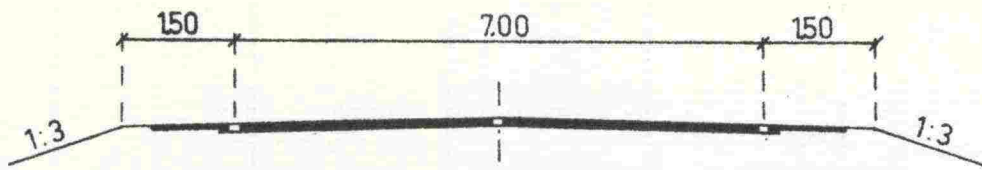
( $Y_4$  = pientareen leveys [m] mittavälillä).

Kuvasta 18, johon on merkitty myös vastaavat tietyyppien tunnukset, käyvät ilmi em. riippuvuudet. Käyttämällä potenssi- tai 2. asteen funktiota saataisiin huomattavasti pienemmät korrelatiokertoimet (0,4-0,5). Selitettäessä kaikkien ajoneuvojen nopeuksien keskihajontaa pientareiden leveyden avulla saataisiin edelleen malli

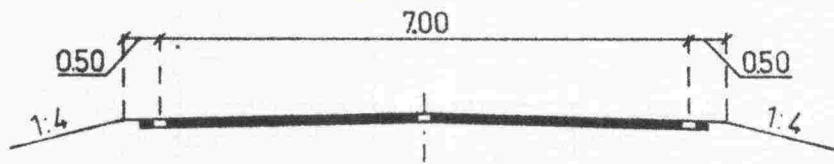
$$s_2 = 12,8 + 2,7 \cdot Y_4, \quad r = 0,56 \quad (21a)$$

Poikkileikkauksnopeuksien mittapisteissä ovat pientareiden leveydet ja niiden vaihtelut likimain samat kuin mittaväleilläkin keskiarvon ollessa kuivilla tienpinnoilla 1,28 m. Pientareen leveys mittapisteessä saattaa kuitenkin poiketa mittavälillä yleisesti vallitsevasta mitasta. Edelleen voivat sorapientareiden osalta leveydet olla erilaisia tien eri puolilla - tällöin on aina leveys otettu ajoradan oikealta puolelta. Regressioanalyysillä saadaan seuraavat mallit:

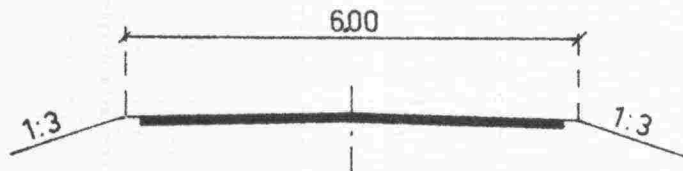
I N - 10/7



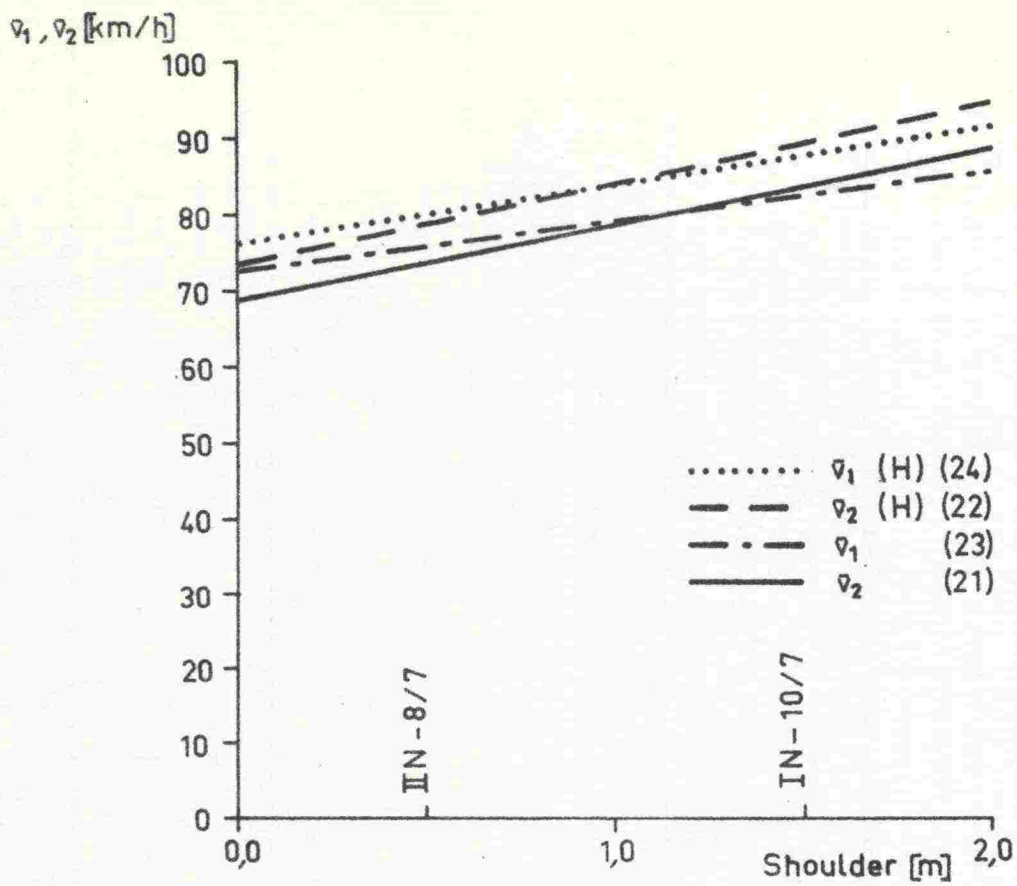
II N - 8/7



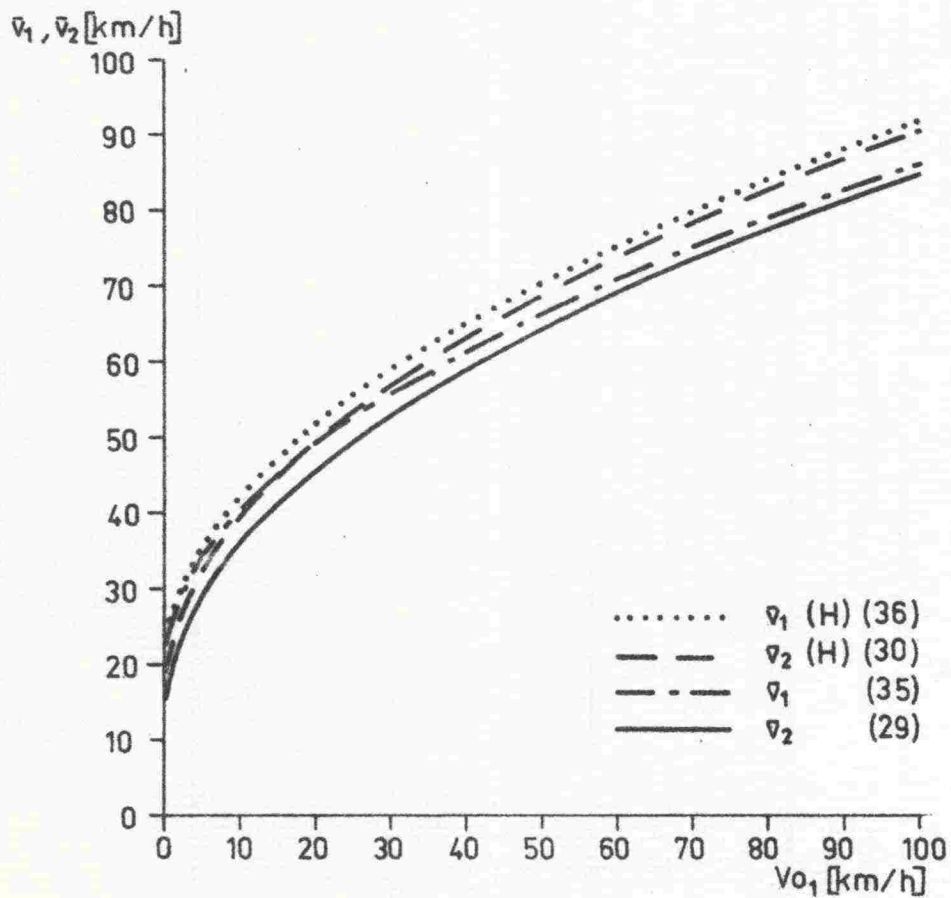
III N - 6



Kuva 17 Tvl:n normaalimääräysten mukaisia tietyypppejä



Kuva 18 Keskinopeuden riippuvuus pientareiden leveydestä



Kuva 19 Keskinopeuden riippuvuus tien yleisstandardin mukaisesta ohjenopeudesta

$$\bar{v}_1 = 72,5 + 6,5 \cdot X_4, \quad r = 0,42 \quad (23)$$

$$\bar{v}_1(H) = 76,2 + 7,6 \cdot X_4, \quad r = 0,46 \quad (24)$$

( $X_4$  = pientareen leveys [m] mittapisteessä).

Viimeksimainitut korrelatiokertoimet ovat melko pieniä, poiketen kuitenkin merkitsevästi nolasta.<sup>1</sup> Siitä huolimatta on mallien kuvaajat piirretty (kuva 18). Logaritmfunktion käyttö ei juuri parantaisi malleja ( $r = 0,4-0,5$ ), mutta tekisi ne hiukan epäkäytännöllisemmiksi.

Pientareen leveys selittää keskihajontaa seuraavasti:

$$s_1 = 14,4 + 1,8 \cdot X_4, \quad r = 0,38 \quad (23a)$$

Mittavälin pientareen leveys näyttää siis selittävän ajonopeuksia paremmin kuin mittapisteen pientareen leveys poikkileikkausnopeutta. Mallien korrelatiokertoimien ero on merkitsevä. Tämä antaa ehkä aiheen epäillä tien yleisen standardin vaikutuksen olevan paikallisia vaihteluita voimakkaamman. Leveämmin pientarein varustetuilla teillä esiintyvät suuremmat keskinopeudet lienevät selitettävissä sekä kasvaneen turvallisuudentunteen että parempien ohitusmahdollisuuksien avulla - haluttua nopeutta voidaan näin ylläpitää vapaammin. Kirjoittajan aikaisemmissa tutkimuksissa /41/ ei saatu mitään merkitseviä eroja erilaisia tienpinnan leveyksiä vastaaville keskinopeuksille. Kirjallisuudessa - mm. tietaloudellisten laskelmien yhteydessä - yleensä oletetaan tällainen riippuvuus olemassa olevaksi. Asian perusteellisemmaksi selvittämiseksi olisi suoritettava tutkimuksia erilaisilla tietyyypeillä, mutta muuten - liikenteen osalta - samanlaisissa olosuhteissa.

Pengerluiskan kaltevuus kytkeytyy elimellisesti tietyypeihin (kuva 17). Tutkimuksessa on jo aikaisemmin mainituista syistä kaltevuudet kuitenkin aina erikseen mitattu. Pengerkaltevuus vaihtelee ajonopeustutkimuksen aineistossa 0,20-0,50 keskiarvon ollessa kuivien tienpintojen osalta 0,34. Loivempi luiska liittyy yleensä muutenkin korkeampiluokkaiseen tiestandardiin, joten sen vaikutusta lienee vaikea erikseen määrätä. Jakamalla aineisto kuivien tienpintojen osalta, josta kattonopeudet ja tien U 55 havainnot on poistettu, luiskakaltevuuksiin 0,20-0,33 ja 0,50 ja pitämällä kutakin mittauskertaa yhtenä havaintona on siitä laskettu keskiarvot ja -hajonnat. Loiville luiskille saadaan  $\bar{v}_2 = 81,3$  km/h ja jyrkille  $\bar{v}_2 = 77,5$  km/h eron ollessa merkitsevä ( $t = 3,06$ ,

<sup>1</sup> Kaavasta (17) saadaan, kun  $n = 55$ :  
 $r = 0,27$  melkein merkitsevä;  $r = 0,35$  merkitsevä ja  $r = 0,44$  erittäin merkitsevä

f=50). Ero johtuu kuitenkin ilmeisesti muista tekijöistä. Linearisella regressioanalyysillä kaikkien ajoneuvojen osalta luiskakaltevuus on vasta 15. paras 20 selittäjästä, eikä se enää paranna mallia.

Kun leikkaukset ja penkereet vaihtelevat yleensä pitemmillä matkoilla, ei ajonopeuksien yhteydessä ole luiskakaltevuuden vaikutukseen enempää puututtu. Poikkileikkausnopeuksien osalta on luiskan vaikutusta sensijaan pyritty hiukan perusteellisemmin tutkimaan. Mittapisteissä on mitattu sekä pengerkaltevuus että leikkausten kohdalla (5 tapausta) ns. sisäluiskan kaltevuus. Kaltevuus vaihtelee 0,20-0,67 (kaide) keskiarvon ollessa kuivilla tienpinnoilla 0,36. Kun pengerkaide kirjoittajan käsityksen mukaan vaikuttaa nopeuksiin enemmän kuin itse luiskan kaltevuus, on näiden mittauskertojen (kuivilla tienpinnoilla kolme ja märillä kaksi kertaa) osalta regressioanalyysiä varten mielivaltaisesti merkitty kaltevuudeksi 1,00 kaltevuuden 0,67 sijasta.

Jakamalla poikkileikkausnopeudet ilman kattonopeus- ja tien U 55 arvoja kuivien tienpintojen osalta luiskakaltevuuden mukaan kahteen ryhmään saadaan seuraavanlainen tulos: luiskan kaltevuus 0,20-0,33  $\bar{v}_1 = 83,3$  km/h ja 0,50-1,00  $\bar{v}_1 = 80,1$  km/h. t-testillä ei keskiarvojen erolle kuitenkaan saada minkäänlaista merkitsevyyttä ( $t = 1,93$ ,  $f = 48$ ). Usean muuttujan regressioanalyysissä luiskakaltevuus osoittautuisi 2. parhaaksi kaikkien ajoneuvojen ja 8. parhaaksi henkilöautojen nopeuksien selittäjäksi 20 joukosta parantaen edellisessä tapauksessa mallia osaltaan. Luiskakaltevuuden erillisvaikutus poikkileikkausnopeuksiin käy ilmi seuraavista malleista, vaikka korrelatiokertoimet ovatkin kovin pieniä:

$$\bar{v}_1 = 73,8 - 14,4 \cdot \log X_5, \quad r = 0,40 \quad (25)$$

$$\bar{v}_1(H) = 79,4 - 13,4 \cdot \log X_5, \quad r = 0,34 \quad (26)$$

( $X_5$  = luiskakaltevuus mittapisteessä [-]).

Suoraviivaisten mallien korrelatiokertoimet olisivat vieläkin pienemmät. Keskihajontaa kuvaavan mallin korrelatiokerroin on mitätön (0,15). Mallit antavat kuitenkin viitteen siitä suunnasta, johon luiskien loiventaminen vaikuttaa. Tietyyppiin tai ehkä paremminkin maastotyyppiin liittyy tavallaan myös kysymys tien penkereistä ja leikkauksista. Tutkimusaineistossa leikkaussyvyys vaihtelee välillä 0-6 m ja pengerkorkeus 0-3 m vastaavien keskiarvojen ollessa kuivilla tienpinnoilla 0,3 m ja 1,2 m. Kun kattonopeusarvot, jotka kaikki mitattiin leikkausten kohdalla ja



tien U 55 mittaukset jätetään pois, on kuivilla teillä 43 tapauksessa mitattu poikkileikkausnopeus penkereen, 5 tapauksessa leikkauksen ja 2 tapauksessa ns. 0-tasauksen kohdalla. Leikkausten kohdalta saadaan keskiarvoksi  $\bar{v}_1 = 80,8$  km/h ja penkereiden  $\bar{v}_1 = 82,3$  km/h. Erolla ei ole merkitsevyyttä ( $t = 0,5$ ,  $f = 46$ ). Regressioanalyysillä ei myöskään saada merkitsevästi nolasta poikkeavaa korrelatiokerrointa malleille, joissa leikkaussyvyys tai pengerkorkeus on yksinään selittäjänä. Usean muuttujan analyysissä sensijaan leikkaussyvyys on 10. ja pengerkorkeus 4. paras kaikkien ajoneuvojen nopeuksien selittäjä parantaen jälkimmäisessä tapauksessa mallia hiukan. Penger- ja leikkauskorkeuksien mahdollista vaikutusta nopeuksiin ei ole kuitenkaan tässä yhteydessä saatu selville. Asian tutkimiseksi tarvittaisiin tuloksia tasaisemmin jakautuneilta, vaihtelevilta penger- ja leikkauskorkeuksilta.

#### 5.2.2.2. Ohjenopeus

Tietyypin ohella ohjenopeus on tvl:n normaalimääräysten /37/ mukaan tärkein suunnittelustandardin ilmaisija. Valtioneuvoston teknillisten ohjeiden /42/ mukaan ohjenopeus määrää tien linjauksessa käytettävät minimielementit, joita laskettaessa lähtökohtana on pidetty märkää asfalttipintaa vastaavia kitkan arvoja. Tutkituista teistä suurin osa on rakennettu ennen ohjenopeuskäsitteen käyttöön ottoa Suomessa nykyisessä muodossaan. Tiesuunnitelmassa määrättyä ohjenopeutta voitaisiinkin käyttää vain osalla tutkimuskohteita eivätkä nekään olisi täysin vertailukelpoisia. Teiden ohjenopeudet on sen vuoksi pyritty selvittämään muilla tavoilla.

Tien yleisstandardin mukainen ohjenopeus  $V_{o1}$ .

Tvl:n toimesta on suoritettu näkövälimittauksia, joiden perusteella teiden sulkuviivat on maalattu. Koska kriteriona on yleensä ollut ohjenopeutta vastaava kohtaamisnäkemä,<sup>1</sup> on ohjenopeus täytynyt vanhempienkin teiden kohdalla määrittää - tämä on tosin tapahtunut melko väljissä puitteissa. Tie- ja vesirakennuspiireille osoittamaani tiedusteluun tulleista vastauksista saakin aluksi sen käsityksen, että jako olisi liian karkea - se osoittautuu kuitenkin verraten hy-

<sup>1</sup> Kohtaamisnäkemä = pysähtymisnäkemän kaksinkertainen arvo. Itse asiassa olisi liikenneturvallisuuden kannalta oikeammin maalata sulkuviivat ohitusnäkemien mukaan. - Tämä olisi useampien teiden osalta kuitenkin johtanut melkein pä jatkuvaan sulkuviivaan. Kohtaamisnäkemä toisaalta vastaa eräänlaista reduoitua ohitusnäkemää.

väksi, kuten myöhemmin huomataan. Annetut ohjenopeudet nimittäin vaihtelevat vain välillä 80-100 km/h lukuunottamatta tietä U 55, jolle ei ole ohjenopeutta lainkaan määrätty. Regressioanalyysissä on vastaavana ohjenopeuden arvona vm. tiellä käytetty 50 km/h. Taulukossa 9 on esitetty eri ohjenopeuksia vastaavat ajonopeuskeskiarvot. Suurimmat nopeudet esiintyvät ohjenopeudella 90 km/h - havaintoja on tosin tässä ryhmässä varsin vähän. 100 km/h ohjenopeudella on saavutettu keskimäärin 2,5 km/h suuremmat nopeudet kuin ohjenopeudella 80 km/h. t-testillä voidaan todeta, että ero on tilastollisesti erittäin merkitsevä ( $t = 5,658$ ,  $f = 58$ ).

Taulukko 9. Ajonopeuden riippuvuus tien yleisstandardin mukaisesti ohjenopeudesta (kuivat ja märät tienpinnat).

Ohjenopeus $V_{o_1}$ [km/h]	Ajonopeus $\bar{v}_2$ [km/h]	Mittauskertoja
80	78,8	42
90	84,7	4
100	81,3	18

Seikka, että ohjenopeudella 90 km/h on saavutettu 3,4 km/h suuremmat nopeudet kuin ohjenopeudella 100 km/h, on johtunut pelkästään sattumasta ( $t = 1,356$ ;  $f = 20$ ).

Ohjenopeudella 90 km/h saavutettu 5,9 km/h nopeusero ohjenopeuteen 80 km/h verrattuna on tilastollisesti melkein merkitsevä ( $t = 2,409$ ;  $f = 44$ ).

Linearisella regressioanalyysillä on saatu seuraavanlaiset mallit:

$$\bar{v}_2 = 45,9 + 0,392 \cdot Y_{13}, \quad r = 0,73 \quad (27)$$

$$\bar{v}_2(H) = 49,3 + 0,413 \cdot Y_{13}, \quad r = 0,73 \quad (28)$$

( $Y_{13}$  = tieosan yleisstandardin mukainen ohjenopeus [km/h]).

Riippuvuus on kuitenkin tunnetusti käyräviivainen - se nähtäisiin jo sijoittamalla havainnot koordinaatistoon. Varsin luonnolliselta tuntuisivat joko potenssi- tai neliöjuurifunktio. Molemmat antavatkin suunnilleen yhtä hyvän korrelation.

Käytännöllisistä syistä on tähän otettu vain jälkimmäinen:

$$\bar{v}_2 = 14,2 + 7,08 \cdot Y_{13}^{1/2}, \quad r = 0,75 \quad (29)$$

$$\bar{v}_2(H) = 15,6 + 7,49 \cdot Y_{13}^{1/2}, \quad r = 0,75 \quad (30)$$

Ottamalla samanaikaisesti mukaan sekä Y että  $Y^{1/2}$  korrelatiokertoimet hiukan nousevat, mutta mallit tulevat muodoltaan luonnottomiksi:

$$\bar{v}_2 = -174,2 - 2,506 \cdot Y_{13} + 50,74 \cdot Y_{13}^{1/2}, \quad r = 0,82 \quad (31)$$

$$\bar{v}_2(H) = -210,6 - 3,010 \cdot Y_{13} + 59,92 \cdot Y_{13}^{1/2}, \quad r = 0,84 \quad (32)$$

Toisen asteen funktio antaisi huomattavasti heikommat korrelatiotertoimet.

Edelläolevat mallit voidaan todeta ohjenopeuksissa käytetystä karkeasta jaosta huolimatta varsin hyviksi. Käytännöllisistä syistä on kuitenkin vain mallit (29-30) valittu edustamaan tätä ryhmää (kuva 19) - korrelatiokertoimien eroilla ei olekaan mitään merkitsevyyttä.

Poikkileikkausnopeuksien regressioanalyysistä saadaan vastaavasti mallit:

$$\bar{v}_1 = 49,5 + 0,365 \cdot X_{13}, \quad r = 0,74 \quad (33)$$

$$\bar{v}_1(H) = 51,7 + 0,399 \cdot X_{13}, \quad r = 0,76 \quad (34)$$

( $X_{13}$  = tieosan yleisstandardin mukainen ohjenopeus [km/h]).

Logaritmi- ja neliöjuurifunktiot antavat jokseenkin samansuuruiset korrelatiokertoimet. Tässäkin yhteydessä on tyydytty vain jälkimmäisen esittämiseen:

$$\bar{v}_1 = 20,2 + 6,57 \cdot X_{13}^{1/2}, \quad r = 0,77 \quad (35)$$

$$\bar{v}_1(H) = 19,7 + 7,18 \cdot X_{13}^{1/2}, \quad r = 0,78 \quad (36)$$

Ottamalla mukaan sekä  $X$  että  $X^{1/2}$  korrelatiokertoimet hiukan nousevat, mutta mallit tulevat taaskin hankalan muotoisiksi:

$$\bar{v}_1 = -139,3 - 2,116 \cdot X_{13} + 43,52 \cdot X_{13}^{1/2}, \quad r = 0,81 \quad (37)$$

$$\bar{v}_1(H) = -158,1 - 2,358 \cdot X_{13} + 48,35 \cdot X_{13}^{1/2}, \quad r = 0,84 \quad (38)$$

Mallit (35-36) on katsottu näistä käytännöllisimmiksi (kuva 19), - korrelatiokertoimien eroilla ei olekaan mitään merkitsevyyttä. Poikkileikkausnopeus näyttää siis olevan yhtä hyvä selitettävä kuin ajonopeus tieosan yleisstandardin mukaisen ohjenopeuden ollessa selittäjänä. Tämä luonnollisesti edellytyksellä, että mittapiste on valittu suunnilleen mittavälin standardia vastaavalta tienkohdalta. Havainto on sikäli mielenkiintoinen, että se osoittaa poikkileikkausnopeusmittausten käyttökelpoisuutta ajonopeusmittausten sijasta tietyissä olosuhteissa.

Minimielementtien mukainen ohjenopeus  $V_{o_2}$ .

Tiheämmän jaon aikaansaamiseksi kirjoittaja on määrittänyt mittavälien ohjenopeudet niillä olevien minimielementtien, vaakatason kaarresäteen ja/tai kohtaamisnäkemän mukaan noudattaen Valtioneuvoston teknillisissä ohjeissa /42/ esitettyä periaatetta. Ohjenopeudet vaihtelevat näin menetellen yleensä 50-100 km/h lukuunottamatta tietä U 55, jonka ohjenopeus on lähinnä 30 km/h.

Taulukossa 10 on esitetty ajonopeuksien osalta eri ohjenopeuksia vastaavat arvot, kattonopeudet omassa ryhmässään. Tutkimus 8. on poistettu aineistosta.

Nopeuskeskiarvot nousevat varsin selvästi ohjenopeuden kasvaessa, samoin keskihajonta. Henkilöautojen nopeudet eivät kuitenkaan näytä nousevan enää ohjenopeuden 60 km/h eivätkä kaikkien ajoneuvojen 70 km/h yläpuolella ts. ohjenopeusalueella 60 (70) - 100 km/h ajetaan suunnilleen samoilla nopeuksilla. Näyttäisi näin ollen jopa epätaloudelliselta suunnitella teitä korkeampaa nopeusstandardia kuin 60-70 km/h silmälläpitäen. Kuitenkin on heti todettava, että suurien nopeuksien käyttäminen alhaisen suunnittelustandardin yhteydessä tapahtuu liikenneturvallisuuden kustannuksella.

Ohjenopeuden ylittämisprosentti sekä 85-prosenttinen nopeus kaikkien ajoneuvojen ja henkilöautojen osalta nähdään taulukosta 11a ja kuvasta 20. Havaitaan, että alemmilla ohjenopeuksilla tämä nopeus ylitetään miltei aina. Vielä ohjenopeuden 80 km/h kohdalla on ylitysprosentti kaikkien ajoneuvojen osalta 49 ja henkilöautojen 66. Kattonopeuden on ylittänyt 9,3 % kaikista ja 13,8 % henkilöautoista. Ohjenopeuden ylitykset olivat myös määrällisesti huomattavia ja yleensä yli 10 km/h. Taulukosta 11 b nähdään ylitysten suhteellinen jakautuma eri ohjenopeuksilla. Henkilöautojen osalta voidaan todeta, että 60 km/h ohjenopeudella on ylityksistä 10 % välillä 0-10 km/h, 29 % välillä 10-20 km/h, 24 % välillä 20-30 km/h ja vielä 20 % välillä 30-40 km/h. 80 km/h ohjenopeudella vastaavasti 26 % välillä 0-10 km/h, 46 % välillä 10-20 km/h, 18 % välillä 20-30 km/h ja 7 % välillä 30-40 km/h. 100 km/h ohjenopeudella on ylityksistä 56 % välillä 0-10 km/h, 26 % välillä 10-20 km/h, 12 % välillä 20-30 km/h ja 3 % välillä 30-40 km/h.

Taulukko 10. Ajonepeuden riippuvuus tien minimelementtien mukaisesta ohjenopeudesta, kuivat ja märät tienpinnat.

Ajoneuvo	$V_{o_2} = 30 \text{ km/h}$			$V_{o_2} = 50 \text{ km/h}$		
	$\bar{v}_2 \text{ km/h}$	$s_2 \text{ km/h}$	Hav.	$\bar{v}_2 \text{ km/h}$	$s_2 \text{ km/h}$	Hav.
H	62,9	9,8	246	80,1	14,6	1534
P	60,3	8,0	35	70,2	10,6	103
L	48,5	8,0	15	64,7	9,9	90
K	54,6	7,0	94	66,2	10,0	482
Kp	52,4	9,5	2	62,2	10,9	122
T	19,4	4,0	6	27,2	1,8	5
$\Sigma$	59,5	11,1	398	75,1	15,1	2336
	$V_{o_2} = 60 \text{ km/h}$			$V_{o_2} = 70 \text{ km/h}$		
H	86,1	17,5	607	85,9	16,6	1106
P	73,9	11,3	41	71,3	9,7	61
L	69,3	7,6	36	68,9	7,9	43
K	67,5	7,9	172	66,9	9,2	150
Kp	67,8	10,1	43	66,8	7,8	73
T	19,9	1,7	2	26,1	3,4	2
$\Sigma$	80,3	17,5	901	81,8	17,1	1435
	$V_{o_2} = 80 \text{ km/h}$			$V_{o_2} = 90 \text{ km/h}$		
H	86,7	16,0	2279	85,6	17,3	592
P	73,9	14,1	140	73,4	7,0	19
L	68,9	7,9	84	73,1	12,4	16
K	67,2	10,7	474	68,2	8,2	74
Kp	65,2	10,8	192	69,4	6,0	62
T	25,7	7,9	14	24,8	3,9	3
$\Sigma$	81,2	17,4	3183	81,8	17,4	766
	$V_{o_2} = 100 \text{ km/h}$			Nopeusrajoitus 90 km/h		
H	87,1	16,9	1618	81,3	11,3	528
P	75,6	15,6	81	69,1	8,4	39
L	70,0	10,7	49	68,9	8,0	35
K	67,6	8,9	361	66,9	8,5	184
Kp	69,3	7,6	132	64,8	9,9	31
T	26,7	5,6	9	0	0	0
$\Sigma$	81,9	17,7	2250	76,3	12,4	817

Taulukko 11a. Ohjenopeuden ylittämisprosentti.

Ohjenop.	Kaikki ajoneuvot		Henkilöautot	
	Ylitys-%	$V_2 \text{ 85 km/h}$	Ylitys-%	$V_2 \text{ 85 km/h}$
30	98,2	69	99,6	73
50	96,4	91	98,4	95
60	93,6	97	96,7	102
70	75,3	98	87,4	101
80	49,0	99	66,1	103
90	28,1	99	35,8	102
100	14,9	100	20,3	104
Nop. raj. 90 km/h	9,3	88	13,8	90

<sup>1</sup> Näiden tieosien ohjenopeudet 70 ja 90 km/h eli keskimäärin 80 km/h.

Taulukko 11b. Ylitysten jakautuma eri ohjenopeuksilla.

Ylitys km/h	Ohjenopeus km/h					
	60		80		100	
	Henkilö- autot %	Kaikki ajo- neuvot %	Henkilö- autot %	Kaikki ajo- neuvot %	Henkilö- autot %	Kaikki ajo- neuvot %
> 0	96.7	93.6	66.1	49.0	20.3	14.9
> 10	87.0	71.9	49.2	28.7	9.0	6.6
> 20	59.3	42.1	19.0	13.9	3.8	2.8
> 30	36.2	25.0	7.1	5.3	1.4	1.1
> 40	16.6	11.4	2.3	1.8	0.7	0.6
> 50	7.7	5.3	1.0	0.8	0.2	0.2
> 60	3.1	2.2	0.4	0.4	-	-
> 70	1.6	1.1	-	-	-	-

Linearisella regressioanalyysillä on saatu seuraavanlaiset mallit:

$$\bar{v}_2 = 61,8 + 0,240 \cdot Y_{14}, \quad r = 0,72 \quad (39)$$

$$\bar{v}_2(H) = 66,0 + 0,253 \cdot Y_{14}, \quad r = 0,71 \quad (40)$$

Potenssifunktion ja neliöjuuren käyttö johtaa suunnilleen yhtä hyviin tuloksiin.

Jälkimmäisen avulla saadaan malleiksi:

$$\bar{v}_2 = 45,1 + 4,05 \cdot Y_{14}^{1/2}, \quad r = 0,75 \quad (41)$$

$$\bar{v}_2(H) = 48,3 + 4,28 \cdot Y_{14}^{1/2}, \quad r = 0,76 \quad (42)$$

( $Y_{14}$  = mittavälin minimielementin mukainen ohjenopeus).

Keskihajonnalle saadaan malli

$$s_2 = 10,4 + 0,07 \cdot Y_{14}, \quad r = 0,62 \quad (39a)$$

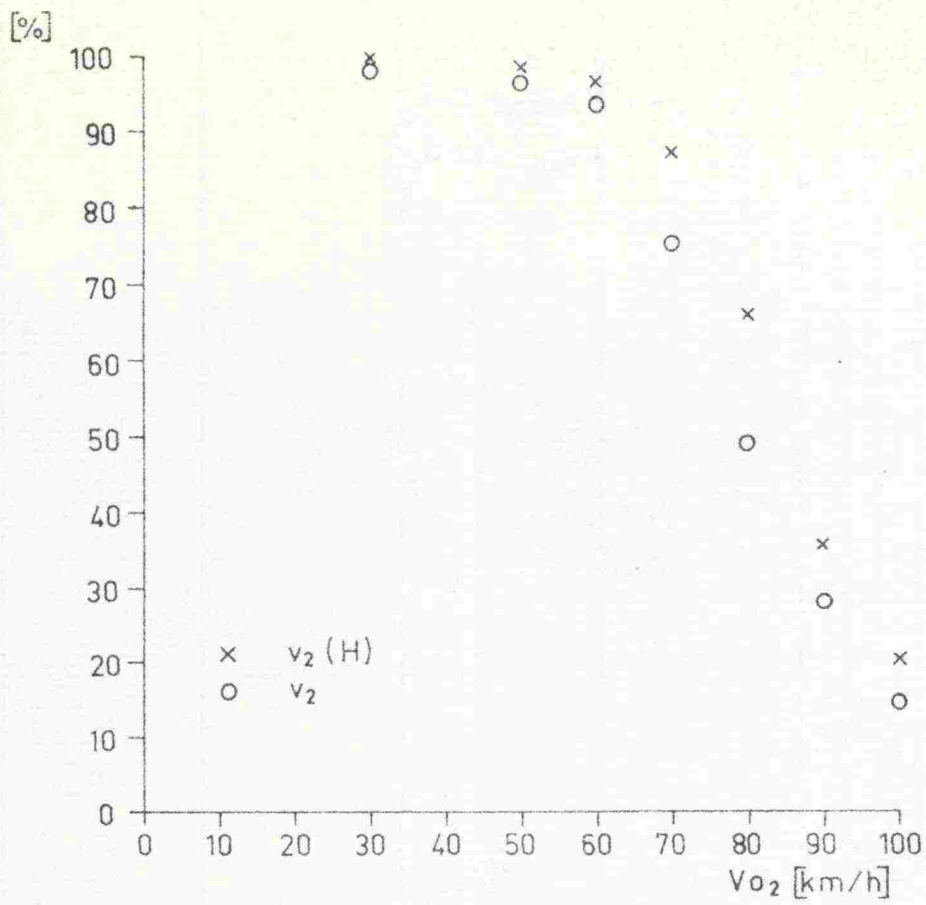
Ottamalla samanaikaisesti mukaan sekä  $Y$  että  $Y^{1/2}$  nousevat korrelatiokertoimet hiukan, mutta mallit muuttuvat taaskin luonnottomiksi:

$$\bar{v}_2 = -43,5 - 1,427 \cdot Y_{14} + 26,85 \cdot Y_{14}^{1/2}, \quad r = 0,85 \quad (43)$$

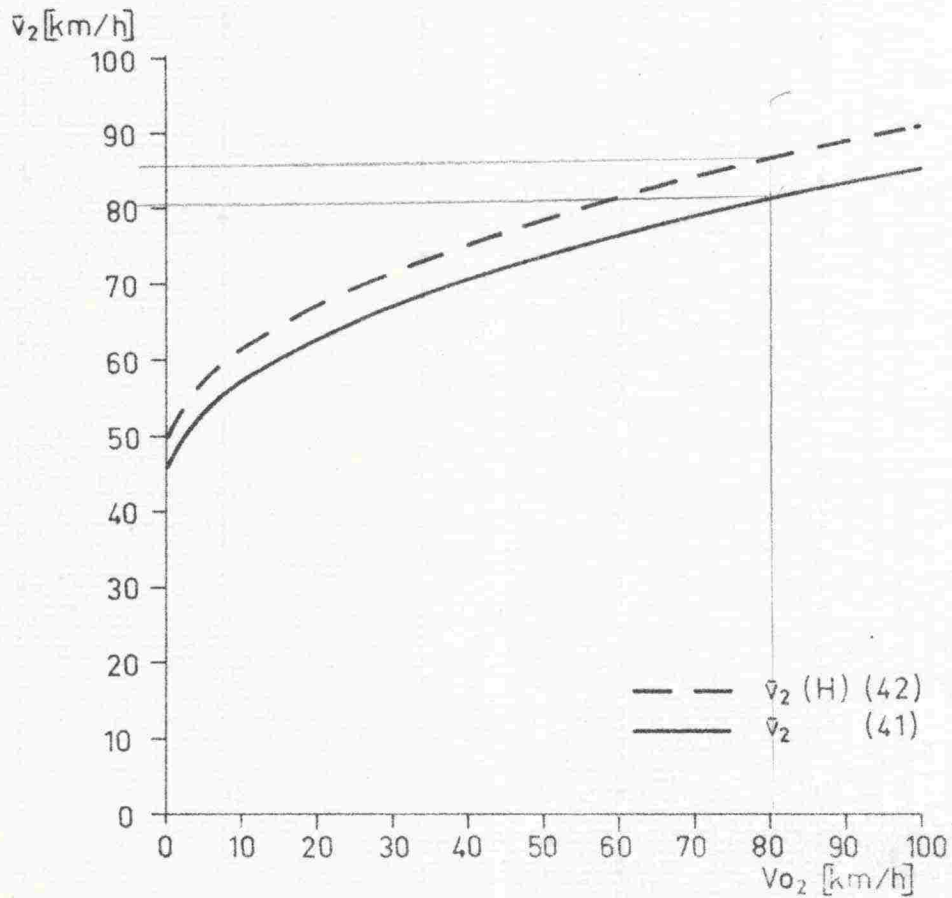
$$\bar{v}_2(H) = -54,0 - 1,647 \cdot Y_{14} + 30,60 \cdot Y_{14}^{1/2}, \quad r = 0,86 \quad (44)$$

Käytännöllisimpiä lienevät mallit (41-42), jotka antavat samat korrelatiokertoimet kuin tien yleisstandardin mukaista ohjenopeutta  $Vo_1$  käyttäen saadut vastaavat mallit (29-30). Kuvasta 21 nähdään mallien kuvaajat.

Poikkileikkausnopeuksien mittaukset on 5 mittauskertaa lukuunottamatta toimitettu pisteissä, joiden kohdalla tien ohjenopeus  $\geq 100$  km/h. Pitämällä selittäjänä 200 m matkalla ennen mittapistettä vallitsevaa ohjenopeutta  $Vo_3$  on laskettu seuraavat mallit, joiden korrelatiokertoimet ovat kuitenkin pienet; poiketen tosin vielä erittäin merkitsevästi nolasta:



Kuva 20 Ohjenopeuden ylitykset (ajonopeus)



Kuva 21 Ajonopeuden riippuvuus tieosan minimielementtien mukaisesta ohjenopeudesta

$$\bar{v}_1 = 36,0 + 0,461 \cdot X_{14}, \quad r = 0,52 \quad (45)$$

$$\bar{v}_1(H) = 38,9 + 0,482 \cdot X_{14}, \quad r = 0,51 \quad (46)$$

$$s_1 = 10,3 + 0,066 \cdot X_{14}, \quad r = 0,21 \quad (45a)$$

( $X_{14}$  = mittapisteen ohjenopeus).

Logaritmia ja neliöjuurta käytettäessä saataisiin samansuuruiset korrelatioker-  
toimet. Jälkimmäistä riippuvuutta esittävät seuraavat mallit:

$$\bar{v}_1 = -3,6 + 8,57 \cdot (X_{14})^{1/2}, \quad r = 0,53 \quad (47)$$

$$\bar{v}_1(H) = -2,6 + 8,97 \cdot (X_{14})^{1/2}, \quad r = 0,51 \quad (48)$$

Muuttujan 1. potenssin ja neliöjuuren samanaikainen käyttö ei juuri paranna tu-  
lostta ( $r = 0,55 - 0,56$ ). Malleilla (45-48) tuskin olisi kovin suurta käytännöllistä  
merkitystäkään, sillä määrättäessä tienkohdan (mittapisteen) ohjenopeutta ei  
tässä ole käytetty yli 100 km/h ohjenopeutta, vaikka tienkohdan elementit olisi-  
vat sitä edellyttäneetkin. Edelleen määrättäessä tienkohdan ohjenopeutta, jota  
ei etukäteen tunneta, on samalla määrättävä siihen vaikuttavat elementit, jotka  
ilmeisesti antavat sellaisinaan parempia tuloksia. Tieosan ohjenopeus on sen-  
sijaan yleensä tiedossa ja helpommin käytettävissä. Toisaalta ns. nopeus-  
diagrammien piirtäminen samoinkuin keskimääräisen ohjenopeuden laskeminen  
edellyttäisivät juuri kunkin tienkohdan ohjenopeuksien määräämistä. HCM /10/  
Crottaz /3/. Näin voitaisiin suorittaa mielenkiintoinen vertailu poikkileik-  
kauksittain vallitsevien ohjenopeuksien ja todellisten nopeuksien välillä juuri  
em. tapaisten diagrammien avulla. Tässä yhteydessä olisi käytettävä todelli-  
sia ohjenopeuksia, siis myös yli 100 km/h. Samalla olisi tarkistettavissa tien  
linjauksen yhtenäisyys, jota on pidettävä ohjenopeuden arvoa tärkeämpänä.  
Keskimääräistä ohjenopeutta, joka muodostuu eri tienkohtien ohjeno-  
peuksien painotettuna keskiarvona ei ole tämän tutkimuksen mittaväleille las-  
kettu, mutta sen voidaan olettaa olevan samaa suuruusluokkaa kuin yleisstan-  
dardin mukainen ohjenopeus. Ohjenopeuskäsite itsessään näyttäisi vaativan vie-  
lä tarkempaa määrittelyä - sen osoittavat kirjallisuudessa esitetyt toisistaan  
poikkeavat määritelmät.

Edellä olevan perusteella voitaneen yhteenvedona todeta, että tien yleis-  
standardin (sulkuviivojen) mukaan määriteltä ohjenopeus antaa ajonopeuden ar-  
vioimiseksi yhtä käyttökelpoiset mallit kuin tieosien minimielementtien mukaan  
laskettu, joka ei sekään ole täysin "oikea". Minimielementit saattavat esiintyä  
vain tieosan yhdellä kohdalla ja olisi ne jo liikenneturvallisuussyistä osoitettava



liikennemerkkein, mikäli ne poikkeavat tien yleisstandardista, jonka mukaan taas ajoneuvojen kuljettajat ilmeisesti sovittavat nopeutensa. Tästä seikasta johtuu osittain myös ajonopeuksien samansuuruus ohjenopeusalueella 60-100 km/h ja sen korkea ylitysprosentti alhaisemmilla arvoilla - osittain lienee syynä kuljettajien piittaamattomuus liikenneturvallisuuteen vaikuttavista tien ominaisuuksista ennenkaikkea näkemäolosuhteista mutta myös tienpinnan kitkasta.

Poikkileikkausnopeuden arvioimiseksi antaa tien yleisstandardin mukainen ohjenopeus myös hyvät mallit, mutta tienkohdan elementtien mukaan määritelty sensijaan huomattavasti heikomman korrelation. Esim. malli (47) on mallia (35) merkitsevästi huonompi. Tämän nojalla näyttäisi siis siltä, että kuljettajat eivät reagoisi paikallisiin ohjenopeuden vaihteluihin, vaan säilyttäisivät tien yleisstandardin mukaisen nopeutensa. Mainittakoon, että ohjenopeuden  $V_{02}$  ja  $V_{03}$  on poikkeuksetta määrännyt kohtaamisnäkemä, johon kuljettajat eivät tavallisesti riittävästi reagoi eikä laisinkaan vaakatason kaarresäde, johon reagoidaan herkemmin (Krottaz /3/. Tienkohdan kohtaamisnäkemä antaa toisaalta paremman korrelation kuin ohjenopeus, kuten myöhemmin huomataan (kohta 5.2.2.5.) Eräänä syynä tähän lienee edellä mainittu tapa määrätä tienkohdan ohjenopeus enintään 100 km/h suuruiseksi. Mielenkiintoista olisi verrata, vastaavatko todelliset nopeudet tiensuunnittelijoiden tekemiä oletuksia. RAL - Q:ssa /4/ on taulukossa 1 joka perustuu amerikkalaisiin tutkimuksiin esitetty liikenteen keskinopeuden ja ohjenopeuden väliset suhteet: edellinen olisi 90 % jälkimmäisestä 40 km/h, 87 % 60 km/h, 80 % 80 km/h, 73 % 100 km/h ja 67 % 120 km/h ohjenopeudella. Kirjoittajan aikaisemmassa tutkimuksessa /41/ todettiin nopeuksien melko hyvin seuranneen näitä olettamuksia (ks. viimemainitun teoksen kuva 122). Jos edellämainittuja lukuja verrataan kuviin 19 ja 21, havaitaan todellisten nopeuksien nyt olevan ohjenopeuksilla 60-100 km/h 30-40 km/h ja pienemmillä ohjenopeuksilla vieläkin ylempänä normien ilmoittamia arvoja. Tulosta on pidettävä liikenneturvallisuuden kannalta erittäin huolestuttavana, sillä suunnittelijan käyttämät minimielementit eivät käytännössä enää riitäkään. Ohjenopeuden määräämät näkemät kaarteissa, tienliittymissä ja kuperissa taitteissa samoin kuin vaakataso kaarteiden säteetkin osoittautuvat liian pieniksi, mikä ilmenee yhä kasvavina onnettomuuslukuina. Vaikka Valtioneuvoston teknillisissä ohjeissa /42/ on pyrittykin tiettyyn marginaaliin määrää-

mällä arvot märkää tienpintaa vastaaviksi, joten kuivalla tienpinnalla ohjenopeutta voitaisiin turvallisuutta vaarantamatta hiukan ylittää, ei tämä kuitenkaan auta, koska märillä teillä ajetaan lähes yhtä kovaa kuin kuivillakin (ks. kohta 5.2.4.2).

Kysymys tien ohjenopeutta ilmaisevien liikennemerkkien käyttöönnotosta näyttäisi siis olevan keskustelun arvoinen, kuten jo v. 1962 /41/ olen ehdottanut. Suuret nopeudet standardiltaan alhaisilla teillä johtuvat useinkin vain ohjenopeuskäsitteen tuntemattomuudesta. Valtioneuvoston teknillisten ohjeiden /42/ määräys siitä, että suurempaa ohjenopeutta kuin 100 km/h käytetään yleensä vain teillä, joilla on erilliset, yksisuuntaista liikennettä varten tarkoitetut ajoradat, ei myöskään tunnu riittävästi perustellulta niinkauan kuin tämänsuuruista yleistä nopeusrajoitusta (kattonopeutta) ei ole kaksikaistaisille teillemme määrätty. Ottaen huomioon todelliset keskinopeudet kaksikaistaisillakin teillä saattaisi olla aiheellista käyttää suunnitteluperusteena ohjenopeutta 120 km/h, joissakin tapauksissa jopa 140 km/h. Ohjenopeuksia mahdollisesti korotettaessa on kuitenkin olemassa vaara että myös käytettävät nopeudet nousevat vastaavasti. Näinollen tuntuisi siltä, että ennenpitkää on valittava joko kattonopeus tai ohjenopeuden perusteella määrätty tiekohtainen nopeussuositus kaikille teille.

Kun minimielementtejä saattaa esiintyä tietyllä tieosalla vain rajoitusti, muodostuu todellinen ohjenopeus yleensä minimielementtien mukaista ohjenopeutta suuremmaksi. Minimielementtien osoittaminen liikennemerkkein joko erikseen tai tien yleistandardin mukaisen ohjenopeuden ohella olisikin paikallaan. Liikennemerkkien havaitsemisessa yleisesti todetut puutteetkaan (Häkkinen /14/) eivät käsitykseni mukaan voisi muodostua voittamattomaksi esteeksi ajatuksen toteuttamiselle. On kuitenkin selvää, että yleisen tai tiekohtaisten nopeusrajoitusten asettaminen vaatii onnistuakseen samalla myös liikennevalvonnan tehostamista. Riittävä poliisivalvonta vaikuttaisi luonnollisesti jo yksinäänkin liikenneturvallisuutta edistävästi - on kuitenkin mahdollista, että paras tulos voitaisiin saavuttaa mainittujen toimenpiteiden yhteisvaikutuksena. Sopivien nopeusrajoitusten tai -suositusten valitseminen muodostaa tällöin oman ongelmansa, johon vaikuttavat sekä inhimilliset, teknilliset että

taloudelliset tekijät. Kun suurin välityskyky toisaalta saavutetaan n. 50 km/h keskinopeudella, saavutettaisiin suurin kuljetussuorite ehkä n. 100-120 km/h keskinopeudella (Nordqvist /28/). Kun onnettomuuksia toisaalta sattuu lukumääräisesti eniten pienillä nopeuksilla ovat ne kuitenkin seurauksiltaan kaikkein tuhoisimpia suurilla nopeuksilla (Report to the 86 th Congress /32/).

### 2.2.3. Mäkisyys ja pituuskaltevuus

Ajonopeustutkimuksen yhteydessä on mittavälien mäkisyys M laskettu luokitusmittauspöytäkirjoista siten, että kaltevuusluokkaan  $\leq 35$  (m/km) sisältyneiden osuuksien keskikaltevuudeksi on oletettu 17,5 (m/km) luokkaan 35-60 (m/km) 47,5 (m/km) ja luokkaan  $>60$  (m/km) vastaavasti 60 (m/km) (ks. liite 1). On selvää, että näin saadut mäkisyysarvot eivät ole täysin oikeita - mm. tasaiselle tielle tulee aina arvoksi 17,5 (m/km). Toisaalta kokemuksesta tiedetään, että vasta yli 20 % kaltevuus alkaa vaikuttaa liikenteen kulkuun. Henkilöautojen osalta tämä raja on vielä huomattavasti ylempänä. Edelleen on todettava, että vanhoista tiesuunnitelmista ei olisi myöskään luotettavalla tarkkuudella saatu kaltevuustietoja, vaan ne olisi pitänyt mitata kentällä. Tehtävän suuri tönäisyyden vuoksi on katsottu voitavan tyytyä edelläselostetulla tavalla laskettuihin mäkisyysarvoihin. Tutkituilla teillä mäkisyys vaihtelee näin laskettuna 17,5-30,1 (m/km) keskiarvon ollessa kuivilla teillä 21,7 (m/km). Mäkisyysluokitusehdotuksen (T v h /38/) mukaan keskikaltevuus 20 (m/km) edustaisi ns. keskinkertaisen tasaista tietä 1. mäkisyysluokkaa 3. (luokitus 1-5). Mäkisyys osoittautuu tässä tutkimuksessa ainoastaan 14. parhaaksi 20 selittäjästä eikä pysty enää parantamaan usean muuttujan avulla laskettua mallia. Mäkisyyden vaikutusta ajonopeuksiin osoittavat vielä seuraavat yhden muuttujan mallit:

$$\bar{v}_2 = 91,6 - 0,59 \cdot Y_6, \quad r = 0,29 \quad (49)$$

$$\bar{v}_2(H) = 99,6 - 0,72 \cdot Y_6, \quad r = 0,34 \quad (50)$$

$$\bar{v}_2 = 85,6 - 0,014 \cdot Y_6, \quad r = 0,32 \quad (51)$$

$$\bar{v}_2(H) = 92,1 - 0,017 \cdot Y_6^2, \quad r = 0,37 \quad (52)$$

$$\bar{v}_2 = 2,3 + 7,45 \cdot Y_6 - 0,176 \cdot Y_6^2, \quad r = 0,44 \quad (53)$$

$$\bar{v}_2(H) = 6,6 + 7,65 \cdot Y_6 - 0,183 \cdot Y_6^2, \quad r = 0,47 \quad (54)$$

( $Y_6$  = mittavälin mäkisyys [m/km]).

Korrelatiokerroin on kuitenkin aivan liian pieni, jotta pitemmälle meneviä päätelmiä voitaisiin tehdä - tosin kertoimet poikkeavat nolasta kahdessa viime-

mainituksessa tapauksessa jopa erittäin merkitsevästi. Potenssifunktion käyttö ei paranna malleja. Mäkisyys näyttäisi selittävän kaikkien ajoneuvojen keskihajontaa suunnilleen yhtä huonosti:

$$s_2 = 20,5 - 0,23 \cdot Y_6, \quad r = 0,33 \quad (49a)$$

Poikkileikkausnopeuksien tutkimuksen yhteydessä on mittapisteiden pituuskaltevuus  $S$  mitattu sekä itse mittapisteen kohdalla että 200 m molemmin puolin. Seuraavassa tarkoitetaan mittapisteen pituuskaltevuudella keskimääräistä kaltevuutta 200 m matkalla ennen mittapistettä tutkittavan liikenteen suunnassa. Tutkimusaineistossa vaihtelee pituuskaltevuus välillä  $-1,5\% - +5,0\%$  keskiarvon ollessa kuivilla tienpinnoilla  $+0,4\%$ , jolloin  $-$ merkkiset kaltevuudet tarkoittavat laskua ja  $+$ merkkiset nousua. Keskimääräinen lasku on kuivilla tienpinnoilla  $-1,0\%$  ja nousu  $+1,6\%$ . Kaltevuusluokkiin ryhmitellyt tulokset nähdään taulukosta 12.

Taulukko 12. Poikkileikkausnopeuden riippuvuus tien pituuskaltevuudesta.

Pituuskaltevuus %	Mitt.kertoja	$\bar{v}_1$ km/h
$-1,5 - -1,1$	4 } 10	81,7 } 82,3
$-1,0 - -0,1$		
$+0,0$	19	84,0
$+0,1 - +1,0$	10 } 21	82,8 } 80,1
$+1,1 - +2,0$		
$+2,1 - +3,0$	3	80,7
$+3,1 - +4,0$	-	..
$+4,1 - +5,0$	2	76,5

Vaakasuuroralla tiellä ovat nopeudet suurimmat niiden alentuessa nousun jyrkkyyden mukana. Laskussa eivät nopeudet näytä lisääntyvän, vaan ovat alhaisemmat kuin tasaisella maalla. Tämä saattaa johtua siitä, että kuljettajat turvallisuussyistä jarruttavat alamäessä, ainakin auton moottorilla.  $t$ -testillä voidaan todeta vaakasuurorilta tienkohdilta ja nousuista saatujen nopeuskeskiarvojen eron olevan merkitsevän ( $t = 3,11$ ,  $f = 38$ ), muiden ryhmien eroilla ei ole sensijaan merkitsevyyttä.

Usean muuttujan linearisessa regressioanalyysissä pituuskaltevuus on 7. paras kaikkien ajoneuvojen mutta vasta 16. paras henkilöautojen nopeuksien selittäjä. Pituuskaltevuuden ollessa yksinään selittäjänä saadaan kylläkin nousun jyrkkyyden mukana aleneva malli, mutta korrelatiokerroin on mitätön (0,1). Vaikka keskinopeus alenee, näyttäisi keskihajonta kasvavan nousuissa.

Tämän voitaisiin ajatella johtuvan siitä, että henkilöautot säilyttävät suuren nopeutensa nousuissakin liikenteen keskinopeuden alentuessa nimeenomaan raskaiden autojen alentuneen nopeuden ansiosta, mikä on omiaan lisäämään hajontaa. Kun keskihajontaa selittävän mallin korrelatiokerroin on sekin mitätön (0,1), ei mitään päätelmiä voida asiasta kuitenkaan tehdä. Mallit (55-56) eivät myöskään anna tukea tälle olettamukselle. Seuraavaksi on laskettukin mallit erikseen ylöspäin kulkevalle liikenteelle:

$$\bar{v}_1 = 82,7 - 1,5 \cdot X_6, \quad r = 0,26 \quad (55)$$

$$\bar{v}_1(H) = 87,9 - 1,6 \cdot X_6, \quad r = 0,25 \quad (56)$$

( $X_6$  = mittapisteen pituuskaltevuus [%], positiivisena ylämäkeen)

sekä alaspäin kulkevalle liikenteelle:

$$\bar{v}_1 = 83,5 + 3,6 \cdot X_6, \quad r = 0,25 \quad (57)$$

$$\bar{v}_1(H) = 89,2 + 4,6 \cdot X_6, \quad r = 0,32 \quad (58)$$

( $X_6$  = mittapisteen pituuskaltevuus [%], negatiivisena alamäkeen).

Huolimatta varsin alhaisista korrelatiokertoimista, jotka viimeistä tapausta lukuunottamatta eivät poikkeakaan nollasta voitaneen kuitenkin olettaa vaakasuoran tien muodostavan ikäänkuin taitteen nopeuden riippuvuutta pituuskaltevuudesta osoittavassa kuvaajassa. Toisen asteen mallin korrelatiokerroin ei ole sen parempi. Ajoneuvojen laskun jyrkkyyden mukana aleneva nopeus lienee selitettävissä lähinnä liikenneturvallisuusnäkökohtien avulla. On ilmeistä, että pituuskaltevuuden vaikutus nopeuksiin alkaa kuitenkin selvemmin tuntua vasta jyrkillä ja pitkillä kaltevuusjaksoilla. O. Hintikan tutkimuksessa /12/ näyttivät nopeudet lyhyissä nousuissa ylöspäin ajettaessa muodostuvan suuremmiksi kuin alaspäin ajettaessa. Tämä johtunee siitä, että kuljettajat olivat ikäänkuin varautuneet selviytymään nousuista kiihdyttämällä nopeutensa mahdollisimman suureksi.

Tässä tutkimuksessa olivat nousut ja laskut yleensä loivia ja lyhyitä, joten vastausta kysymykseen pituuskaltevuuden vaikutuksesta nopeuksiin ei saada. Saatua tulosta tukee osaltaan eri maiden normeissa esiintyvää käytäntöä, jonka mukaan yleensä vasta yli 2 % pituuskaltevuus otetaan huomioon henkilöautoekvivalenteja, kiihdytys- ja hidastuskaistojen pituuksia yms. määrättäessä. Poikkileikkausnopeus näyttää selittyvän vähintään yhtä heikosti pituuskaltevuuden kuin ajonopeus mäki- syyden avulla - tämäkin tukee käsitystä tutkimuksessa vallinneesta maaston ta-

saisuudesta.

#### 5.2.2.4. Kaarteisuus ja kaarresäde

Tutkittujen välien kaarteisuus  $K$  on mitattu tutkimusryhmän toimesta auntoon asennetulla gyroskoopilla keskuskulmien summana tien pituusyksikköä kohden. Kulmat on ilmoitettu absoluuttisin kulmamitoin  $r/\text{km}$  (liite 1).

Mittaväleillä kaarteisuus vaihtelee yleensä 0,00-0,99, mutta nousee tiellä U 55 arvoon 2,84. Keskiarvo on kuivien tienpintojen osalta 0,38 ( $r/\text{km}$ ). Kaarteisuus on osoittautunut ajonopeuksien linearisessa regressioanalyysissä parhaaksi 20. selittäjästä. Tästä syystä tullaan kaarteisuutta käsittelemään seuraavassa enemmänkin, vaikka sitä ei esim. tvl:n luokitusmittauksissa lainkaan otettu huomioon (Heiskanen /9/).

Taulukossa 13 on esitetty tulokset kaarteisuuden mukaan ryhmiteltyinä ajonopeuksien osalta. Väliltä  $K = 1,0-2,0$  ( $r/\text{km}$ ) valitettavasti puuttuvat havainnot. Kuvien 22 ja 23 summakäyrät ovat erittäin selvät ja täysin oikeassa järjestyksessä. Kaarteisuuden vaikutus ajonopeuteen käy ilmi seuraavista malleista:

$$\bar{v}_2 = 82,1 - 8,6 \cdot Y_7, \quad r = 0,84 \quad (59)$$

$$\bar{v}_2(H) = 87,6 - 9,4 \cdot Y_7, \quad r = 0,86 \quad (60)$$

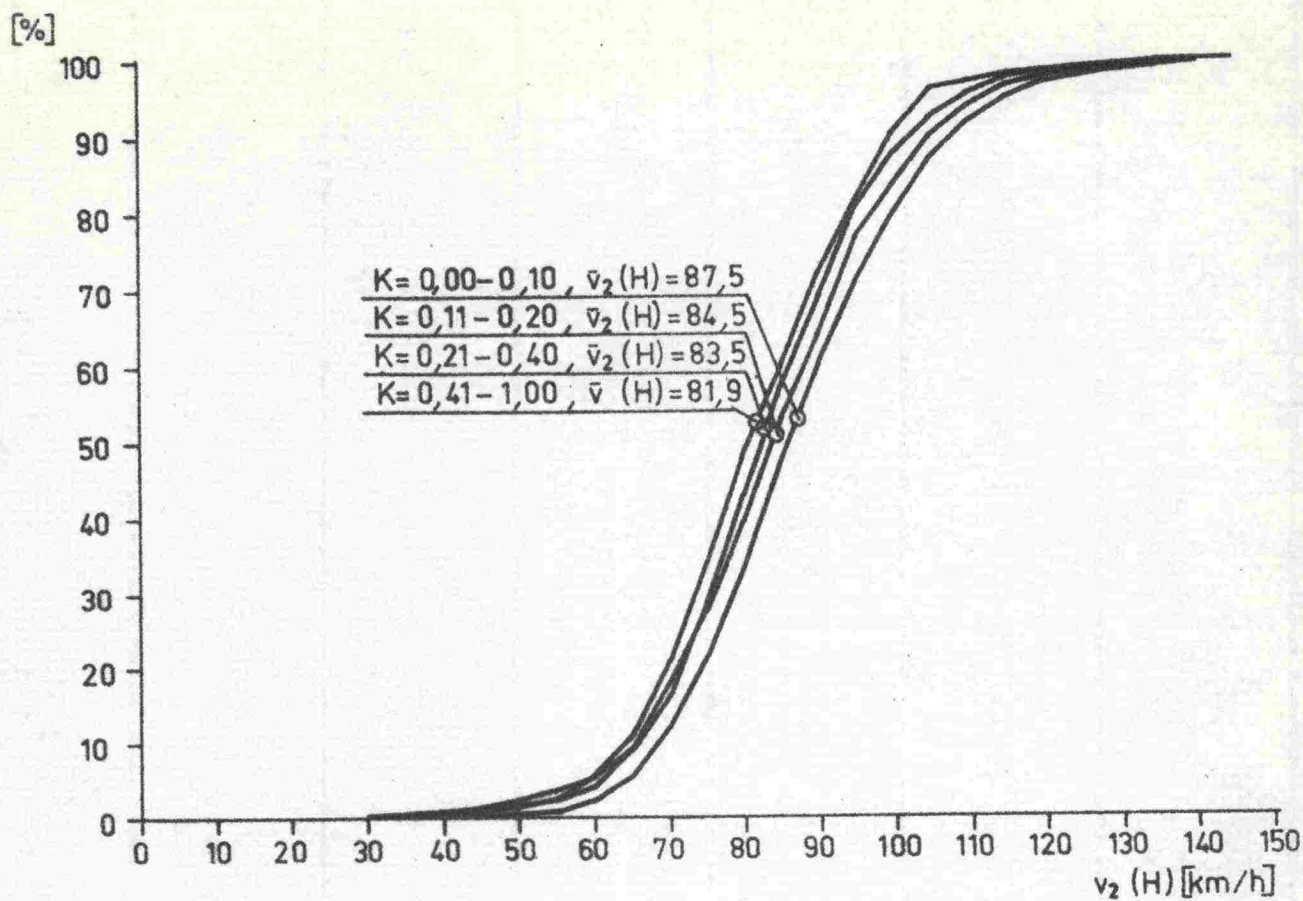
( $Y_7 =$  mittavälin kaarteisuus [ $r/\text{km}$ ]).

Kvadraattisen mallin käyttö ei paranna korrelatiota, ei myöskään potenssifunktion. Kuvasta 24 nähdään em. suoraviivainen riippuvuus. Keskihajonnan riippuvuus kaarteisuudesta käy ilmi seuraavasta mallista

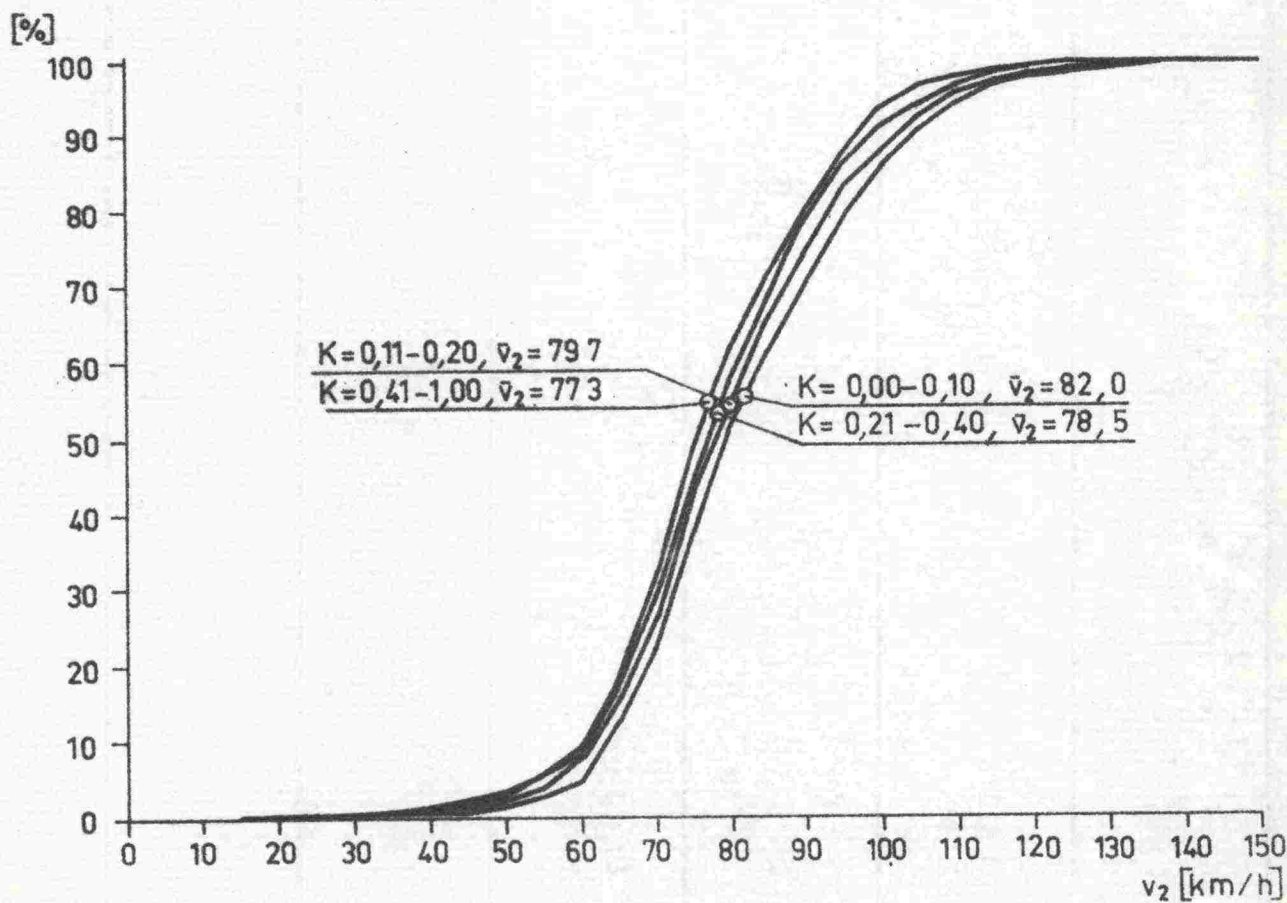
$$s_2 = 16,4 - 2,2 \cdot Y_7, \quad r = 0,62 \quad (59a)$$

Kaarteisuuden kasvaessa alenee sekä keskinopeus että keskihajonta ja samalla henkilöautojen nopeudet lähenevät kaikkien ajoneuvojen nopeuksia.

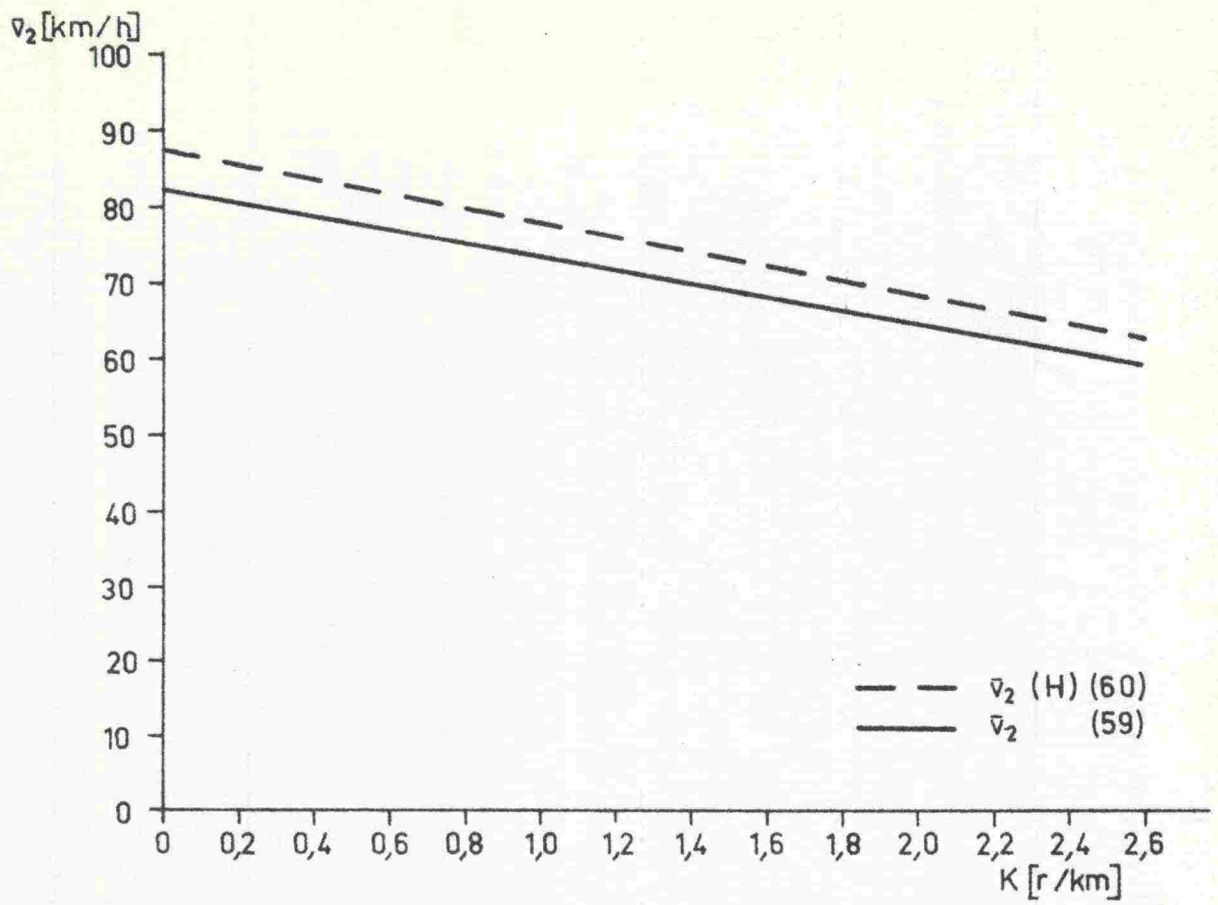
Ajoneuvojen nopeuksiin kaarteissa vaikuttavat kaarresäde ja sivukaltevuus sekä sivukitka, joka on edellisistä riippuva reaktivoima. Poikkileikkausnopeustutkimusten yhteydessä on aina mitattu mittapisteen kohdalla oleva tien kaarresäde ja sivukaltevuus. Kun mittapistet on yleensä sijoitettu mahdollisimman hyvälle tienkohdalle, ei tutkimuksessa voi mitään pieniä kaarresäteitä esiintyä. Lukuunottamatta tieosaa U 55 ( $R_{\text{min}} = 850$ ), on pienin kaarresäde 1100 m - eniten on mittauksia tehty aivan suorilla tieosilla. Taulukosta 14 nähdään kaarresäteen mukaisesti ryhmitellyt poikkileikkausnopeudet.



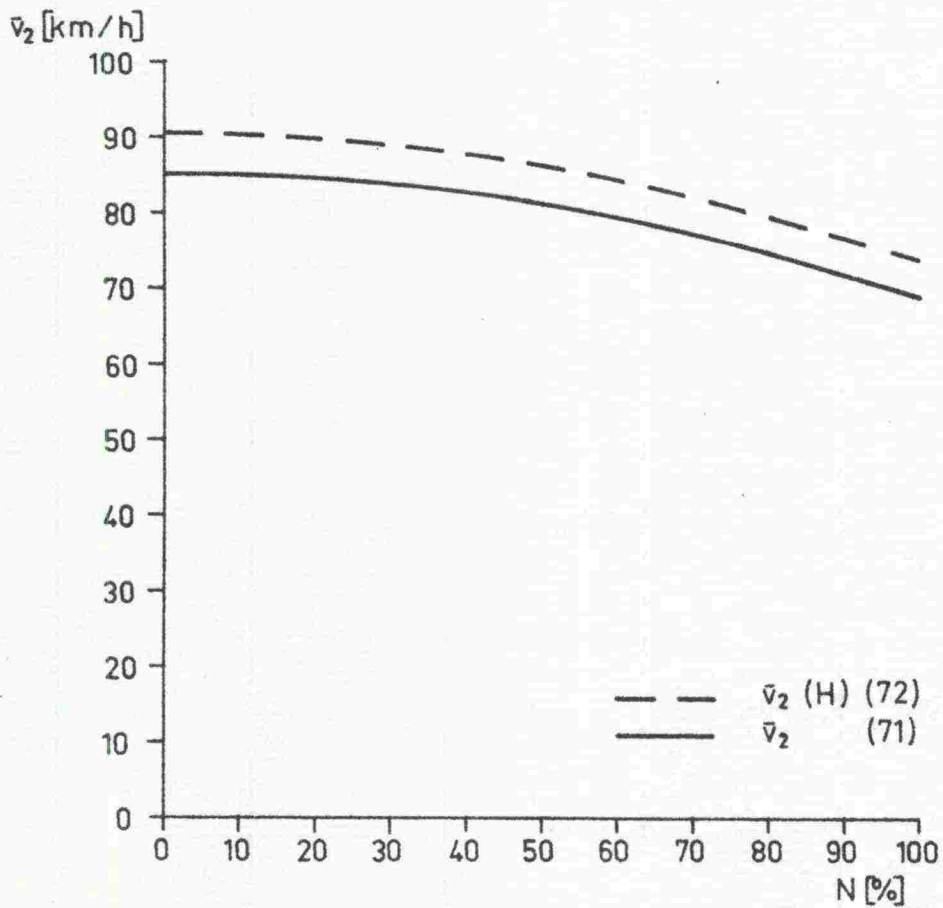
Kuva 22 Henkilöautojen ajonopeus kaarteisuuden funktiona, summakäyrät



Kuva 23 Kaikkien ajoneuvojen ajonopeus kaarteisuuden funktiona, summakäyrät



Kuva 24 Ajonopeuden riippuvuus tien kaarteisuudesta



Kuva 25 Ajonopeuden riippuvuus alle 500m:n näkemistä



Taulukko 13. Ajonopeuden riippuvuus tien kaarteisuudesta, koko aineisto.

Ajoneuvo	K = 0-0,10 r/km			K = 0,11-0,20 r/km			K = 0,21-0,40 r/km		
	$\bar{v}_2$ km/h	$s_2$ km/h	Hav.	$\bar{v}_2$ km/h	$s_2$ km/h	Hav.	$\bar{v}_2$ km/h	$s_2$ km/h	Hav.
H	87,5	16,7	3485	84,5	16,8	1143	83,5	16,0	2129
P	73,9	12,6	197	74,9	17,1	74	71,8	11,0	113
L	70,2	8,9	132	69,7	7,2	42	65,6	9,8	92
K	67,6	9,2	788	66,4	7,7	249	66,4	10,4	444
Kp	68,9	7,8	282	65,6	7,2	87	63,7	12,2	191
T	25,9	7,4	19	19,9	1,7	2	25,9	4,1	11
$\Sigma$	82,0	17,5	4903	79,7	17,1	1597	78,5	16,9	2980
	K = 0,41-1,00 r/km			K > 2,00 r/km					
	$\bar{v}_2$ km/h	$s_2$ km/h	Hav.	$\bar{v}_2$ km/h	$s_2$ km/h	Hav.			
H	81,9	14,9	979	62,9	9,8	246			
P	70,0	9,4	61	60,3	8,0	35			
L	66,2	10,5	52	48,5	8,0	15			
K	67,2	11,2	232	54,6	7,0	94			
KP	63,2	9,2	64	52,4	9,5	2			
T	28,2	0,8	3	19,4	4,0	6			
$\Sigma$	77,3	15,6	1391	59,5	11,1	398			

Taulukko 14. Poikkileikkausnopeuden riippuvuus kaarresäteestä, kuivat tienpinnat.

R (m)	Mittauskertoja	$\bar{v}_1$ (km/h)
0 - 2000	5	82,4
2001 - 4000	3	79,3
4001 - 6000	3	88,3
$\infty$	39	82,1

Regressioanalyysillä saataisiin seuraavat mallit:

$$\bar{v}_1 = 74,5 + 1,4 \cdot \log X_7, \quad r = 0,07 \quad (61)$$

$$\bar{v}_1(H) = 78,9 + 1,5 \cdot \log X_7, \quad r = 0,08 \quad (62)$$

( $X_7$  = mittapisteen kaarresäde [m]).

Korrelatiokerroin on mitätön, kuten voitiin jo odottaakin (suurin osa havainnoista tehty suoralla tieosalla). Käytetyillä suurilla kaarresäteillä ei luonnollisesti ole paljon vaikutusta nopeuksiin - yleensä vasta alle 600 m:n säteillä onkin merkitystä. Alle 200 m:n säteiden vaikutus on jo ilmeinen (Hintikka /12/). Taragin /36/ on tutkinut nopeuden riippuvuutta kaarteiden keskuskulmasta  $k^{\circ 1}$  ja esittänyt mallin

$$\bar{v}_1(H) = 74,0 - 1,2 \cdot k^{\circ}, \quad r = 0,8 \quad (63)$$

Tästä on johdettu kaava 63a, joka pätee alle 3 % nousuilla ja yli 90 m säteillä:

$$\bar{v}_2(H) = 74 - \frac{2200}{R} \quad (63a)$$

(R = kaaren säde [m]).

<sup>1</sup> 100 jalan pituista kaarta vastaava keskuskulma.

Sivukaltevuudet ovat näin suurilla säteillä yleensä ns. minimikaltevuuksia (RAL - L/5/) - sivukaltevuus vaihtelee tutkimusaineiston kaarteiden kohdalla 0,0-5,5 % nousten tiellä U 55 tosin arvoon 10 %. Suoralla tiellä on kaltevuus merkitty tässä nolaksi ts. on verrattu toisiinsa vain tienreunojen korkeuksia, minkä vuoksi keskiarvoksi saadaan kuivilla teillä 0,75. Tämä on tietenkin sinänsä väärä arvo (ks. kuva 17). On lähdetty kuitenkin olettamuksesta, että suoran tien (vääränsuuntaisella) sivukaltevuudella ei ole tässä merkitystä.

Regressioanalyysillä saataisiin seuraavat mallit:

$$\bar{v}_1 = 81,7 - 1,0 \cdot X_8, \quad r = 0,24 \quad (64)$$

$$\bar{v}_1(H) = 86,8 - 1,1 \cdot X_8, \quad r = 0,26 \quad (65)$$

( $X_8$  = mittapisteen sivukaltevuus [%]).

Korrelatiokertoimet ovat taaskin liian pieniä (eivät poikkea merkitsevästi nolasta) päätelmien tekoon. Taragin /36/ ei ole todennut sivukaltevuuden sellaisenaan vaikuttavan nopeuksiin, ei myöskään Crottaz /3/. Itseasiassa tutkimus olisikin kohdistettava kaarresäteen ja sivukaltevuuden yhteisvaikutukseen, jolloin sivukitkakertoimella on tärkeä osuutensa. Ajodynamiikan kaava

$$v^2 = (f_2 + q) \cdot 127 \cdot R, \quad (66)$$

( $f_2$  = sivukitkakerroin [-],  $q$  = sivukaltevuus [-] ja  $R$  = kaarresäde [m]).

määrää em. tekijöiden väliset suhteet. RAL-L:ssä /5/ samoin kuin Suomesakin oletetaan keskipakovoimasta 1/3 tulevan kumotuksi sivukaltevuuden ja 2/3 kitkan avulla eli  $f_2 = 2q$ . Näinollen voitaisiin merkitä

$$v^2 = 381 \cdot q \cdot R \quad (66a)$$

Ottamalla mukaan vain kaarresäteet  $R \leq 10000$  m, jolloin sivukaltevuuden arvot ovat "oikeita", saataisiin regressioanalyysillä seuraavat mallit:

$$\bar{v}_1^2 = 1353 \cdot X_7^{0,204} \cdot X_8^{-0,008}, \quad r = 0,44 \quad (67)$$

$$\bar{v}_1(H)^2 = 1330 \cdot X_7^{0,228} \cdot X_8^{0,012}, \quad r = 0,42 \quad (68)$$

( $X_7$  = kaarresäde [m],  $X_8$  = sivukaltevuus [%]).

Nämäkään mallit eivät missään tapauksessa ole luotettavia, mikä johtuu osaltaan havaintojen vähyydestä (11 kpl) ja laadusta. Tässä tutkimuksessa ei kaarresäteiden vaikutusta poikkileikkausnopeuksiin ole erityisesti pyrittykään selvittämään, joten se olisi tehtävä eri tutkimuksissa. Hintikka /12/ on määrännyt sivukitkakertoimen riippuvuudet toisaalta kaarresäteestä ja toisaalta nopeudesta.

5.2.2.5. Näkemät

Tiellä saavutettavan näkemän pituus on tien geometrisen standardin herkkä ilmaisija. Näkemä riippuu vaakatason kaarresäteistä ja pystytason pyöristyssäteistä - suorilla teillä vain viimemainitusta. HCM:ssä /10/ on 460 m:n (1500') näkemävälä, joka vastaa 80 km/h (50 mi/h) ohjenopeudella tarvittavaa ohitusnäkemää, pidetty ratkaisevana 2-kaistaisen tien välityskykyä määrättäessä. Myös tvl:n normeissa /37/ määräytyy ns. vähennyskertoimen  $K_2$  arvo sen mukaan kuinka monella prosentilla tien pituudesta on vähintään 460:n metrin näkemä. Seuraavassa on käytetty parametrina prosenttilukua, joka osoittaa niiden osuuksien suhteellisen pituuden, joilla näkemä alittaa 500 m. Arvot on saatu tvh:n teknillistaloudellisen toimiston luokitusmittauksista. Tämä ns. näkemäesteprosentti N vaihtelee tutkimusaineistossa 0-100 % keskiarvon ollessa kuivilla tienpinnoilla 54,8 %. Useamman muuttujan lineaarisessa regressioanalyysissä N on kaikkien ajoneuvojen nopeuskeskiarvoa määrättäessä kolmanneksi paras selittäjästä ja henkilöautojen osalta toiseksi paras.

Taulukossa 15 on esitetty tulokset näkemäesteprosentin mukaan ryhmitellystä aineistosta ajonopeuksien osalta. Huonojen näkemien osuuden kasvaessa ajonopeudet ja keskihajonnat pienenevät.

Taulukko 15. Ajonopeudet alle 500 m näkemien osuuden funktiona, koko aineisto.

Ajoneuvo	N = 0-20,0 %			N = 20,1-40,0 %			N = 40,1-60,0 %		
	$\bar{v}_2$ km/h	$s_2$ km/h	Hav.	$\bar{v}_2$ km/h	$s_2$ km/h	Hav.	$\bar{v}_2$ km/h	$s_2$ km/h	Hav.
H	88,0	18,3	1172	88,6	15,4	1950	85,5	16,4	1909
P	75,7	16,7	64	75,2	9,4	81	73,3	13,3	114
L	70,9	9,7	36	71,2	8,6	63	68,8	7,3	73
K	68,1	9,0	308	67,5	8,5	279	67,1	8,8	363
Kp	68,3	7,9	108	69,0	6,0	110	68,8	8,8	180
T	27,2	6,1	7	21,1	6,5	9	26,6	5,1	10
$\Sigma$	82,0	18,7	1695	84,2	16,7	2492	80,6	16,9	2649
	N = 60,1-80,0 %			N = 80,1-100,0 %					
	$\bar{v}_2$ km/h	$s_2$ km/h	Hav.	$\bar{v}_2$ km/h	$s_2$ km/h	Hav.			
H	81,8	16,4	1548	81,1	14,3	1157			
P	71,1	12,3	118	70,3	10,8	68			
L	66,3	10,0	77	65,3	10,1	69			
K	65,9	10,7	431	67,1	10,5	332			
Kp	60,6	12,1	134	64,0	9,5	92			
T	28,7	5,1	6	27,6	0	3			
$\Sigma$	76,4	16,9	2314	76,3	14,9	1721			

Ajonopeuksien riippuvuutta näkemistä kuvaavat seuraavat regressiomallit:

$$\bar{v}_2 = 88,0 - 0,168 \cdot X_9, \quad r = 0,71 \quad (69)$$

$$\bar{v}_2(H) = 93,7 - 0,177 \cdot Y_9, \quad r = 0,71 \quad (70)$$

$$\bar{v}_2 = 85,0 - 0,00160 \cdot (Y_9)^2, \quad r = 0,75 \quad (71)$$

$$\bar{v}_2(H) = 90,4 - 0,00167 \cdot (Y_9)^2, \quad r = 0,74 \quad (72)$$

$$\bar{v}_2 = 84,1 + 0,043 \cdot Y_9 - 0,00197 \cdot Y_9^2, \quad r = 0,75 \quad (73)$$

$$\bar{v}_2(H) = 89,7 + 0,034 \cdot Y_9 - 0,00197 \cdot Y_9^2, \quad r = 0,74 \quad (74)$$

( $Y_9$  = alle 500 m näkemien osuus [%]).

Potenssifunktio antaisi korrelatiokertoimeksi ainoastaan 0,5. Muuttujan toinen potenssi osoittautunee sopivimmaksi selittäjäksi - tosin korrelatiokertoimien erolla ei ole mitään merkitsevyyttä. Kuvassa 25 on esitetty mallien (71-72) kuvaajat, jotka ovat muodoltaan hyvin samantapaisia kuin HCM:n /10/ vanhemmassa laitoksessa esitetyt. Kun laskelmissa useimmiten saattaa olla tarkoitukseenmukaisempaa käyttää yli 500 m:n näkemien prosenttista osuutta  $100 - N$ , on mallit muutettu myös seuraavaan muotoon:

$$\bar{v}_2 = 71,2 + 0,168 \cdot (100 - Y_9), \quad r = 0,71 \quad (69a)$$

$$\bar{v}_2(H) = 76,1 + 0,177 \cdot (100 - Y_9), \quad r = 0,71 \quad (70a)$$

$$\bar{v}_2 = 69,0 + 0,00160 \cdot (100 - Y_9) \cdot (100 + Y_9), \quad r = 0,75 \quad (71a)$$

$$\bar{v}_2(H) = 73,7 + 0,00167 \cdot (100 - Y_9) \cdot (100 + Y_9), \quad r = 0,74 \quad (72a)$$

Kuvaajat olisivat luonnollisesti kuvassa 25 esitettyjen peilikuvia. Näkemäesteprosentti näyttää selittävän ajonopeuksia yhtä hyvin kuin ohjenopeuskin.

Poikkileikkausnopeustutkimusten yhteydessä on tarkasteltu näkemiä mittapisteessä ja 200 m molemmin puolin. Mittapisteen näkemällä tarkoitetaan seuraavassa keskimääräistä näkemää 200 m:n matkalla ennen mittapistettä tutkitun liikenteen suunnassa. Jättämällä kattonopeuden aikana sekä tiellä U 55 mitatut arvot pois saadaan henkilöautojen poikkileikkausnopeuksista näkemän mukaan ryhmiteltynä taulukko 16 (kuivat tienpinnat).

Taulukko 16. Henkilöautojen poikkileikkausnopeus näkemän funktiona.

Näkemä (m)	0-400	401-600	601-800
Näk. keskiarvo (m)	306	516	735
$\bar{v}_1(H)$ (km/h)	84,5	85,5	90,1
Mittauskertoja	12	13	25

Linearinen regressioanalyysi antaa seuraavat mallit:

$$\bar{v}_1 = 69,1 + 0,0215 \cdot X_9, \quad r = 0,64 \quad (75)$$

$$\bar{v}_1(H) = 73,2 + 0,0232 \cdot X_9, \quad r = 0,65 \quad (76)$$

$$\bar{v}_1 = 58,7 + 0,0682 \cdot X_9 - 0,0000447 \cdot X_9^2, \quad r = 0,67 \quad (77)$$

$$\bar{v}_1(H) = 62,9 + 0,0697 \cdot X_9 - 0,0000443 \cdot X_9^2, \quad r = 0,68 \quad (78)$$

$$\bar{v}_1 = 15,2 + 24,2 \cdot \log X_9, \quad r = 0,68 \quad (79)$$

$$\bar{v}_1(H) = 15,3 + 26,1 \cdot \log X_9, \quad r = 0,69 \quad (80)$$

$$s_1 = 14,7 + 0,0036 \cdot X_9, \quad r = 0,34 \quad (75a)$$

( $X_9$  = mittapisteen näkemä [m]).

Mallit (79-80) tuntuvat parhaimmilta (kuva 26) - tosin korrelatiokertoimien eroilla ei ole mitään merkitsevyyttä.

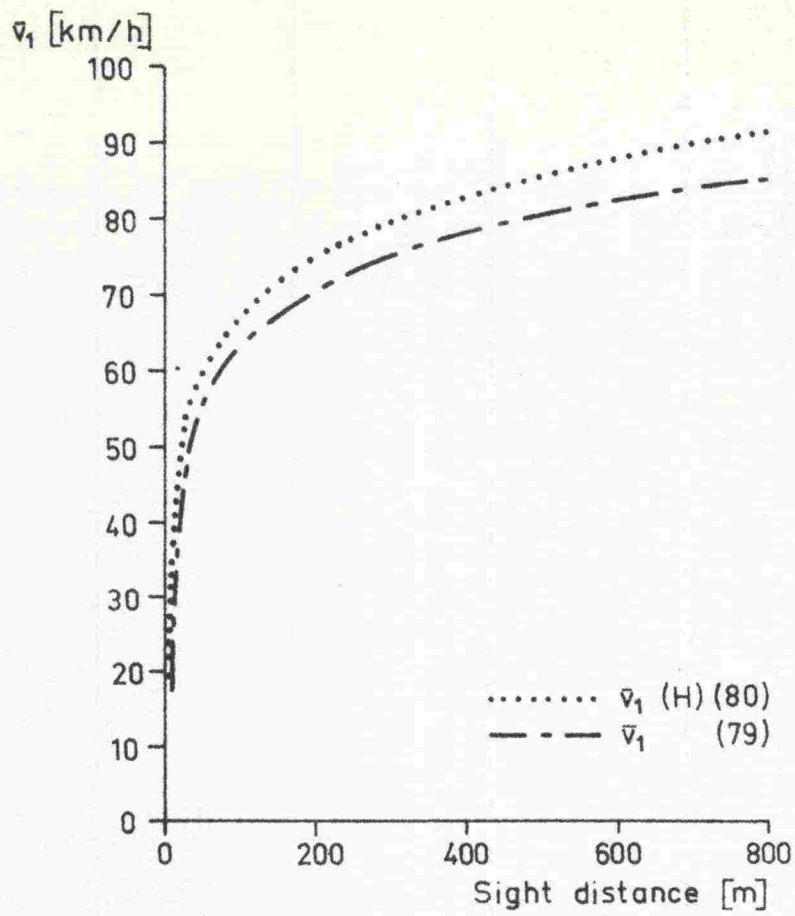
Tienkohdan näkemä näyttäisi selittävän poikkileikkausnopeutta hiukan huonommin kuin mittavälin näkemäesteprosentti ajonopeutta. Tästäkin voitaisiin ajatella, että kuljettajat eivät reagoi paikallisiin näkemän vaihteluihin kovin herkästi vaan säilyttävät tien yleisstandardin mukaisen nopeutensa. Korrelatiokertoimien erot eivät kuitenkaan ole merkitseviä eivätkä juuri pyöristysvirheitä suuremmat.

Edelleen tienkohdan kohtaamisnäkemä selittäisi poikkileikkausnopeuksia hiukan paremmin kuin tienkohdan ohjenopeus - jälkimmäinen selittäjä onkin itse asiassa edellisen funktio. Kuten aikaisemmin on mainittu, ei tienkohdan ohjenopeuksia määrättäessä käytetty yli 100 km/h ohjenopeuksia, mikä osaltaan selittää tätä ilmiötä.

## 2.2.6. Laatuluokittelupisteet

Tvh:ssa on teknillistaloudellinen toimisto kehittänyt lähinnä ruotsalaista esikuvaa seuraten teiden luokittelujärjestelmän (Keller /19/, Heiskanen /9/), jonka avulla kukin tie saa sen laatua kuvaavan pisteluvun. Kaikki sille asetetut vaatimukset täyttävä tie saa kokonaispisteluvun 100, joka muodostuu seuraavista pääryhmistä: liikenneturvallisuus 45, geometria 30 ja teknillinen standardi 25 pistettä. Ns. geometrinen pisteluvun suurin arvo onkin juuri 30. Ajouradan ja pientareiden leveyden, pituuskaltevuuden, näkemien, rautateiden tasoisteysten ja taaja-asutuksen, tienpinnan laadun ja kantavuuden mukaan annetaan ns. vähennyspisteitä, jotka alentavat kokonaispistelukua. Geometriseen pistelukuun vaikuttavat ainoastaan ajoradan leveys, pituuskaltevuus ja näkemät.

Liite 9. osoittaa Suomessa käytetyt luokitteluperusteet.



Kuva 26 Poikkileikkausnopeuden riippuvuus näkemän pituudesta

Luokittelupisteluku ei ota vielä huomioon liikennemäärää, minkä vuoksi tvh on laatinut nomogrammin, jonka mukaan suuremmalla liikennemäärällä vaa- ditaan korkeampi pisteluku. Näin saadaan tiet vertailukelpoisiksi keskenään ja voidaan paremmin arvostella esim. tienparannushankkeiden tärkeysjärjestystä (liite 9).

Luokittelupisteluku on sinänsä erinomainen tien laadun mitta kunhan vain järjestelmä on tarkoituksenmukaisesti laadittu. Pisteluku voi ehkä korvata ne elementit, joista se on kokoonpantu ja näin voidaan käsittelyä suuresti yksinker- taistaa. Suomessa käytetty luokittelujärjestelmä peittää itse asiassa kaikki muut tien laatuun vaikuttavat osatekijät, paitsi kaarteisuuden, joka on puolestaan osoittautunut erittäin hyväksi nopeuden selittäjäksi (5.2.2.4.).

Useimmissa amerikkalaisissa järjestelmissä kaarteisuus sisältyy luo- kitteluun - esim. Mainen menetelmässä on tarkasteltu kaarteiden keskuskulmaa, Montanan menetelmässä taas kaarresädettä (Heiskanen /9/).

Seuraavassa pyritään tarkastelemaan luokittelupisteiden  $L$  edus- tavuutta liikenteen nopeuden selittäjänä. Taulukossa 17 on esitetty **ajonopeus- tutkimusten** tulokset luokittelupisteluvun mukaan ryhmiteltyinä. Luokittelu- pisteluku vaihtelee tutkimusaineistossa 50,8-94,0 lukuunottamatta tietä U 55, jolla esiintyy arvo 25,5. Keskiarvo kuivien tienpintojen osalta on 73,4. Havai- taan, että niin henkilöautojen ja kaikkien ajoneuvojen ajonopeudet samoin kuin keskihajonnatkin kasvavatisteluvun kasvaessa. Kuvista 27-28 nähdään summa- käyrien asettuvan varsin selvään järjestykseen - poikkeuksena vain pistelukuja 50-60 (54,8) ja 60-70 (64,8) vastaavat käyrät, jotka ovat vaihtaneet paikkaa.

Linearisessa usean muuttujan regressioanalyysissä kokonaispisteluku saa kaikkien ajoneuvojen osalta 8. sijan 20 selittäjästä, muttei enää paranna mallia. Henkilöautojen osalta se saa vasta 18. sijan. Tämä johtuu siitä, että mukana on **primäärisiä** muuttujia, jotka pystyvät paremmin selittämään funktio- ta. Luokittelupisteiden erillisvaikutus ajonopeuteen käy ilmi parhaiten seuraa- vista malleista:

$$\bar{v}_2 = 53,9 + 0,339 \cdot Y_1, \quad r = 0,83 \quad (81)$$

$$\bar{v}_2(H) = 57,3 + 0,363 \cdot Y_1, \quad r = 0,84 \quad (82)$$

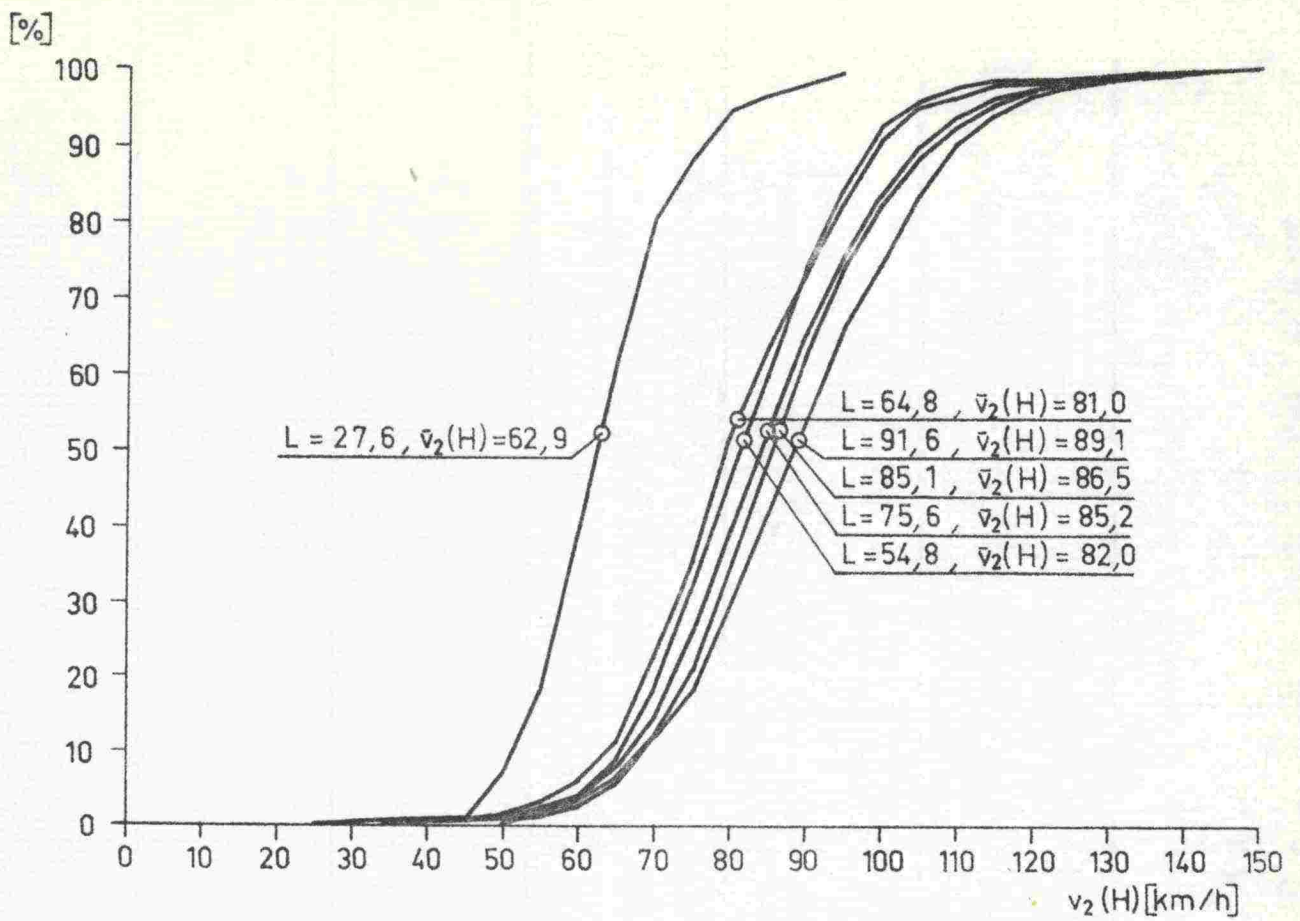
$$\bar{v}_2 = 42,0 + 0,767 \cdot Y_1 - 0,00344 \cdot Y_1^2, \quad r = 0,84 \quad (83)$$

$$\bar{v}_2(H) = 41,4 + 0,934 \cdot Y_1 - 0,00460 \cdot Y_1^2, \quad r = 0,87 \quad (84)$$

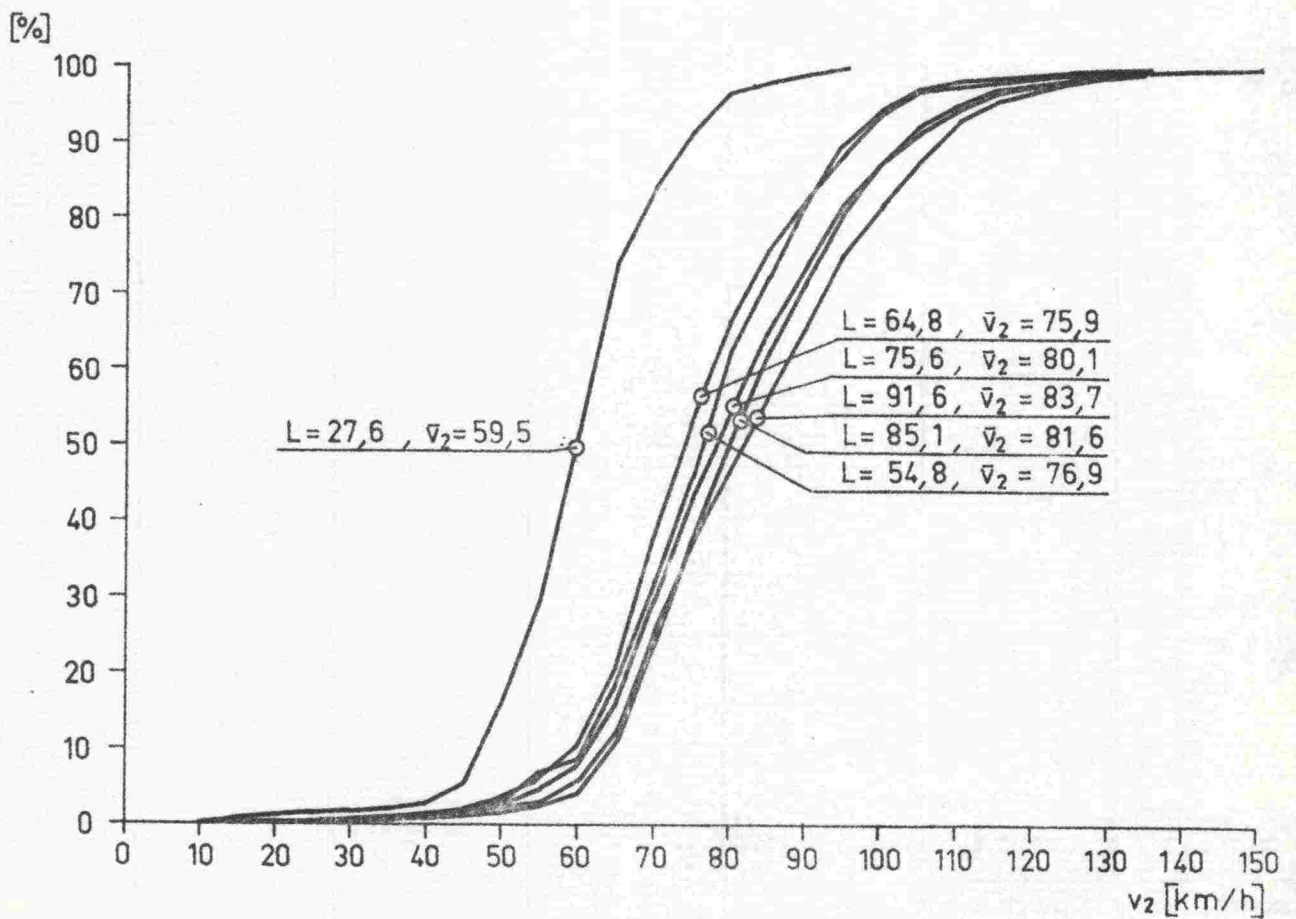
$$\log \bar{v}_2 = 1,395 + 0,270 \cdot \log Y_1, \quad r = 0,87 \quad (85)$$

$$\log \bar{v}_2(H) = 1,412 + 0,276 \cdot \log Y_1, \quad r = 0,88 \quad (86)$$

( $Y_1$  = mittavälin luokittelupisteluku [-]).



Kuva 27 Henkilöautojen ajonopeudet luokittelupisteluvun funktiona, summakäyrät



Kuva 28 Kaikkien ajoneuvojen ajonopeus luokittelupisteluvun funktiona, summakäyrät



Kvadraattinen malli ei osoita parempaa korrelatiokerrointa kuin linearinen. Parhain lienee potenssifunktio vaikei korrelatiokertoimien erolla olekaan merkitsevyyttä. Kuvissa 29 a ja b on esitetty mallien (81-82) ja (85-86) kuvaajat. Nähdään, että luokittelupisteluku pystyy hyvin selittämään ajonopeuksia. Ajonopeuksien keskihajontaa ei luokituspisteluku sensijaan selitä aivan niin hyvin. Malliksi saadaan:

$$s_2 = 9,0 + 0,089 \cdot Y_1, \quad r = 0,62 \quad (81a)$$

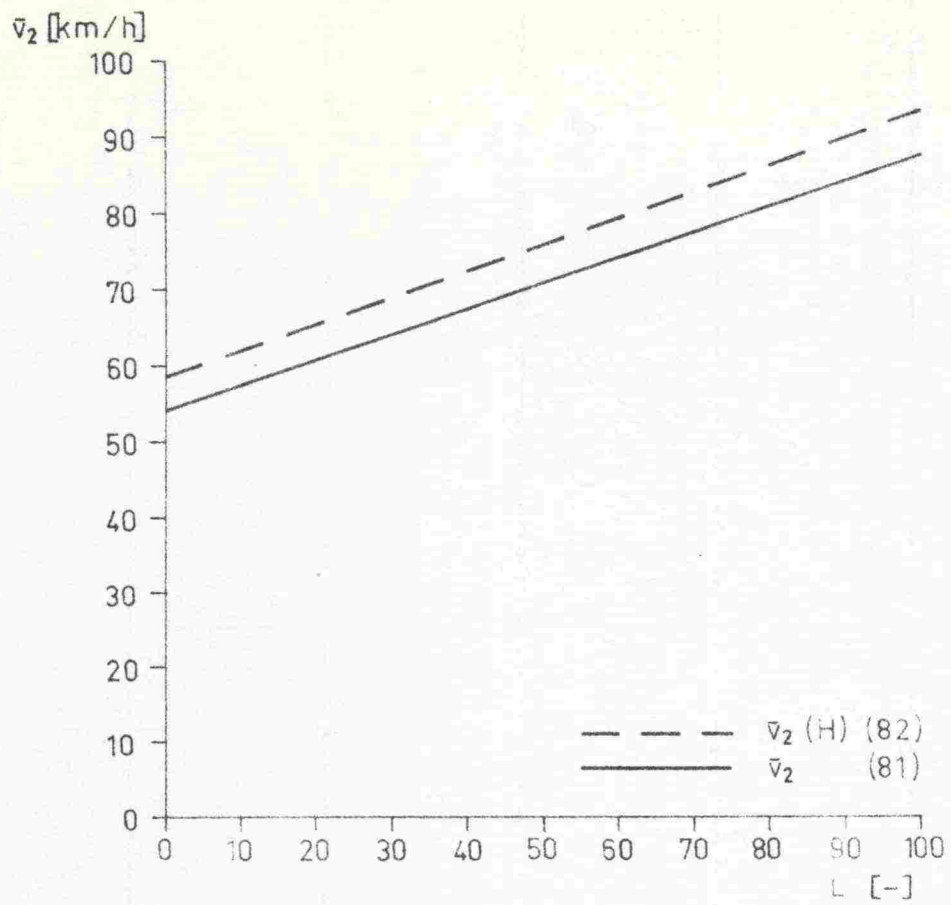
Poikkileikkausnopeustutkimusten yhteydessä on mittapisteen luokittelupisteluku määritelty keskiarvona 200 m matkalla ennen mittapistettä tutkitun liikenteen suunnassa. Pisteluku vaihtelee 52,0-95,5 lukuunottamatta tietä U 55, jolla esiintyy arvo 25,5. Keskiarvo kuivien tienpintojen osalta on 78,5.

Taulukko 17. Ajonopeuden riippuvuus tieosan keskimääräisestä luokittelupisteluvusta, koko aineisto.

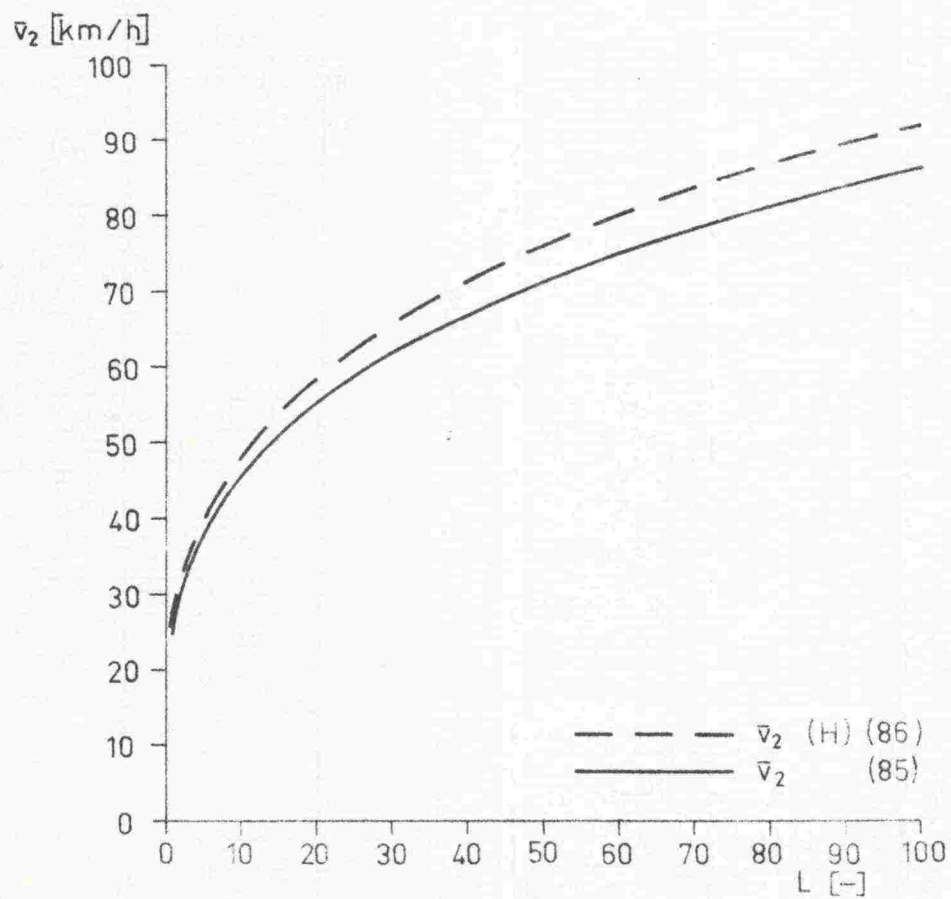
Ajoneuvo	L = 0, -50, 0			L = 50, 1-60, 0			L = 60, 1-70, 0		
	$\bar{v}_2$ km/h	$s_2$ km/h	Hav.	$\bar{v}_2$ km/h	$s_2$ km/h	Hav.	$\bar{v}_2$ km/h	$s_2$ km/h	Hav.
H	62,9	9,8	246	82,0	13,7	376	81,0	15,8	1505
P	60,3	8,0	35	69,3	12,2	25	70,9	9,9	92
L	48,5	8,0	15	64,8	10,0	22	65,2	9,4	83
K	54,6	7,0	94	67,8	13,4	108	66,2	8,5	477
Kp	52,4	9,5	2	62,4	9,1	27	63,4	11,5	121
T	19,4	4,0	6	27,6	0	1	27,1	2,0	4
$\Sigma$	59,5	11,1	398	76,9	15,2	559	75,9	15,8	2282
	L = 70, 1-80, 0			L = 80, 1-90, 0			L = 90, 1-100, 0		
	$\bar{v}_2$ km/h	$s_2$ km/h	Hav.	$\bar{v}_2$ km/h	$s_2$ km/h	Hav.	$\bar{v}_2$ km/h	$s_2$ km/h	Hav.
H	85,2	17,0	1994	86,5	15,5	2757	89,1	17,7	1107
P	73,0	14,9	139	73,5	10,7	136	76,9	15,3	53
L	69,0	8,9	93	69,1	9,1	87	72,9	8,8	33
K	66,5	11,2	377	67,9	9,2	523	67,4	8,0	228
Kp	63,2	11,5	154	69,6	7,4	238	67,9	5,1	84
T	26,1	7,0	5	25,9	6,2	21	22,7	7,1	4
$\Sigma$	80,1	17,9	2759	81,6	16,5	3762	83,7	18,5	1509

Taulukko 18. Poikkileikkausnopeuden riippuvuus tienkohdan luokituspisteluvusta.

Ajoneuvo- tyyppi	L = 0-50, 0		L = 50, 1-80, 0		L = 80, 1-90, 0		L = 90, 1-100, 0	
	$\bar{v}_1$ km/h	Havaintoja	$\bar{v}_1$ km/h	Havaintoja	$\bar{v}_1$ km/h	Havaintoja	$\bar{v}_1$ km/h	Havaintoja
H	66	289	85	2204	87	2297	90	1962
KPL	57	156	68	709	69	652	70	446
Kp	54	2	68	175	71	231	69	166
T	25	5	25	9	30	19	22	4
$\Sigma$	63	452	80	3097	82	3199	85	2578



Kuva 29a Ajonopeuden riippuvuus tieosan luokittelupisteluvusta



Kuva 29 b Ajonopeuden riippuvuus tieosan luokittelupisteluvusta

Taulukossa 18 on esitetty poikkileikkausnopeudet luokittelupisteluvun mukaan ryhmiteltyinä. Nopeuskeskiarvot (samoin kuin keskihajonnatkin) kasvavat pisteluvun kasvaessa. Kuvien 30 ja 31 summakäyrät asettuvat myös oikeaan järjestykseen. Linearisella regressioanalyysillä saadaan seuraavat mallit:

$$\bar{v}_1 = 54,3 + 0,339 \cdot X_1 \quad r = 0,87 \quad (87)$$

$$\bar{v}_1(H) = 57,0 + 0,370 \cdot X_1 \quad r = 0,89 \quad (88)$$

$$\bar{v}_1 = 46,6 + 0,612 \cdot X_1 - 0,00212 \cdot X_1^2, \quad r = 0,88 \quad (89)$$

$$\bar{v}_1(H) = 48,2 + 0,680 \cdot X_1 - 0,00241 \cdot X_1^2, \quad r = 0,90 \quad (90)$$

$$\bar{v}_1 = -3,9 + 45,0 \cdot \log(X_1), \quad r = 0,88 \quad (91)$$

$$\bar{v}_1(H) = -6,3 + 49,0 \cdot \log(X_1), \quad r = 0,90 \quad (92)$$

( $X_1$  = mittapisteen luokituspisteluku  $\left[-\frac{1}{2}\right]$ ).

Kvadraattinen malli ei ole juuri linearista parempi, mutta hankalampi käyttää kuin logaritminen malli. Kuvissa 32a ja b on esitetty mallit (87-88) ja (91-92).

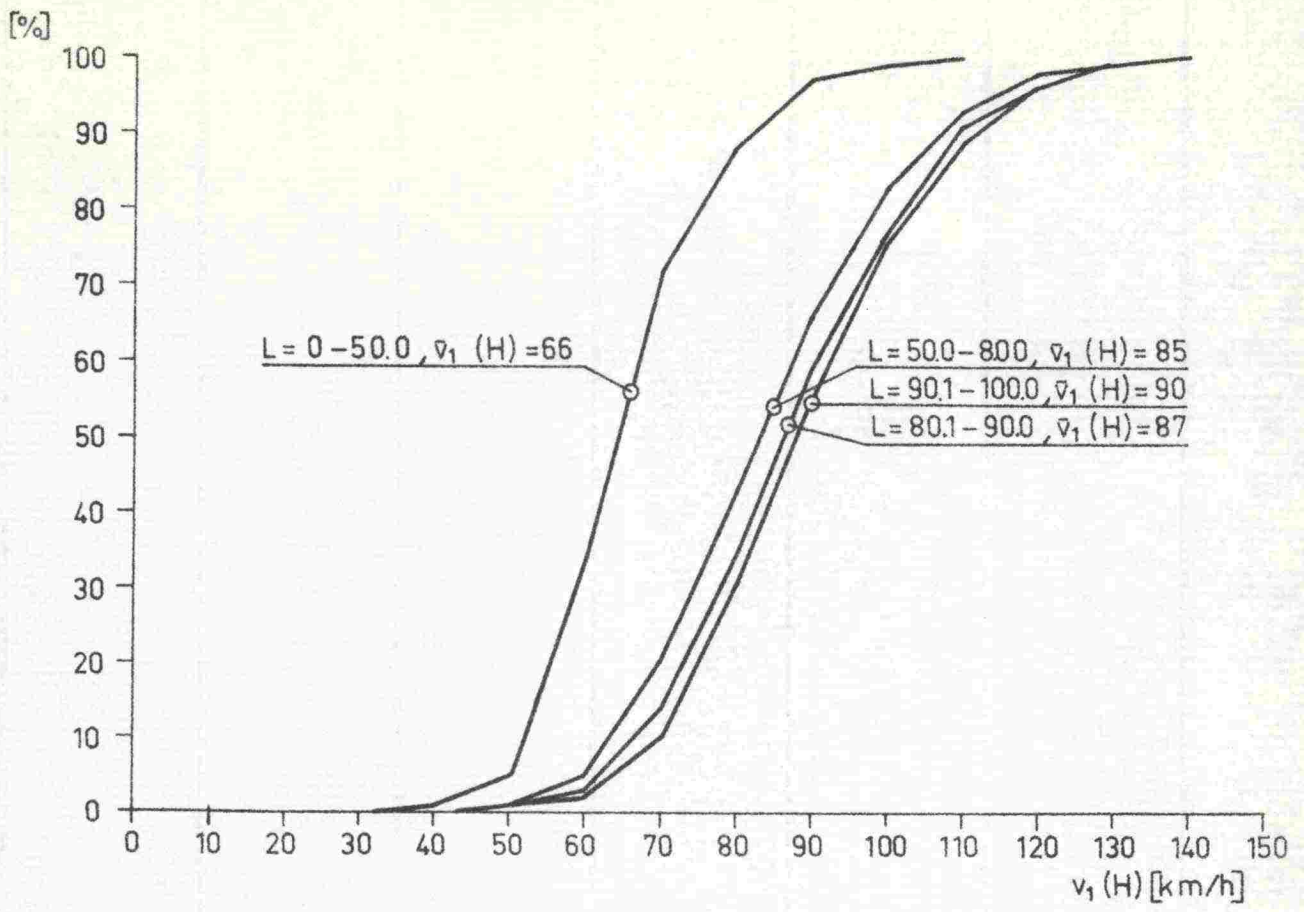
Poikkileikkausnopeuksien keskihajonnan riippuvuutta luokittelupisteluvusta kuvaa seuraava malli:

$$s_1 = 10,5 + 0,078 \cdot X_1, \quad r = 0,66 \quad (87a)$$

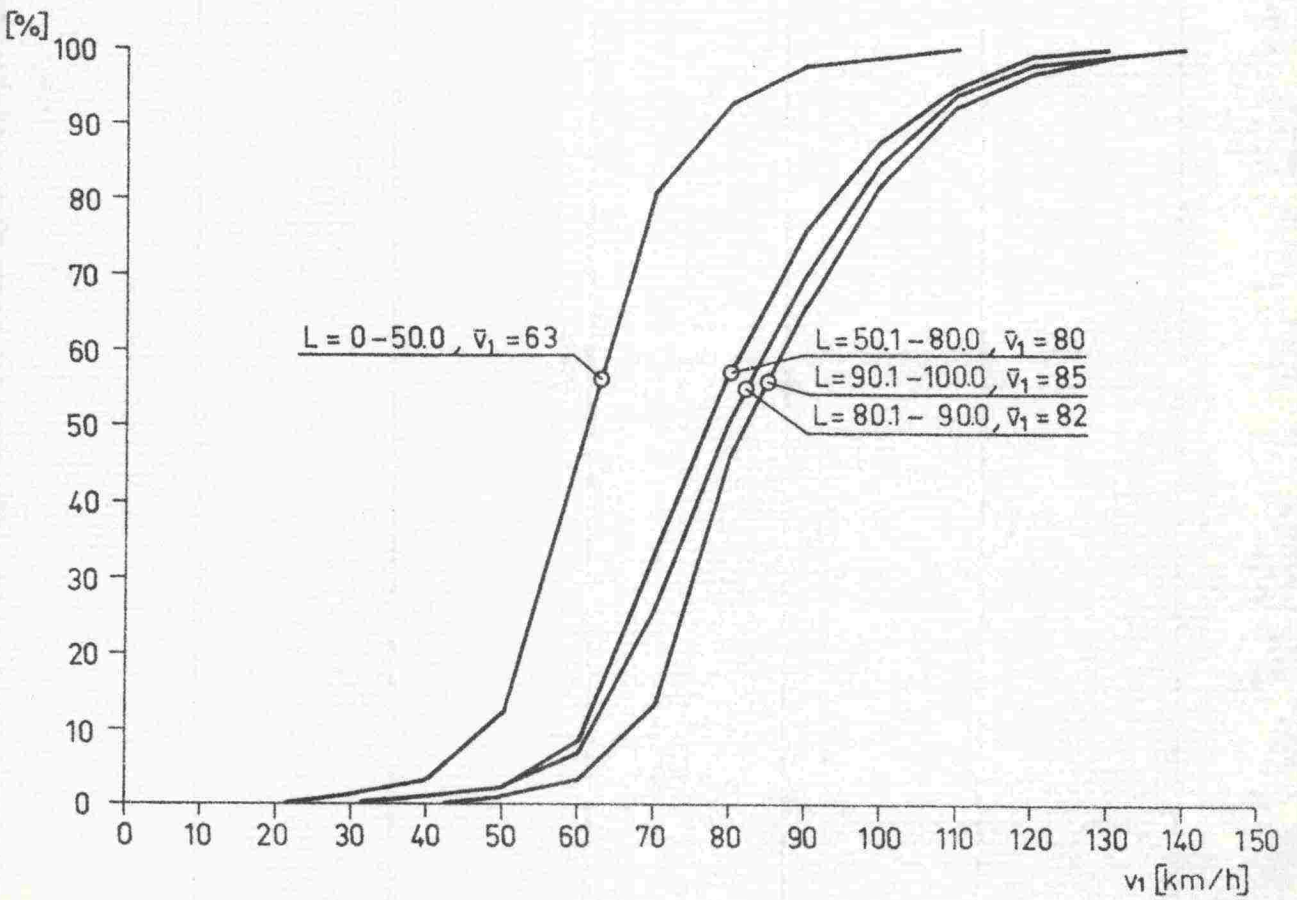
Luokittelupisteluku pystyy näinollen mainiosti selittämään myös poikkileikkausnopeuksia.

Geometrinen pisteluku G on huomattavasti yksinkertaisempi kuin luokittelupisteluku. Olisi erittäin houkuttelevaa käyttää ainoastaan ensin mainittua parametrina kuten mm. norjalaiset (Transportøkonomisk Utvalg /39/) ovat tehneet. Usean muuttujan linearisessa regressioanalyysissä geometrinen pisteluku saa vasta 12. sijan 20 selittäjästä sekä kaikkien ajoneuvojen että henkilöautojen osalta, eikä pysty enää malleja parantamaan. Tämäkin johtuu siitä, että mukana on primäärisiä muuttujia, jotka selittävät funktiota paremmin. Geometrinen pisteluku vaihtelee ajonopeustutkimuksen aineistossa 9,0-30,0, mutta saa tiellä U 55 arvon 5,3 keskiarvon ollessa kuivien tienpintojen osalta 22,5.

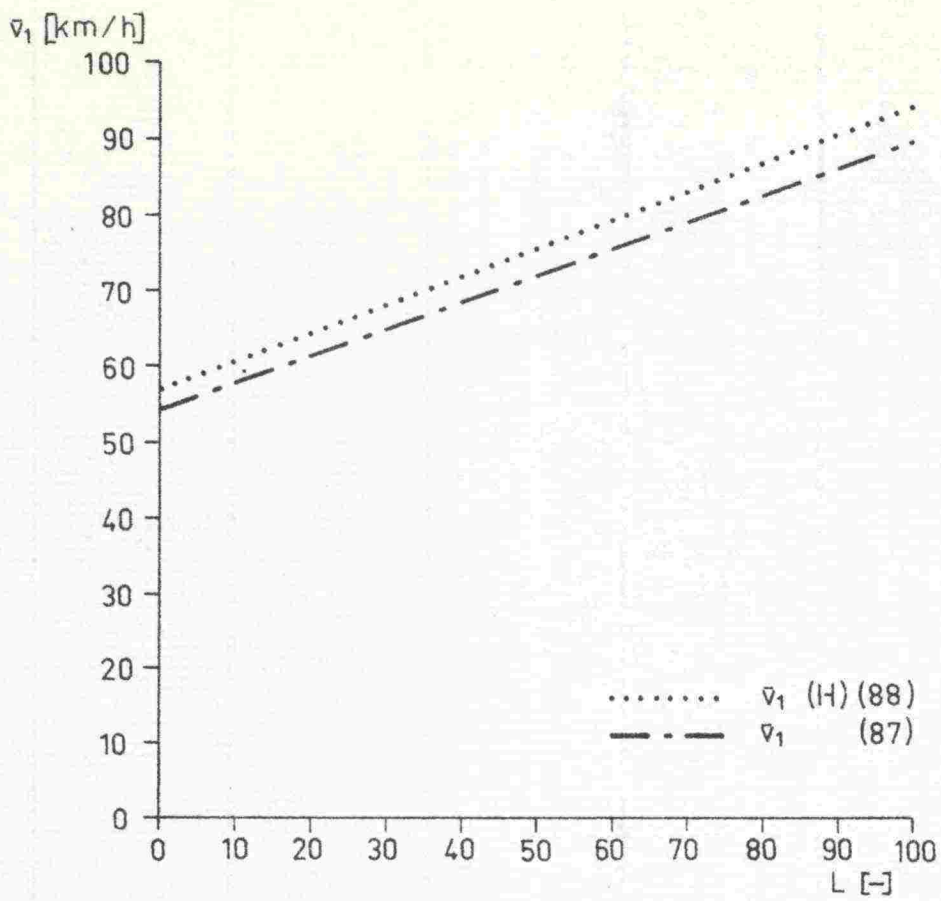
Taulukko 19 osoittaa geometrisen pisteluvun mukaan ryhmitellyt tulokset.



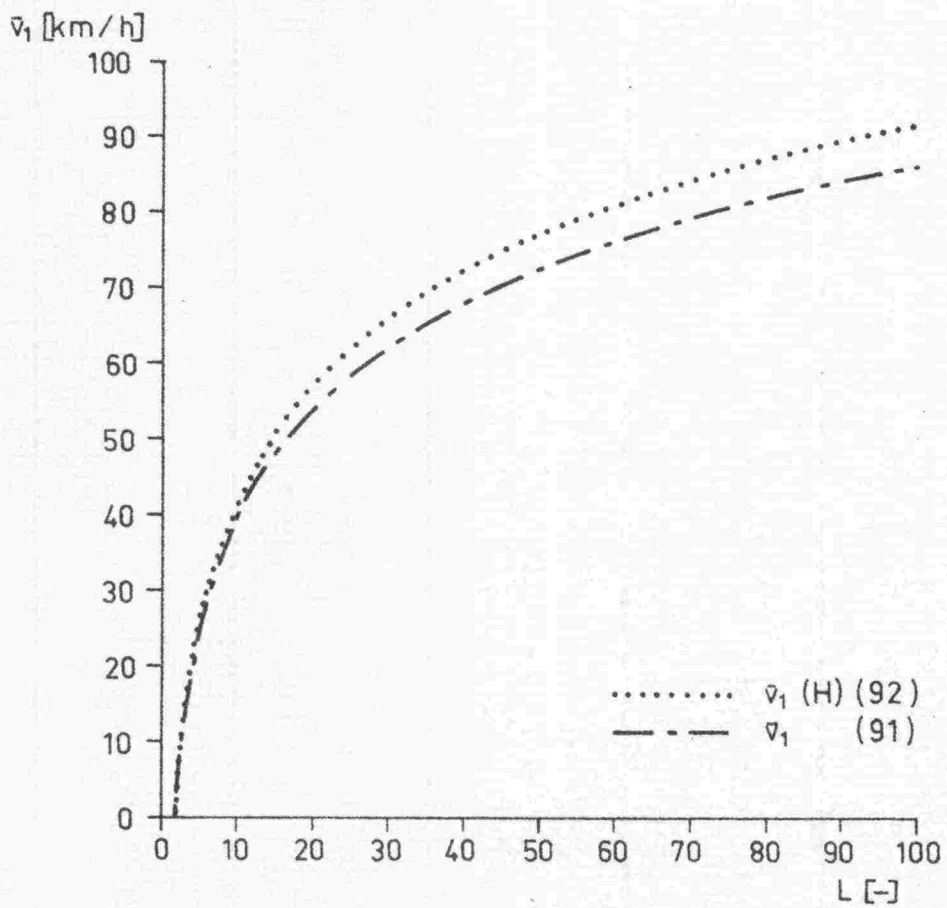
Kuva 30 Henkilöautojen poikkileikkausnopeus tienkohdan luokituspisteluvun funktiona , summakäyrät



Kuva 31 Kaikkien ajoneuvojen poikkileikkausnopeus tienkohdan luokituspisteluvun funktiona , summakäyrät



Kuva 32a Poikkileikkauksen nopeuden riippuvuus tienkohdan luokittelupisteestä



Kuva 32b Poikkileikkauksen nopeuden riippuvuus tienkohdan luokittelupisteestä

Taulukko 19. Tieosan geometrisen pisteluvun vaikutus ajonopeuteen, koko aineisto.

Geom. pisteluku	0-10 <sup>1</sup>	10-20 <sup>2</sup>	20-25	25-27,5	27,5-30
Ajonopeus $\bar{v}_2$ km/h	59,5	75,9	77,5	82,6	82,5
Keskim. pisteluku	7,6	13,8	23,4	26,0	28,7

<sup>1</sup> Tässä vain U 55 -ryhmä

<sup>2</sup> U 2.215, jossa G = 9,0, sijoitettu tähän

Pisteluvun erillisvaikutusta ajonopeuteen kuvaavat seuraavat mallit:

$$\bar{v}_2 = 61,9 + 0,75 \cdot Y_2, \quad r = 0,76 \quad (93)$$

$$\bar{v}_2(H) = 66,1 + 0,79 \cdot Y_2, \quad r = 0,76 \quad (94)$$

$$\bar{v}_2 = 59,0 + 1,13 \cdot Y_2 - 0,0101 \cdot Y_2^2, \quad r = 0,76 \quad (95)$$

$$\bar{v}_2(H) = 61,3 + 1,42 \cdot Y_2 - 0,0166 \cdot Y_2^2, \quad r = 0,76 \quad (96)$$

$$\log \bar{v}_2 = 1,667 + 0,172 \cdot \log Y_2, \quad r = 0,78 \quad (97)$$

$$\log \bar{v}_2(H) = 1,693 + 0,173 \cdot \log Y_2, \quad r = 0,78 \quad (98)$$

( $Y_2$  = mittavälin geometrisen pisteluku [-]).

Kvadraattinen malli ei ole linearista parempi, mutta potenssifunktio näyttää antavan parhaan korrelatiokertoimen - kertoimien erolla ei kuitenkaan ole mitään merkitysevyyttä. Geometrinen pisteluku osoittautuu lähes yhtä hyväksi selittäjäksi kuin huomattavasti monimutkaisempi luokittelupisteluku. Kuvista 33a ja b nähdään mallien (93-94) ja (97-98) kuvaajat.

Poikkileikkausnopeuden mittapisteiden osalta geometrinen pisteluku on laskettu samalla tavalla kuin luokituspistelukukin 200 m:n matkalla ennen mittapistettä. Pisteluku vaihtelee 18,0-30,0, mutta saa tiellä U 55 arvon 5,5. Keskiarvo on kuivilla tienpinnoilla 25,3. Geometrisen pisteluvun vaikutusta poikkileikkausnopeuksiin kuvaavat seuraavat mallit:

$$\bar{v}_1 = 54,9 + 1,0 \cdot X_2, \quad r = 0,88 \quad (99)$$

$$\bar{v}_1(H) = 58,1 + 1,1 \cdot X_2, \quad r = 0,88 \quad (100)$$

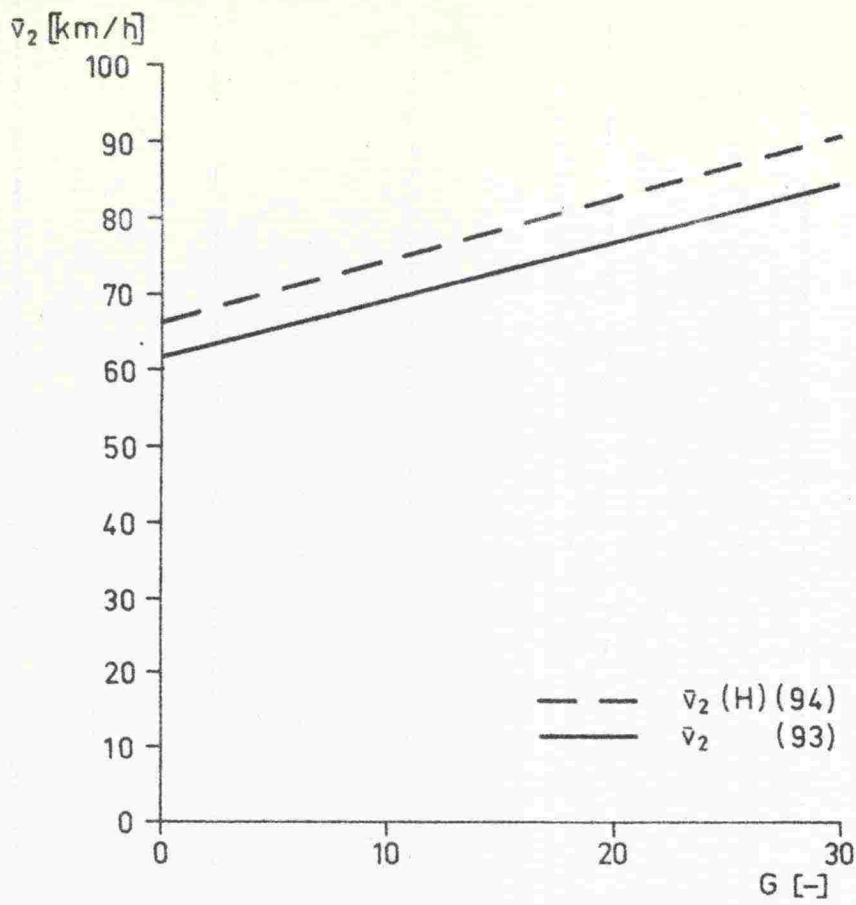
$$\bar{v}_1 = 52,0 + 1,3 \cdot X_2 - 0,0078 \cdot X_2^2, \quad r = 0,88 \quad (101)$$

$$\bar{v}_1(H) = 54,7 + 1,5 \cdot X_2 - 0,0092 \cdot X_2^2, \quad r = 0,88 \quad (102)$$

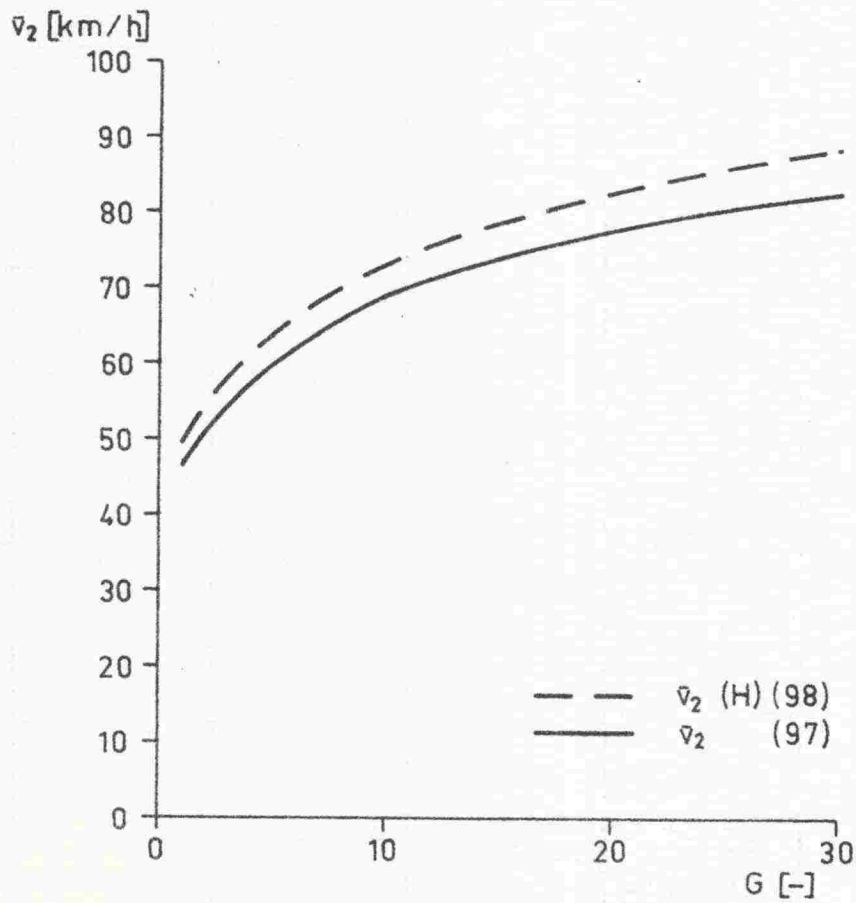
$$\bar{v}_1 = 26,2 + 39,5 \cdot \log X_2, \quad r = 0,86 \quad (103)$$

$$\bar{v}_1(H) = 27,5 + 42,2 \cdot \log X_2, \quad r = 0,86 \quad (104)$$

( $X_2$  = mittapisteen geometrisen pisteluku [-]).



Kuva 33 a Ajonopeuden riippuvuus tieosan geometrisesta pisteluvusta



Kuva 33 b Ajonopeuden riippuvuus tieosan geometrisesta pisteluvusta

Kvadraattinen malli ei ole linearista parempi, ei myöskään logaritminen. Mallit (99-100) ja (103-104) nähdään kuvista 34a ja b.

Keskihajonnan vastaava riippuvuus nähdään mallista

$$s_1 = 11,3 + 0,21 \cdot X_2, \quad r = 0,59 \quad (99a)$$

Myös poikkileikkausnopeuksien osalta geometrinen pisteluku näyttää antavan yhtä hyvät mallit kuin luokittelupisteluku.

Kiintoisaa on todeta, että poikkileikkausnopeus osoittautuu paremmaksi selitettäväksi kuin ajonopeus, nimenomaan geometrisen pisteluvun ollessa selittäjänä - esim. mallien (93) ja (99) korrelatiokertoimien ero on merkitsevä.<sup>1</sup> Kohdissa 5.2.2.1.-5. saatujen tulosten nojalla olisi myös mielenkiintoista verrata toisaalta luokittelu- ja geometriseen pistelukuihin vaikuttavien tekijöiden suhteellista vaikutusta nopeuksiin sekä toisaalta näille tekijöille annettuja painoja itse pistelukuja laskettaessa (liite 9). Osatekijöiden tärkeysjärjestys näyttää olevan oikea lukuunottamatta kaarteisuutta, joka puuttuu pisteluvuista. Näkemän voimakas osuus toisaalta kompensoi tätä puutetta. Ajoradan leveyden osuutta ei tulosten perusteella pystytä arvostelemaan. Se tuntuu varsin suurelta. Asian lähempi tarkastelu ei kuitenkaan kuulu tämän tutkimuksen piiriin.

Kuvia 33a ja 34a on kiintoisaa verrata kuvaan 3:6 teoksessa *Transportøkonomisk Utvalg /39/*. Tämä norjalaisten esittämä malli olisi seuraava:

$$\nabla_2 = 27,7 + 1,54 \cdot G \quad (105)$$

Kirjoittajat eivät ole kuitenkaan ilmoittaneet mistä malli on saatu ja mikä on sen luotettavuus.

## 2.3. Liikenneolosuhteet

### 2.3.1. Liikenteen koostumus

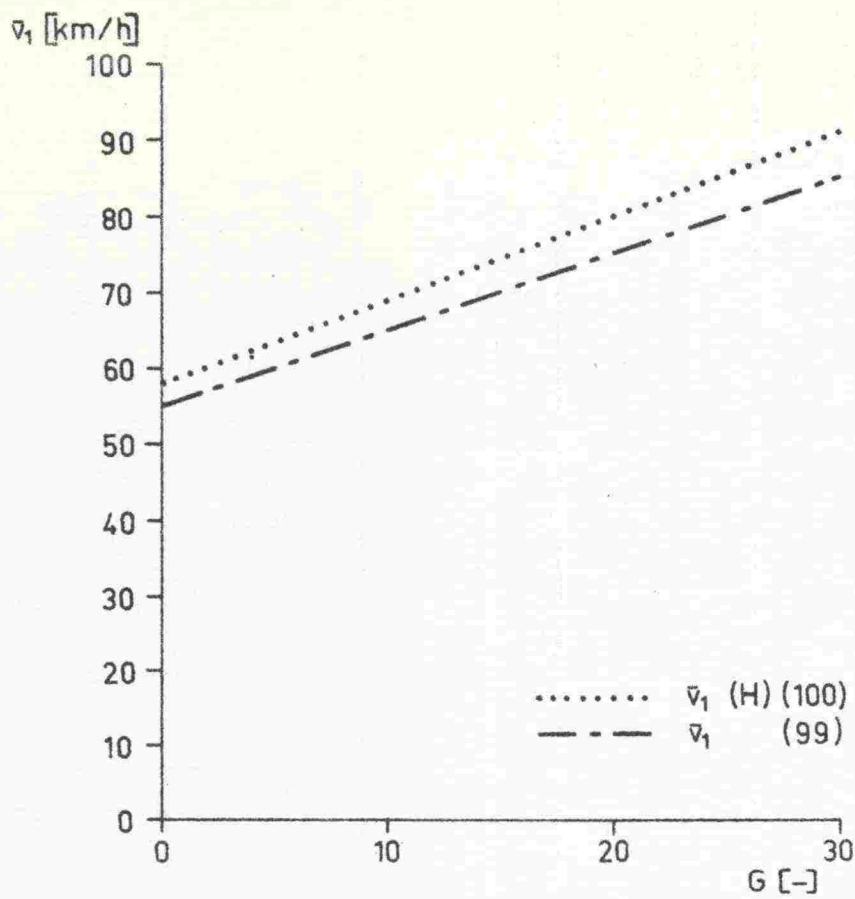
Liikenteen koostumus koko tutkimusaineiston osalta käy ilmi taulukoista 1 ja 2, joiden mukaan henkilöautoprosentti on keskimäärin n. 71-72 %. Alin arvo 53 % todettiin tiistaipäivänä valtatiellä 8 ja ylin arvo 95 % sunnuntaina valtatiellä 6.

### Ajonopeudet

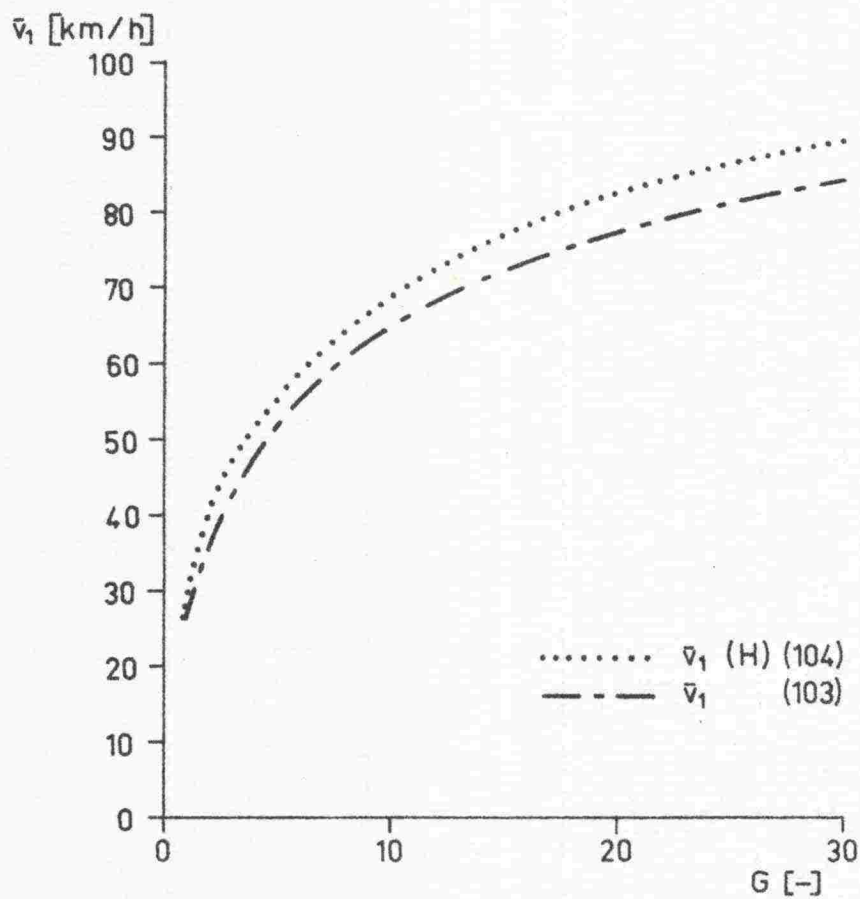
Linearisella regressioanalyysillä saadaan (ilman tien U 55 havaintoja)

<sup>1</sup> Tämä on vastoin aikaisempaa olettamusta, etteivät kuljettajat reagoisi paikallisiin vaihteluihin tieolosuhteissa.





Kuva 34a Poikkileikkausnopeuden riippuvuus tienkohdan geometrisesta pisteluvusta



Kuva 34b Poikkileikkausnopeuden riippuvuus tienkohdan geometrisesta pisteluvusta

keskimääräisen ajonopeuden riippuvuutta henkilöautoprosentista kuvaamaan seuraavanlainen malli:

$$\bar{v}_2 = 62,3 + 0,257 \cdot Y_{20}, \quad r = 0,57 \quad (106)$$

( $Y_{20}$  = henkilöautoprosentti [%]).

Henkilöautojen keskimääräiseen nopeuteen ei henkilöautoprosentti näytä vaikuttavan paljoakaan, koska korrelatiokerroin olisi vain 0,14 eikä poikkeanollasta.

Henkilöautoprosentilla ei näytä olevan vaikutusta myöskään liikennevirran ajonopeuden keskihajontaan, sillä regressioanalyysillä ei saada minkäänlaista korrelatiota näiden muuttujien välille.

### Poikkileikkausnopeudet

Poikkileikkausnopeuden riippuvuutta henkilöautoprosentista kuvaa seuraava malli:

$$\bar{v}_1 = 68,5 + 0,192 \cdot X_{20}, \quad r = 0,40 \quad (107)$$

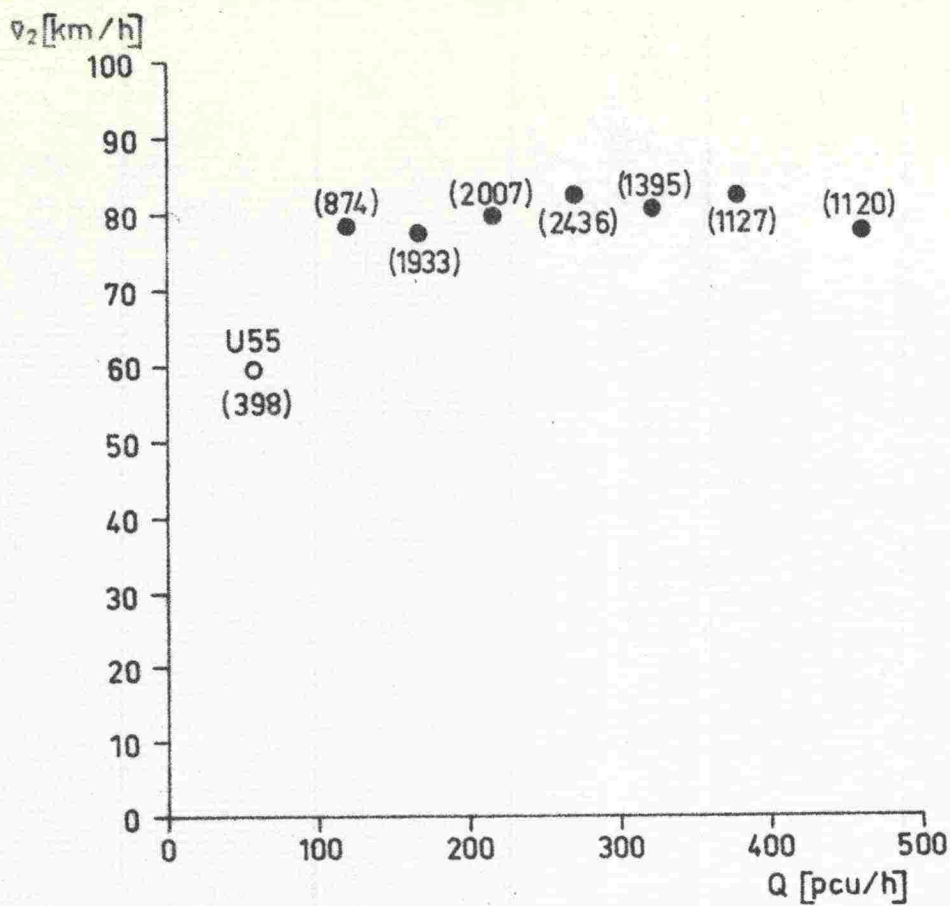
( $X_{20}$  = henkilöautoprosentti [%]).

Henkilöautojen nopeutta kuvaavalle mallille ei saada mitään korrelatiota eikä myöskään mallin (107) korrelatiokerroin ole suuri. Keskihajonnan ja henkilöautoprosentin välille ei taaskaan saada minkäänlaista korrelatiota. Potenssifunktion käyttäminen ei sekään paranna malleja.

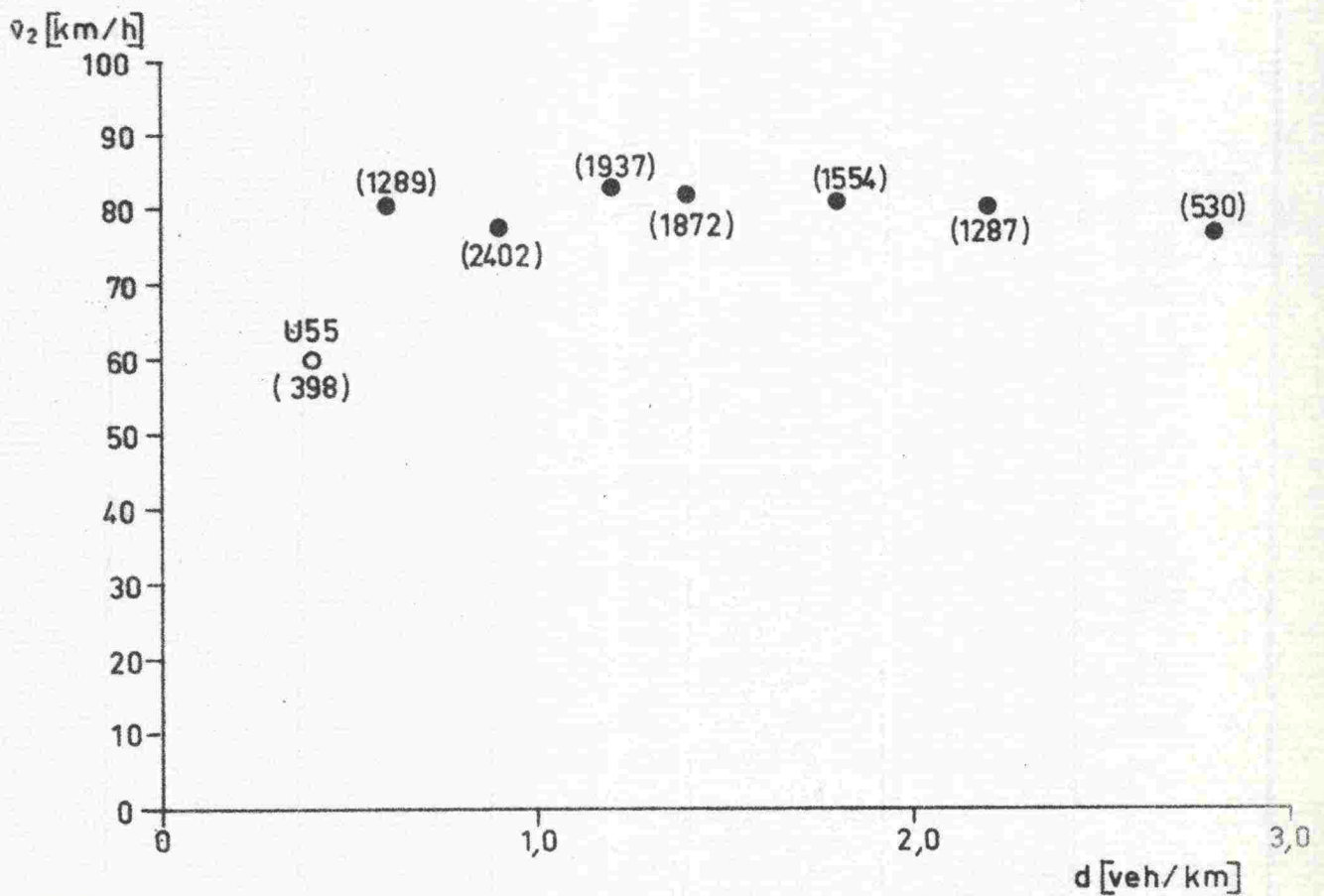
Henkilöautoprosentin vaikutus koko liikennevirran keskinopeuksiin ei näin ollen näytä kovinkaan voimakkaalta. Tämäkin vaikutus selittyy henkilöautojen ja raskaiden ajoneuvojen nopeuksien erilaisuuden perusteella - mitä enemmän liikenteessä on henkilöautoja, sitä suuremmaksi muodostuu liikenteen keskinopeus. Itse henkilöautojen nopeuksiin ei henkilöautoprosentilla ole vaikutusta.

### 2.3.2. Liikennemäärä

Kuten jo aikaisemmin (kohta 4.1.) on mainittu, ovat liikennemäärät tässä tutkimuksessa olleet niin pienet, että ne eivät ulkomailla saatujen kokemusten mukaan vaikuta sanottavasti nopeuksiin. Seuraavassa on kuitenkin pyritty analysoimaan tätä kysymystä eri tavoin. Taulukossa 20 ja kuvassa 35 ovat koko aineiston (kuivat ja märät tienpinnat) ajonopeuksien keskiarvot ilman katonopeusarvoja sekä tutkimusta 8 ryhmiteltynä henkilöautoyksikköinä ilmoitetun molempiin suuntiin tapahtuneen liikenteen mukaan. Liikennemäärä vaihte-



Kuva 35 Kaikkien ajoneuvojen ajonopeus liikennemäärän funktiona. Havaintojen lukumäärä sulkeissa.



Kuva 36 Kaikkien ajoneuvojen ajonopeuden riippuvuus liikennetiheydestä. Havaintojen lukumäärä sulkeissa.

lee rajoissa 48-506 hay/h keskiarvon ollessa kuivien tienpintojen osalta 235 hay/h.

Taulukko 20. Ajonopeus liikennemäärän (hay/h) funktiona.

Q hay/h	0-100 <sup>1</sup>	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-400	401-
$\bar{v}_2$ km/h	59,5	78,3	77,4	79,7	82,4	80,4	82,3	77,3
Hav. kpl	398	874	1933	2007	2436	1395	1127	1120
Q hay/h	57	120	167	217	271	324	379	462

<sup>1</sup> vain U 55

Nopeudet näyttäisivät pikemminkin kasvavan kuin pienenevän liikennemäärän kasvaessa. Muiden tekijöiden kuin liikennemäärän voimakkuus on siis ehkä ollut suurempi. Huomattakoon, että liikennemäärää 0-100 hay/h edustavat vain tieltä U 55 saadut arvot, mikä tekee alhaisen nopeuden ymmärrettäväksi.

Linearinen regressioanalyysi antaisi ajonopeudelle liikennemäärän mukana nousevan suoran, joka on vastoin yleisiä käsityksiä, vaikka poikkeukselliset tien U 55 havainnot poistetaankin aineistosta. Korrelatiokerroin on tosin nolla. Keskihajonta nousee myös liikennemäärän kasvaessa. Keskinopeuden kasvu liikennemäärän noustessa saattaisi olla pienillä liikennemäärillä selitettävissä seuraavasti: Toisen ajoneuvon ilmaantuessa näköpiiriin, joko edessä tai takana, kuljettaja vaistomaisesti lisää nopeuttaan. Tällaisen riippuvuuden olemassaoloa ei tässä tutkimuksessa ole kuitenkaan tutkittu.

Tämän jälkeen on vain kuivilta tienpinnoilta saatu aineisto ryhmitelty ajonopeuksien osalta ilman tutkimuksia 4, 5, 8, 51, 52 ja 57-60 ajoneuvoina ilmoitetun molempiin suuntiin tapahtuneen liikenteen mukaan. Liikennemäärä vaihtelee rajoissa 37-383 ajon/h keskiarvon ollessa kuivien tienpintojen osalta 181 ajon/h. Mitään alenevaa trendiä ei tästäkään saada. Regressiomalli olisi nytkin nouseva.

Lopuksi on vielä tutkittu vain mittaussuunnan liikennemäärää ajon/h kuivien tienpintojen osalta regressioanalyysin avulla. Vaihtelurajat ovat 18-246 ajon/h keskiarvon ollessa 93 ajon/h ajonopeuksien kohdalla. Mallit olisivat taaskin nousevia, vaikka tien U 55 arvot on poistettu aineistosta. Edelläolevan tarkastelun perusteella voitaneen päätellä, että liikennemäärän vähäisyyden ansiosta tutkituissa tapauksissa ei sen yleisesti tunnettua vaikutusta ajonopeuksiin ole voitu saada esille. Kun tavoitteena on ollut lähinnä tien geometristen ominaisuuksien

sien vaikutusten selvittäminen, voidaan tätä tulosta pitää etunakin.

Poikkileikkausnopeuksien tutkimustulokset (kuivat tienpinnat) on myös ryhmitelty erilaisiin liikennemääräluokkiin. Liikennemäärän kasvaessa ei nopeuksissa ole havaittavissa mitään alenevaa trendiä.

Regressioanalyysissä, josta tien U 55 arvot on poistettu saadaan myös nousevat mallit, käytettiinpä sitten selittäjänä liikennemäärää molempiin suuntiin (hay/h) ja (ajon/h) tai yhteen suuntaan (ajon/h). Sama koskee myös keskihaajontaa. Ainoastaan henkilöautojen osalta saataisiin loivasti laskevat suorat, mutta korrelatiokerroin on  $\approx 0$ .

Edelläolevan tarkastelun nojalla saa vahvistusta se käsitys, että liikennemäärän ja nopeuden välistä riippuvuutta kuvaavan käyrän (kuva 7c kohta 3.1.) ylempi haara on pienillä liikennemäärillä lähes vaakasuora.

### 2.3.3. Liikennetiheys

Liikennetiheys on läheisessä riippuvuussuhteessa liikennemäärään (ks. kohta 3.1.). Kun myös liikennetiheyden arvot ovat tutkimusaineistossa varsin pieniä, ei senkään vaikutusta voida olettaa saatavan esiin. Liikennetiheys yhteen suuntaan vaihtelee rajoissa 0,3-3,0 ajon/km keskiarvon ollessa kuivien tienpintojen osalta 1,2 ajon/km. Liikennetiheyttä ei ole voitu mitata, vaan se on laskettu mittaussuunnan liikennemäärän ajon/h ja harmonisen nopeuskeskiarvon km/h osamääränä kaavasta (2).

Koko ajonopeustutkimuksen aineisto (sekä kuivat että märät tienpinnat), josta tutkimusten 4, 5, 8, 51, 52 ja 57-60 arvot on poistettu, on tiheyden mukaan ryhmitelty eri luokkiin. Tiheyden kasvaessa ei mitään alenevaa trendiä saada. Ajonopeuksien keskiarvot nähdään kuvasta 36. Pistejoukko on likimain vaakasuora tai ehkä hiukan nouseva, vaikka tie U 55 jätetäänkin tarkastelun ulkopuolelle.

Regressioanalyysi antaa nousevat käyrät, mikä on taaskin vastoin oletuksia. Ainoastaan henkilöautoille saadaan loivasti aleneva malli, mutta korrelatiokerroin on nolla. Tämä on, kuten liikennemäärän kohdallakin oli asianlaita, luettava lähinnä erinomaisen pienten tiheyksien ansioksi. Ilmeisesti näillä nopeuksilla vasta yli 2,5 ajon/km tiheydet alkavat vaikuttaa nopeuksia alentavasti.

Poikkileikkausnopeuksien (kuivien tienpintojen) osalta on tulokset jaettu

vain kahteen liikennetiheysluokkaan:  $d = 0-1,2$  ajon/km ja  $d > 1,2$  ajon/km (taulukko 21).

Nähdään, että jokaisen ajoneuvoryhmän poikkileikkausnopeudet erikseen ovat pienemmällä tiheydellä suuremmat kuin suuremmalla tiheydellä. Henkilöautojen nopeudet ovat 2 km/h verran toisistaan erillään, mutta kaikkien ajoneuvojen nopeuskeskiarvojen ero on alle 1 km/h. Testillä voitaisiin todeta eron olevan henkilöautojen osalta erittäin merkitsevän ( $\lambda = 4,6$  kun  $s = 18$ ). Ryhmitely on tässä ollut varsin karkea. Edelleen on todettava laskelmissa käytetyn koko mittavälille ajonopeuksien avulla laskettua keskimääräistä tiheyttä, joka ei ole oikea. Sensijaan poikkileikkausnopeuden mittauskohdalla vallinnutta liikennetiheyttä ei ole tässä yhteydessä selvitetty - se on saattanut ohitusten ansiosta suurestikin vaihdella. Testin tulokseen olisi näinollen suhtauduttava epäillen. Regressioanalyysi antaisi taasen kasvavan liikennetiheyden mukaan nousevan mallin, joka on vastoin olettamuksia. Näin pienten liikennetiheyksien vaikutus ei näinollen voi olla havaittavissa ja se käsitys, että liikennetiheyden ja nopeuden riippuvuutta osoittavan käyrän alkiosa (kuva 7a, kohta 3.1.) on lähes vaakasuora, saa tästä vahvistusta.

Taulukko 21. Poikkileikkausnopeuden riippuvuus liikennetiheydestä.<sup>1</sup>

Ajon. tyyppi	Liikennetiheys d ajon/km			
	0-1,2		>1,2	
	$\bar{v}_1$ km/h	Hav.	$\bar{v}_1$ km/h	Hav.
H	88	3179	86	3284
KPL	69	980	68	827
Kp	71	361	68	211
F	28	26	27	6
M	82	4546	82	4328

<sup>1</sup> Liikennetiheys laskettu liikennemäärän ja harmonisen ajonopeuskeskiarvon avulla.

#### 5.2.3.4. Käyttösuhde

Liikennemäärä sinänsä ei yksin määrää liikenteellisiä olosuhteita tiellä vaan huomio on kiinnitettävä myös tien välityskykyyn. Mittavälin tutkimusaikainen käyttösuhde  $\frac{Q}{C}$  on laskettu henkilöautoyksiköinä tunnissa ilmaistujen liikenn-

nemäärän  $Q$  ja liikenteenvälityskyvyn  $C$  osamääränä (mol. suunnat). Välityskyvynä on käytetty TVL:n normaalimääräysten /37/ mukaista arvoa  $C = C_0 \cdot k_1 \cdot k_2$ , joka ottaa huomioon tienpinnan leveyden ja näkemien vaikutukset. Välityskyvyn arvoksi ihanteellisissa olosuhteissa on valittu  $C_0 = 900$  hay/h, joka vastaa normien mukaista käytännöllistä välityskykyä. Henkilöautoekvivalenteja laskettaessa ei mäkisyyden vaihtelua ole kuitenkaan otettu huomioon, vaan mittavälien on oletettu sijaitsevan tasaisessa maastossa, mikä likimain pitääkin paikkansa (ks. 5.2.2.3.). Käyttösuhde vaihtelee tässä tutkimuksessa 0,08-0,94 keskiarvon ollessa kuivien tienpintojen osalta 0,38. Kysymys on siis joko vapaista tai normaaleista olosuhteista (Transportøkonomisk Utvalg /39/) eikä milloinkaan häirityistä. Mikäli olisi käytetty HCM:n /10/ mukaista v/c-arvoa, jossa  $c_0 = 2000$  hy/h, olisivat käyttösuhteen arvot vain 45 % tässä esitetyistä ts. vaihtelurajat 0,04-0,42 ja keskiarvo 0,17. Suurin osa tapauksista sisältyy siis käyttösuhteen puolesta palvelutasoluokkaan A ja vain osa luokkaan B. Myös tämän kriteerion mukaan on kysymys pääasiassa vapaista olosuhteista. Käyttösuhteen ei voida näinollen olettaa vaikuttavan nopeuksiin. Taulukossa 22 on esitetty koko aineistosta (kuivat ja märät tienpinnat) käyttösuhteen mukaan ajonopeuksien ryhmitellyt tulokset, joista tutkimukset 4, 5, 51, 52, 57-60 ja 8 on poistettu. Ryhmien keskimääristen nopeuksien ja käyttösuhteiden mukaan piirretty kuva 37 osoittaa pistejoukon olevan likimain vaakasuorassa.

Linearisella regressioanalyysillä saadaan seuraavat mallit:

$$\bar{v}_2 = 83,8 - 8,6 \cdot Y_{15}, \quad r = 0,27 \quad (108)$$

$$\bar{v}_2(H) = 90,0 - 10,8 \cdot Y_{15}, \quad r = 0,36 \quad (109)$$

( $Y_{15}$  = käyttösuhde  $Q/C$  l. liikennemäärä/käytännöllinen välityskyky [-]).

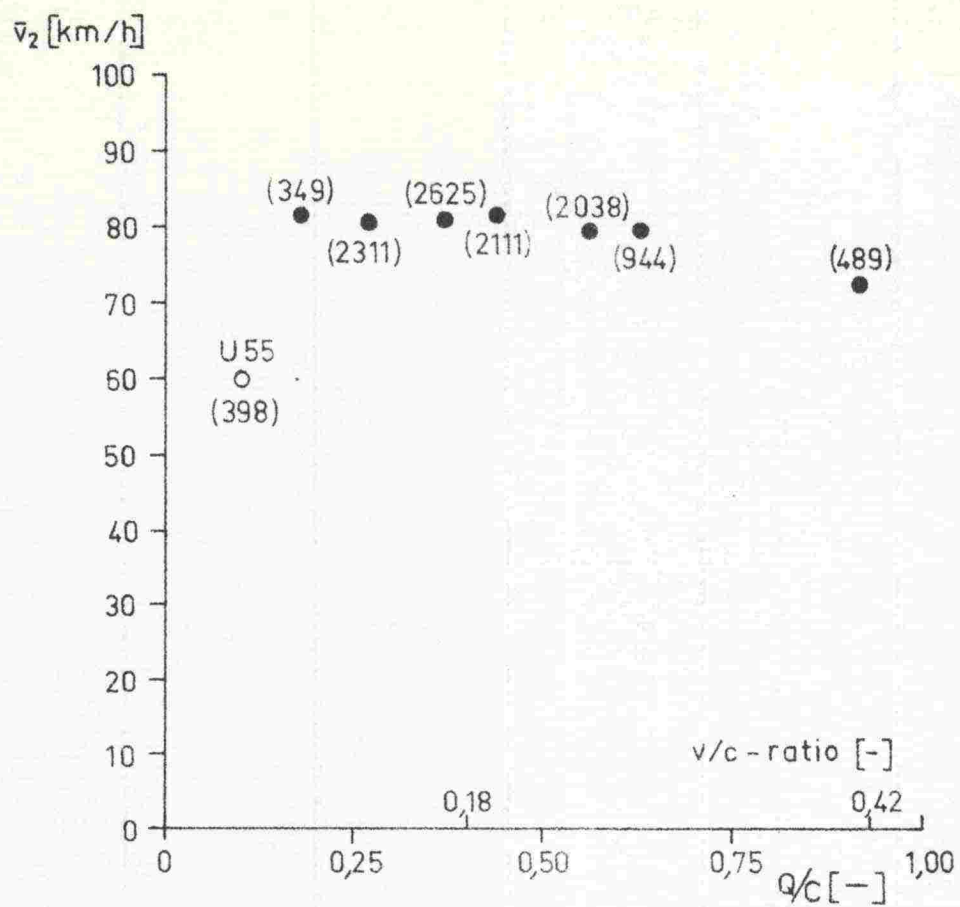
Sijoitettaessa malleihin käyttösuhteen  $Q/C$  sijasta ns. v/c-suhde (HCM /10/, tulisivat ne seuraavanlaisiksi:

$$\bar{v}_2 = 83,8 - 19,1 \cdot v/c, \quad r = 0,27 \quad (110)$$

$$\bar{v}_2(H) = 90,0 - 24,0 \cdot v/c, \quad r = 0,36 \quad (111)$$

(v/c = volume-capacity-ratio l. liikennemäärä/mahdollinen välityskyky [-]).

Vaikkakin korrelatiokertoimet poikkeavat nolasta henkilöautojen osalta merkittävästi ja kaikkien ajoneuvojen osalta melkein merkittävästi, ovat ne kuitenkin liian pieniä, mikä tekee ko. riippuvuuden varsin kyseenalaiseksi. Saadut mallit antanevat kuitenkin viitteen siitä suunnasta, johon kasvava käyttösuhde tulee vaikuttamaan.



Kuva 37 Kaikkien ajoneuvojen ajonopeuden riippuvuus käyttösuhteesta  
Havaintojen lukumäärä sulkeissa.



Taulukko 22. Ajonopeuden riippuvuus käyttösuhteesta, koko aineisto.

Ajoneuvo	Q/C = 0, -0, 20 (v/c = 0, -0, 09)			Q/C = 0, 21-0, 30 (v/c = 0, 09-0, 14)			Q/C = 0, 31-0, 40 (v/c = 0, 14-0, 18)		
	$\bar{v}_2$ km/h	$s_2$ km/h	Hav.	$\bar{v}_2$ km/h	$s_2$ km/h	Hav.	$\bar{v}_2$ km/h	$s_2$ km/h	Hav.
H	87,0	19,5	248	86,2	16,4	1557	87,1	16,5	1827
P	70,5	10,7	15	74,5	15,2	83	73,8	11,3	106
L	69,5	6,1	7	68,2	8,8	58	66,9	10,4	74
K	66,2	7,8	44	68,2	9,0	475	67,1	8,8	405
Kp	67,9	9,8	35	68,0	7,6	130	65,2	12,0	202
T	0	0	0	27,9	6,0	8	24,2	4,5	11
$\Sigma$	81,4	19,3	349	80,4	16,9	2314	80,9	17,8	2625
	Q/C = 0, 41-0, 50 (v/c = 0, 18-0, 23)			Q/C = 0, 51-0, 60 (v/c = 0, 23-0, 27)			Q/C = 0, 61-0, 70 (v/c = 0, 27-0, 32)		
H	85,8	16,3	1578	82,9	15,4	1590	84,9	15,9	642
P	71,6	10,1	80	73,4	16,1	88	72,7	10,0	51
L	68,5	9,5	72	67,8	8,7	42	70,5	8,7	49
K	68,5	12,9	274	65,1	9,0	226	66,2	8,7	149
Kp	67,1	7,6	101	65,4	8,3	85	65,3	10,6	50
T	25,5	4,6	6	26,0	7,8	7	25,7	8,4	3
$\Sigma$	81,4	17,2	2144	79,3	16,3	2038	79,3	16,6	944
	Q/C = 0, 71-0, 94 (v/c = 0, 32-0, 42)								
H	77,3	16,7	292						
P	68,5	7,9	22						
L	65,2	10,1	16						
K	64,3	8,2	138						
Kp	65,0	7,4	21						
T	0	0	0						
$\Sigma$	72,3	15,2	489						

Taulukko 23. Poikkileikkausnopeuden riippuvuus käyttösuhteesta, kii-  
vat tienpinnat.

	Q/C = 0-0, 35 (v/c = 0-0, 16)		Q/C = 0, 35-0, 94 (v/c = 0, 16-0, 42)	
	$\bar{v}_1$ km/h	Hav.	$\bar{v}_1$ km/h	Hav.
Henkilöautot	88	2263	87	4200
Kaikki ajoneuvot	82	3250	82	5264

Poikkileikkausnopeuksien käyttösuhteen mukaan ainoastaan kahteen ryhmään jaoitellut tulokset tavanomaisine poistoineen ovat taulukossa 23.

Henkilöautojen osalta näyttäisi pienemmillä käyttösuhteilla olevan keskimäärin 1 km/h suurempi nopeus kuin suuremmilla käyttösuhteilla. Erot ovat myös täsmälleen samat sekä tutka- että analysointorimitauksissa samoin kuin yhdistetyssä aineistossakin. Testaamalla todetaan viimeksimainitusta, että ero olisi tilastollisesti melkein merkitsevä ( $\lambda = 2,1$ , kun  $s = 18$ ). Kun on kysymys

näin suuresta aineistosta, on merkitsevyys aivan liian heikko.

Regressioanalyysilla saadaan seuraavat mallit:

$$\bar{v}_1 = 84,8 - 5,9 \cdot X_{15}, \quad r = 0,17 \quad (112)$$

$$\bar{v}_1(H) = 90,7 - 7,5 \cdot X_{15}, \quad r = 0,24 \quad (113)$$

( $X_{15}$  = käyttösuhte  $Q/C$  l. liikennemäärä/käytännöllinen välityskyky [-]).

Sijoitettaessa malleihin käyttösuhteen  $Q/C$  sijasta ns.  $v/c$ -suhte, tulisivat ne seuraavaan muotoon:

$$\bar{v}_1 = 84,8 - 13,1 \cdot v/c, \quad r = 0,17 \quad (114)$$

$$\bar{v}_1(H) = 90,7 - 16,7 \cdot v/c, \quad r = 0,24 \quad (115)$$

( $v/c$  = volume-capacity-ratio l. liikennemäärä/mahdollinen välityskyky [-]).

Korrelatiokertoimet eivät poikkea merkitsevästi nolasta. Näin pienten käyttösuhteiden ei näin ollen voida katsoa vaikuttavan liikennevirran poikkileikkausnopeuteen.

## 2.4. Muut tekijät

### 2.4.1. Näkyvyys

Kentällä tehtyjen silmämääräisten havaintojen perusteella on näkyvyys arvosteltu hyväksi, kohtalaiseksi tai huonoksi. Seuraavassa on ajonopeustutkimuksen aineisto jaettu kahteen ryhmään, jolloin kohtalaiset ja huonot näkyvydet on yhdistetty samaan ryhmään. Hyvällä näkyvydellä saadaan 9357 havainnon keskiarvoksi  $\bar{v}_2 = 80,2$  km/h ja huonolla 1514 havainnon keskiarvona  $\bar{v}_2 = 79,3$  km/h. Testillä voidaan todeta, että ryhmien keskinopeuksien ero 0,9 km/h on tilastollisesti melkein merkitsevä ( $\lambda = 2,02$ ). Merkitsevyys on kuitenkin heikko. Poikkileikkausnopeuksien osalta saadaan vastaavasti hyvällä näkyvydellä 55 mittauskerran keskiarvoksi  $\bar{v}_1 = 82$  km/h ja huonolla näkyvydellä 9 mittauskerran  $\bar{v}_1 = 81$  km/h. t-testillä ei tälle 1 km/h erotukselle saada minikäänlaista merkitsevyyttä. On kohta todettava, että näkyvyyden vaihtelut eivät tässä aineistossa olleet suuria; sumua ei esiintynyt lainkaan. Lisäksi voidaan olettaa kuten kirjoittajan aikaisemmissakin tutkimuksissa /41/ on tehty, että esim. sateen aiheuttama näkyvyyden vähäinen huononeminen ei vaikuta nopeuksia alentavasti, vaan kuljettajat ottavat tällöin suuremman riskin. Vasta tienpinnan kastumisen aiheuttama kitkan aleneminen vaikuttaa nopeuksiin, kuten seuraavassa havaitaan.

#### 2.4.2. Ajoradan pinnan kosteus

Taulukossa 4 (5.2.1.1.) on jo aikaisemmin esitetty tienpinnan kosteuden perusteella ryhmitellyn aineiston tulokset ajonopeuksien osalta. Kaikkien ajoneuvojen ajonopeuksien keskiarvo on kuivilla tienpinnoilla 80,5 km/h ja keskihajonta 17,2 km/h sekä kosteilla ja märillä tienpinnoilla vastaavasti 78,5 km/h ja 16,8 km/h. Testillä voidaan todeta, että keskiarvojen ero on erittäin merkitsevä ( $\lambda = 4,78$ ). Taulukossa 7 (5.2.1.1.) on esitetty poikkileikkausnopeudet tienpinnan kosteuden mukaan ryhmiteltyinä. Kaikkien ajoneuvojen poikkileikkausnopeuksien keskiarvo on kuivilla tienpinnoilla 82 km/h ja kosteilla 80 km/h. Olettamalla hajonnan arvoksi kummassakin tapauksessa 18 km/h (tutkamittauksissa 18 ja 17 km/h) todetaan keskiarvojen erotuksen olevan tilastollisesti erittäin merkitsevän ( $\lambda = 4,9$ ). Voidaan siis päätellä, että kaikkien ajoneuvojen keskinopeus on kuivilla teillä 2 km/h ja henkilöautojen 3 km/h suurempi kuin märillä teillä, sekä ajonopeuksien että poikkileikkausnopeuksien ollessa kyseessä. Liikenneturvallisuuden kannalta arvosteltuna on tämä nopeusero ilmeisesti liian pieni. Jos oletamme tien pituus-suuntaisen kitkakertoimen olevan kuivalla asfalttipinnalla 0,6 ja märällä 0,4, jotka ovat keskimääräisiä arvoja, olisi 80 km/h nopeusluokassa eron oltava noin 10 km/h, ts. märällä tienpinnalla nopeuden tulisi olla 70 km/h, jotta tarvittavat pysähtymismatkat olisivat kummassakin tapauksessa samat. Kun tienpinnan märkyyden arvostelu oli tässä tutkimuksessa toimitettu varsin subjektiivisesti ilman vastaavia kitkamittauksia, ei pitemmälle meneviä johtopäätöksiä voida kuitenkaan tehdä.

#### 2.4.3. Tuuli

Tuulella ei meidän oloissamme ole sitä merkitystä mikä sillä on esim. alppiseuduilla tai valtamerien rannikoilla. Kun asiaa ei ole tietääkseni aikaisemmin maassamme tutkittu ja kun tulokset toisaalta saatiin varsin helposti muiden havaintojen yhteydessä, on seuraavassa pyritty lyhyesti tarkastelemaan myös tämän tekijän vaikutusta ajoneuvojen nopeuksiin.

Kentällä tehtyjen silmämääräisten havaintojen lisäksi on tutkimusajankohdan tuulen suuntaa ja nopeutta koskevat tiedot hankittu mittaväliä lähimpänä sijainneen Ilmatieteellisen keskuslaitoksen sääaseman havainnoista. Tuulen suuntaa on tämän jälkeen verrattu mittavälin yleissuuntaan ja laskettu tuulen

tien suuntainen komponentti km/h, tutkitun liikenteen suuntainen +merkkisenä ja sen vastainen -merkkisenä.

Tietä vastaan kohtisuoraan komponentin laskemista ei näin pitkillä matkoilla pidetty tarkoituksenmukaisena.<sup>1</sup>

Tuulen tiensuuntainen komponentti vaihtelee tutkimusaineistossa -21,4 - +23,1 km/h keskiarvon ollessa kuivilla tienpinnoilla -0,8 km/h. Usean muuttujan linearisessa regressioanalyysissä tuuli saa 13. sijan kaikkien ajoneuvojen ja 11. sijan henkilöautojen osalta 20 selittäjän joukossa eikä se pysty enää malleja parantamaan. Tuulen vaikutusta yksinään tutkittaessa ei linearisella analyysillä saada korrelatiota lainkaan. Tuulen vaikutusta liikennevirran keskimääräisiin ajonopeuksiin ei näinollen ole voitu todeta tässä tutkimuksessa. Ilmeisesti vastatuulella painetaan kaasupoljinta hiukan syvempään, mikä ehkä tuntuu polttoainenkulutuksessa, mutta ei nopeudessa. Ilmanvastushan muodostaa erään tärkeimmistä ajoneuvon liikkeen vastuksista (Neumann /27/). Eri automallien nopeuksia toisiinsa verrattaessa voitaisiin ehkä saada eroja - siihen ei kuitenkaan ole ollut tässä mahdollisuuksia. Poikkileikkausnopeuksien yhteydessä ei tuulen vaikutusta ole lainkaan tutkittu.

#### 2.4.4. Valoisuus

Valoisuuden vaikutusta ei tutkimuksessa ole pyritty selvittämään vaan kaikki mittaukset on tehty valoisana aikana. Kirjoittajan aikaisemmassa tutkimuksessa tämä kysymys on niinkään jäänyt avoimeksi. Useat amerikkalaiset eivät ole yleensä todenneet huomattavampia eroja valoisan ja pimeän ajan nopeuksissa vapaissa olosuhteissa (Matson, Smith, Hurd /25/, Wagner, May /40/). Nebraskassa v. 1951 suoritetussa yli 60000 ajoneuvoa käsittäneessä nopeustutkimuksessa (Meyer /26/) todettiin sensijaan yönaikaisten nopeuksien olevan n. 5 mailia/h alhaisemmat kuin päivänaikaisten. HCM:ssä /10/ on esitetty Detroitin Davison Expresswayn tutkimustuloksia, joissa keskinopeus on yöllä ollut n. 1 mi/h ja 15 %- nopeus n. 2 mi/h pienempi, mutta 85 %- nopeus n. 1,5 mi/h suurempi kuin päivällä mikä osoittaa hajonnan olleen yöllä suuremman. Useissa osavaltioissa on yönaikainen nopeusrajoitus turvallisuus-

<sup>1</sup> Tutkimustyön loppuvaiheessa on vielä tarkistettu sivutuulen mahdollinen vaikutus. Tuulen tietä vastaan kohtisuora komponentti vaihteli 0,4-20,4 km/h keskiarvon ollessa kuivilla tienpinnoilla 6,9 km/h, mutta se ei vaikuttanut ajonopeuteen ( $r = 0,03$ ).

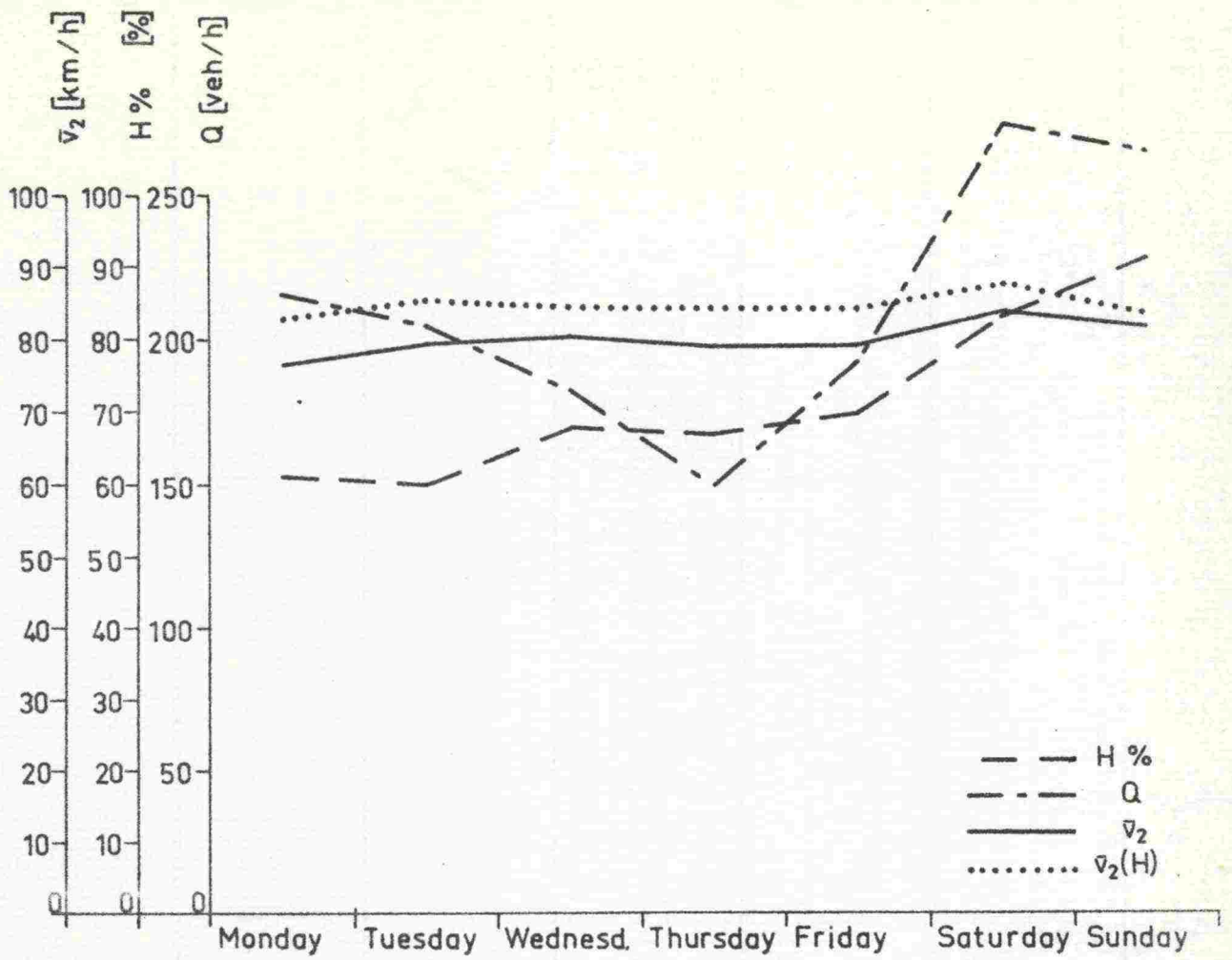
syistä määrätty 5 mi/h alhaisemmaksi kuin päivän aikainen rajoitus.

#### 2.4.5. Aika

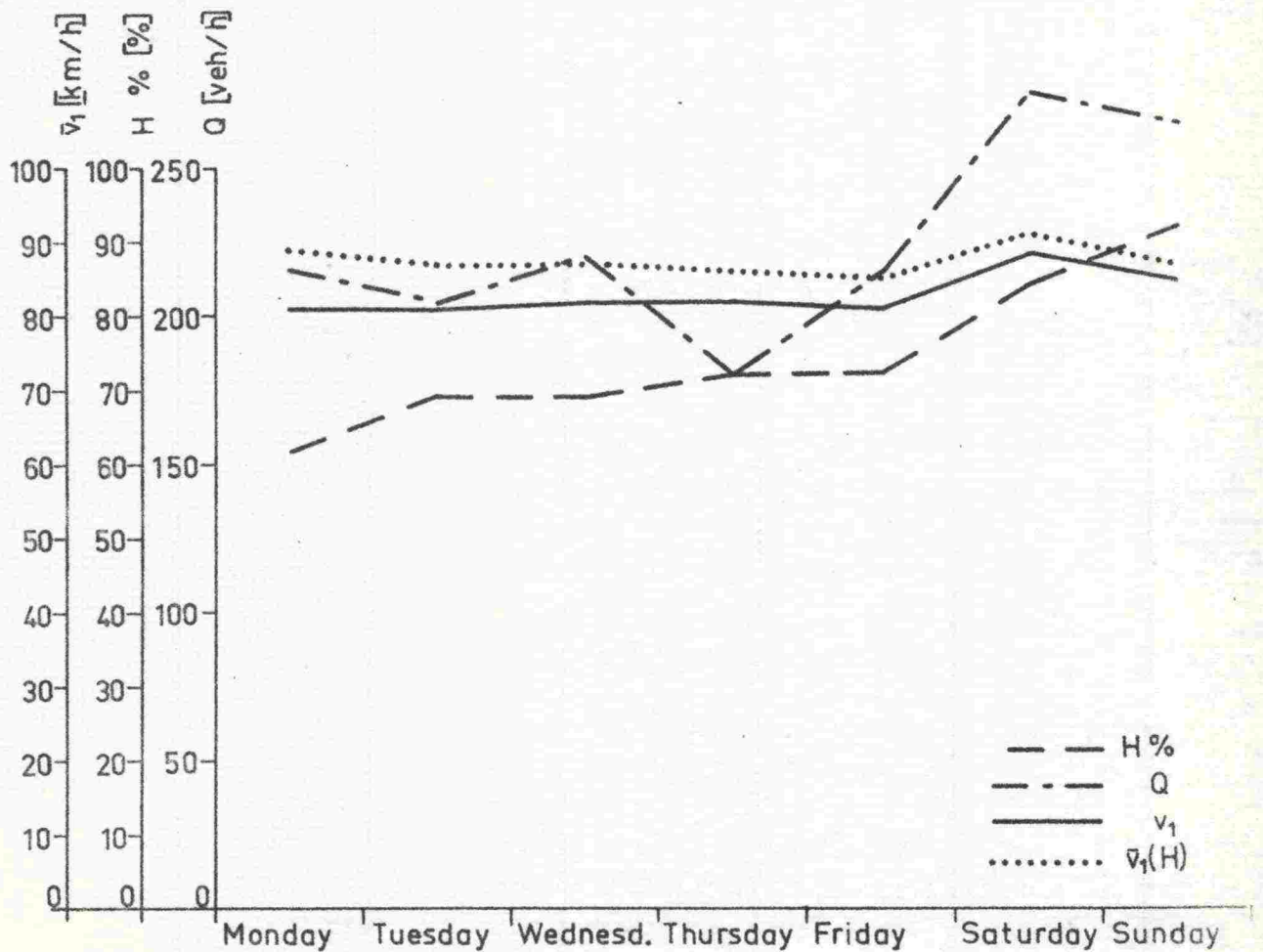
Mahdolliset vuorokauden aikojen eli tuntivaihtelut eivät myöskään käy ilmi tästä tutkimuksesta, koska mittaukset on tehty yleensä vain aamupäivisin klo 8-11 ja iltapäivisin klo 13-16 välillä. Kuivilla tienpinnoilla on mitattu ajonopeuksia 22 kertaa aamupäivällä,  $\bar{v}_2 = 79,5$  km/h ja 29 kertaa iltpäivällä,  $\bar{v}_2 = 80,7$  km/h. Poikkileikkausnopeuksia on vastaavasti mitattu kuivilla tienpinnoilla 25 kertaa aamupäivällä,  $\bar{v}_1 = 80$  km/h ja 33 kertaa iltpäivällä,  $\bar{v}_1 = 82$  km/h. Iltpäivän nopeudet näyttäisivät siis hiukan suuremmilta kuin aamupäivän nopeudet. Keskiarvojen eroille ei kuitenkaan saada t- testillä minäkäänlaista merkitsevyyttä. Nopeuksien vähäisen eron voidaankin katsoa johtuneen sattumasta. Kirjoittajan v. 1960-61 tekemässä tutkimuksessa /41/ mitausajat jakaantuivat useammille vuorokauden tunneille. Suurimmat nopeudet saavutettiin yleensä keskipäivällä klo 10-15 välisenä aikana ja pienimmät nopeudet ennen em. aikaa ja sen jälkeen. Kesäiltoina näyttivät nopeudet kuitenkin olevan verraten suuria. Meyer /26/ on helmi- maaliskuussa suorittamissaan tutkimuksissa tullut vastaavanlaiseen tulokseen: nopeudet nousevat klo 5 lähtien klo 9 saakka, pysyvät samoina klo 17 saakka minkä jälkeen ne taas alenevat noustakseen vielä hiukan ennen puolta yötä. Wagner ja May /40/ ovat todenneet keskimääräisten nopeuksien vaihtelevan varsin vähän klo 9-16 välisenä aikana. 15- minuutin jaksojen nopeudet vaihtelivat klo 11-15 välisenä aikana ainoastaan  $\pm 1$  mi/h verrattuna koko vuorokauden keskiarvoon. Shumate 'n ja Crowther 'n tutkimuksissa /34/ todettiin sensijaan keskinopeuksien vuorokauden eri tunteina vaihdelleen enemmän kuin mitä sattuma edellyttäisi vaikka eri viikonpäivien ja kuukausien vaikutuskin eliminoitaisiin. Leutzbach ja Egert /23/ eivät todenneet eroja eri vuorokauden aikojen välillä. HCM:ssä /40/ on esitetty Houstonin Gulf Freewayn tutkimustuloksia, joista nähdään nopeuden alenevan klo 7,00-7,30 välisenä aikana, pysyvän samana n. klo 8,00 saakka, minkä jälkeen se taas nousee alkuperäiseen tasoon. Nopeuden alentumisen johtuu nimenomaan kasvaneesta liikennemäärästä. Sama ilmiö on todettu Detroitin Edsel Ford Expressway 'n kohdalla, missä nopeus alenee klo 8 aamuruuhkan ansiosta. Klo 16 iltpäiväruuhka näytti sensijaan pikemminkin hiukan nostavan nopeuksia, mikä lienee selitettävissä kuljettajapopulatioissa tapahtuneita

den vaihteluiden perusteella. Kun tämän tutkimuksen mittaukset on vain muutamia poikkeuksia lukuunottamatta tehty klo 9-16 välisenä aikana (kaikki mittaukset klo 8, 30-17, 00 välisenä aikana), eivät mahdolliset tuntivaihtelut ole käsitykseni mukaan ainakaan ratkaisevasti päässeet vaikuttamaan tuloksiin. Tuntivaihteluiden selvittäminen edellyttäisi samoilla paikoilla ja samoissa olosuhteissa tapahtuvia toistuvia mittauksia.

Viikonpäivien vaihtelut sekä ajo- että poikkileikkausnopeuksien osalta nähdään taulukosta 24 ja kuvista 38-39, joihin on sisällytetty myös vastaavat liikennemäärät molempiin suuntiin Q ajon/h sekä henkilöautoprosentit H %. Tuloksista on poistettu tien U 55 ja kattonopeusarvot. Maanantaina on tehty mittauksia vain yhdellä mittavälillä yhteensä n. 300 havaintoa. Arkipäiviä tiistai - perjantai edustavat havaintomäärät ovat sensijaan hyvin tasaisesti jakautuneet (n. 2000-3000 havaintoa kussakin). Nopeus näyttää pysyvän suunnilleen samana, vaikka liikennemäärässä esiintyykin vaihtelua siten, että torstaina on (nopeudenmittaamisaikana) pienin liikennemäärä. Henkilöautoprosentti näyttää kasvavan tasaisesti loppuviikkoon päin. Lauantaipäivän nopeushavaintoja on hiukan yli 1000, mutta sunnuntaina on saatu vain n. 700 havaintoa kahdelta tieosalta, joilta lauantain havainnotkin ovat suurimmaksi osaksi peräisin, nimittäin valtatie 1. tieosalta Salo - Turku ja valtatie 6. tieosalta Taavetti - Lappeenranta (taulukko 25). Tuloksia ei näinollen voi yleistää, mutta joka tapauksessa lauantaina ja sunnuntaina näyttävät ajonopeudet kasvaneesta liikennemäärästä huolimatta olevan n. 3-5 km/h ja poikkileikkausnopeudet 5-8 km/h korkeammat kuin tavallisina arkipäivinä. Se, ettei liikennemäärän kasvu vaikuta nopeuksia alentavasti, johtuu varsin alhaisista liikennemääristä. Viikonlopun suuret keskinopeudet koko liikennevirran osalta voitaneen osittain selittää kasvaneen henkilöautoprosentin seurauksena. Kun myös henkilöautojen nopeudet ovat samalla kasvaneet, täytyy tämän johtua erilaisista ajotavoista ja kuljettajapopulatiosta. Henkilöautoprosentin ei ole todettu yleensä vaikuttavan henkilöautojen nopeuksiin (5.2.3.1.). Lauantaisin on ilmeisesti joukossa ollut runsaasti pitkämatkaista liikennettä. Sunnuntailiikenteen lauantailiikennettä alhaisempi nopeus voi johtua siitä, että sunnuntaina on mukana rauhallisia huviajajia (Huom. sunnuntai-illan paluuliikenteen nopeuksia ei mitattu). Kirjoittajan aikaisemmissa /41/ tutkimuksissa on sunnuntainopeus ollut myös selvästi lauantainopeutta alhaisempi, mutta muuten näyttävät nopeuksien vaihtelut sattumanvaraisilta.



Kuva 38 Ajonopeudet eri viikonpäivinä



Kuva 39 Poikkileikkausnopeudet eri viikonpäivinä

Meyer /26/ on todennut sunnuntain nopeuksien poikkeavan muiden viikonpäivien nopeuksista siten, että ne klo 9 saavutetun nopeushuipun jälkeen tasaisesti alenevat iltaan päin. Shumate ja Crowther /34/ ovat havainneet eri viikonpäivien välillä olennaisia eroja nopeuksissa. Leutzbach ja Egert /23/ eivät puolestaan todenneet tavallisilla maanteillä minkäänlaisia eroja eri viikonpäivinä. Kun tässä tutkimuksessa mittaukset on pääasiassa suoritettu maanantain ja perjantain välisenä aikana, en katso viikonpäivien voineen ratkaisevasti vaikuttaa tutkimustuloksiin.

Kausivaihteluita ei tämän tutkimuksen yhteydessä esiinny, sillä mittaukset on kaikki tehty kesä- elokuun aikana. Aikaisemmissa tutkimuksissa /41/ todettiin talviajan (loka- maaliskuu) ja kesäajan (huhti- syyskuu) keskinopeuksien välillä 7 km/h ero, joka oli erittäin merkitsevä. Pääsyyinä on ollut tien pinnan liukkauden vaikutus. Shumate ja Crowther /34/ ovat tulleet siihen tulokseen, että erot eri kuukausien nopeuksien välillä ovat suuremmat kuin mitkä sattuman avulla olisivat selitettävissä. Meillä Suomessa ovat säänvaihtelut eri vuodenaikoina varsin voimakkaat ja ne vaikuttavat myös käytettäviin nopeuksiin.

Nopeuksien vaihtelumuotojen selvittäminen vaatisi kokonaan oman laajan tutkimuksensa. Tässä yhteydessä se ei ole ollut edes tavoitteena, vaan päinvastoin on tällaiset tekijät pyritty eliminoimaan sikäli kuin se tutkimuksen tavoitteen ja käytettävissä olleiden resurssien puitteissa on ollut mahdollista. Nopeuksien yleiskasvua tarkastellaan kohdassa 5.2.5. vielä erikseen.

Taulukko 24. Nopeudet eri viikonpäivinä.

Viikonpäivä	Ajonopeus					Poikkileikkausnopeus				
	Ha-%	Q(ajon/h)	Hav.	$\bar{v}_2$ km/h	$\bar{v}_2$ (H) km/h	Ha-%	Q(ajon/h)	Hav.	$\bar{v}_1$ km/h	$\bar{v}_1$ (H) km/h
Maanantai	61	216	330	76,5	83,0	61	216	349	81	89
Tiistai	68	205	2126	79,5	85,5	69	204	2689	81	87
Keskiviikko	68	183	2161	80,2	84,9	69	221	3271	82	87
Torstai	67	150	2385	79,1	84,7	70	182	1862	82	86
Perjantai	70	193	2144	79,0	84,4	72	215	2390	81	85
Lauantai	83	273	1208	83,9	87,4	83	276	1101	88	92
Sunnuntai	91	264	720	82,0	83,6	92	264	722	85	87



Taulukko 25. Viikonloppunopeudet kahdella tieosalla.

Viikonpäivä	Taavetti - Lappeenranta							
			Ajonopeus			Poikkileikkausnopeus		
	Ha-%	Q(ajon/h)	Hav.	$\bar{v}_2$ km/h	$\bar{v}_2$ (H)km/h	Hav.	$\bar{v}_1$ km/h	$\bar{v}_1$ (H)km/h
Perjantai	67	174	338	81,0	87,1	375	86	90
Lauantai	82	239	451	82,9	86,0	487	88	91
Sunnuntai	93	261	342	83,2	85,0	367	87	88
	Salo - Turku							
Perjantai	71	198	406	81,3	87,4	280	84	89
Lauantai	83	255	372	87,5	91,3	374	90	93
Sunnuntai	90	267	378	81,0	82,3	355	83	85

#### 2.4.6. Nopeusrajoitukset

Tiekohtaisia nopeusrajoituksia ei tutkituilla mittaväleillä ollut. Vuoden 1960-61 tutkimuksessa totesin tiekohtaisia nopeusrajoituksia maaseutuolosuhteissa noudatetun erittäin hyvin - 50 km/h rajoituksen ylitti ainoastaan 7,2 % henkilöautoista ja 7,2 % kaikista ajoneuvoista. 70 km/h rajoituksen kohdalla vastaavat luvut olivat 4,5 ja 3,7 %.<sup>1</sup>

Ajoneuvokohtaisia nopeusrajoituksia on käsitelty jo kohdassa 5.2.1.1. Sallittujen nopeuksien ylitykset ovat olleet varsin lukuisia, mikä puolestaan osoittaisi valvonnan puutteen. Ylitykset olivat kuitenkin pieniä ja yleensä alle 10 km/h.

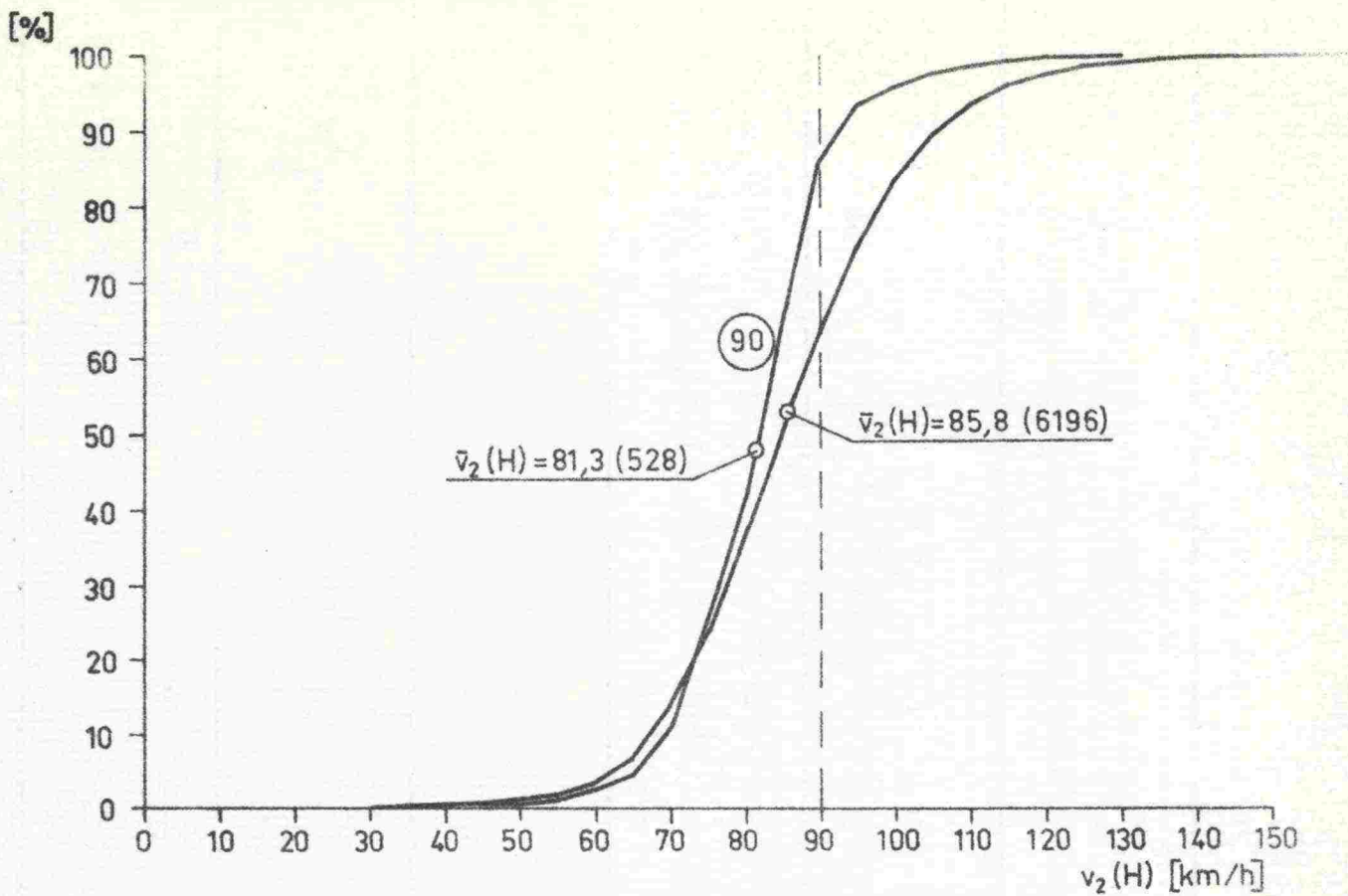
Juhannuspyhien aikainen yleinen nopeusrajoitus 90 km/h eli ns. kattonopeus oli voimassa neljällä eri mittauskerralla. Nämä havainnot, ajonopeuksia yhteensä 817 kpl ja poikkileikkausnopeuksia yht. 913 kpl, on yleensä poistettu aineistosta sitä käsiteltäessä eivätkä ne ole mukana regressioanalyysissäkään. Havaintoja on liian vähän (ja ne ovat vain kahdelta tieosalta), jotta tuloksista voitaisiin enempää päätellä. Kun kattonopeustieosien ohjenopeus on keskimäärin 80 km/h eli siis lähellä koko aineiston keskiarvoa ilman tieosaa U 55, voitaneen eräitä vertailuja kuitenkin tehdä. Taulukossa 26 on esitetty yhteenveto kattonopeushavainnoista sekä koko aineistosta (kuivat tienpinnat) ajonopeuksien osalta tavanomaisine poistoineen.

<sup>1</sup> Liikkuvan Poliisin sekä tvh:n viimeaikaisissa mittauksissa on todettu 30-40 % kaikista ajoneuvoista ylittäneen 50 km/h ja 15-20 % 70 km/h rajoituksen. Ylitykset olivat kuitenkin määrällisesti pieniä.

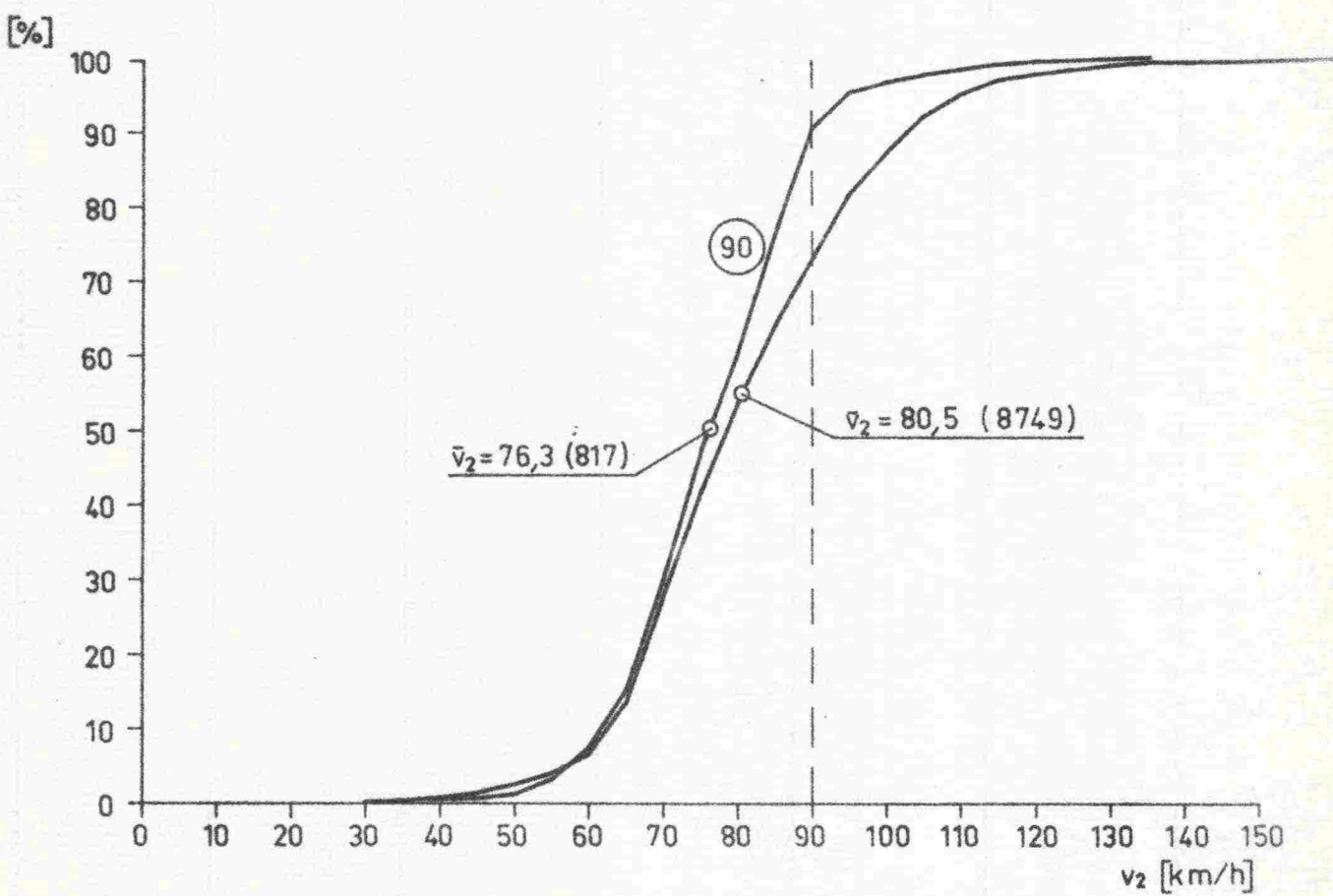
Taulukko 26. Kattonopeuden vaikutus ajonopeuksiin.

Ajon- tyyppi	Ajonopeus kattonopeuden vallitessa					Ajonopeus kuivilla tienpinnoilla				
	$v_2$ km/h	$v_2$ 85 km/h	$s_2$ km/h	$\epsilon_2$ km/h	Hav.	$v_2$ km/h	$v_2$ 85 km/h	$s_2$ km/h	$\epsilon_2$ km/h	Hav.
H	81,3	89,7	11,3	0,5	528	85,8	101,5	16,4	0,2	6196
P	69,1	..	8,4	1,4	39	72,8	83,0	12,9	0,7	349
L	68,9	..	8,0	1,4	35	67,8	75,0	9,5	0,6	256
K	66,9	..	8,5	0,6	184	67,4	74,5	9,7	0,3	1399
Kp	64,8	..	9,9	1,8	31	66,5	75,0	9,9	0,4	524
T	-	-	-	-	-	24,6	30,5	6,1	1,2	25
$\Sigma$	76,3	87,8	12,4	0,4	817	80,5	97,5	17,2	0,2	8749

Kattonopeuden ylitti 13,8 % henkilöautoista ja 9,3 % kaikista; henkilöautojen 85 %- nopeus oli varsin lähellä kattonopeutta. Ylitykset olivat kuitenkin määrällisesti pieniä ja yleensä alle 10 km/h. Kattonopeuden ylitti enemmällä kuin 10 km/h 4,2 % henkilöautoista, 1,1 % kuorma-autoista (2 autoa) ja 3,2 % perävaunullisista kuorma-autoista (1 auto); enemmällä kuin 20 km/h 1,5 % henkilöautoista, 1,1 % kuorma-autoista; enemmällä kuin 30 km/h 0,6 % henkilöautoista; enemmällä kuin 60 km/h 0,2 % henkilöautoista (1 auto). Kuvissa 40 ja 41 on esitetty summakäyrät henkilöautojen ja kaikkien ajoneuvojen osalta. 90 km/h yleinen nopeusrajoitus näyttäisi alentavan henkilöautojen ajonopeuksia keskimäärin 4-5 km/h ja kaikkien ajoneuvojen n. 4 km/h eli n. 5 %. Erot ovat erittäin merkitsevät. Kuorma-autojen nopeuksiin ei nopeusrajoitus tunnu vaikuttavan mikä onkin luonnollista otettaessa huomioon niiden ajoneuvoikohtainen nopeusrajoitus. Linja-autot ovat jopa hiukan näyttäneet nostaneen nopeuttaan kattonopeuden aikana - mitään merkitsevyyttä ei tällä erolla kuitenkaan ole. Kuvista 40-41 nähdään, että kattonopeus on vaikuttanut kohottavasti kaikkein pienimpiin nopeuksiin ja alentanut suurimpia nopeuksia, mikä on luonnollisesti pienentänyt hajontaa: henkilöautojen keskihajonta alenee 5,1 km/h eli 31 %:lla ja kaikkien ajoneuvojen 4,8 km/h eli 28 %:lla. Kun ohitusten tarve on suoraan verrannollinen juuri keskihajontaan, voidaankin todeta kattonopeuden vähentävän ohitusten määrää lähes kolmanneksella (laskettu ohitusten lukumäärä oli kattonopeuden vallitessa 0,10 ohitusta per ajoneuvokilometritunti ja muulloin 0,13). Kattonopeus lisäsi ajoaikaa henkilöautojen osalta suunnilleen n. 4 %:lla ja kaikkien ajoneuvojen n. 3 %:lla. Esim. 100 km:llä kului henkilöautolta kattonopeuden vallitessa näinollen aikaa 0,05 h eli 3 min. ja kaikilta ajoneuvoilta 0,04 h eli 2,4 min. enemmän kuin vapaan nopeuden aikana. Suuremmilla liikennemäärillä ovat erot luonnollisesti vieläkin pienemmät.



Kuva 40 Kattonopeuden vaikutus henkilöautojen ajonopeuksiin, summakäyrät



Kuva 41 Kattonopeuden vaikutus kaikkien ajoneuvojen ajonopeuksiin, summakäyrät

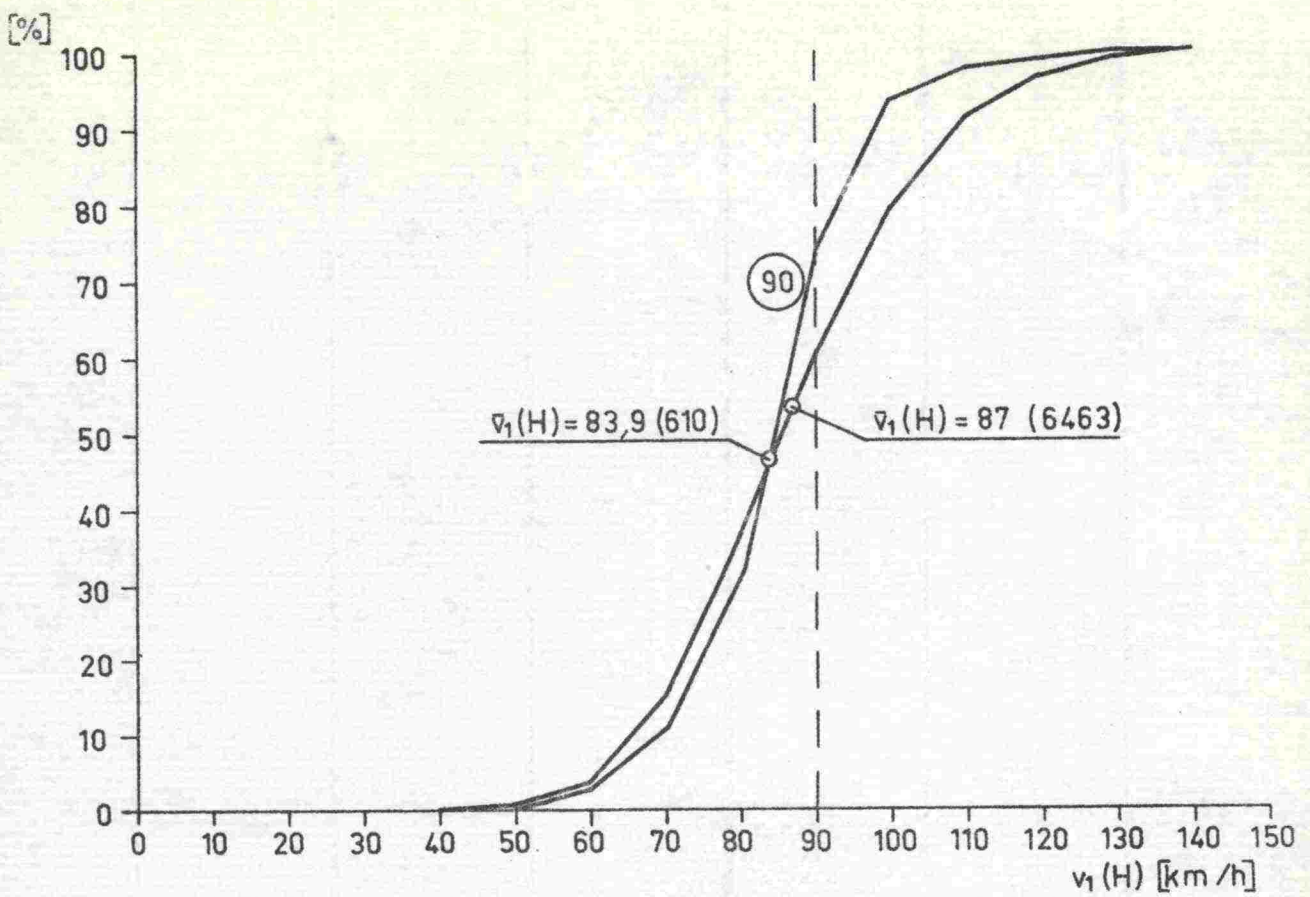
Missä määrin onnettomuuskustannuksissa mahdollisesti aiheutuvat säästöt peittävät aikakustannusten vähäisen lisäyksen, on useiden tutkimusten kohteena parhaillaan.

Poikkileikkausnopeuksista, jotka kattonopeuden vallitessa on mitattu analysaattorilla TA 3, on laadittu taulukko 27 tavanomaisine poistoineen.

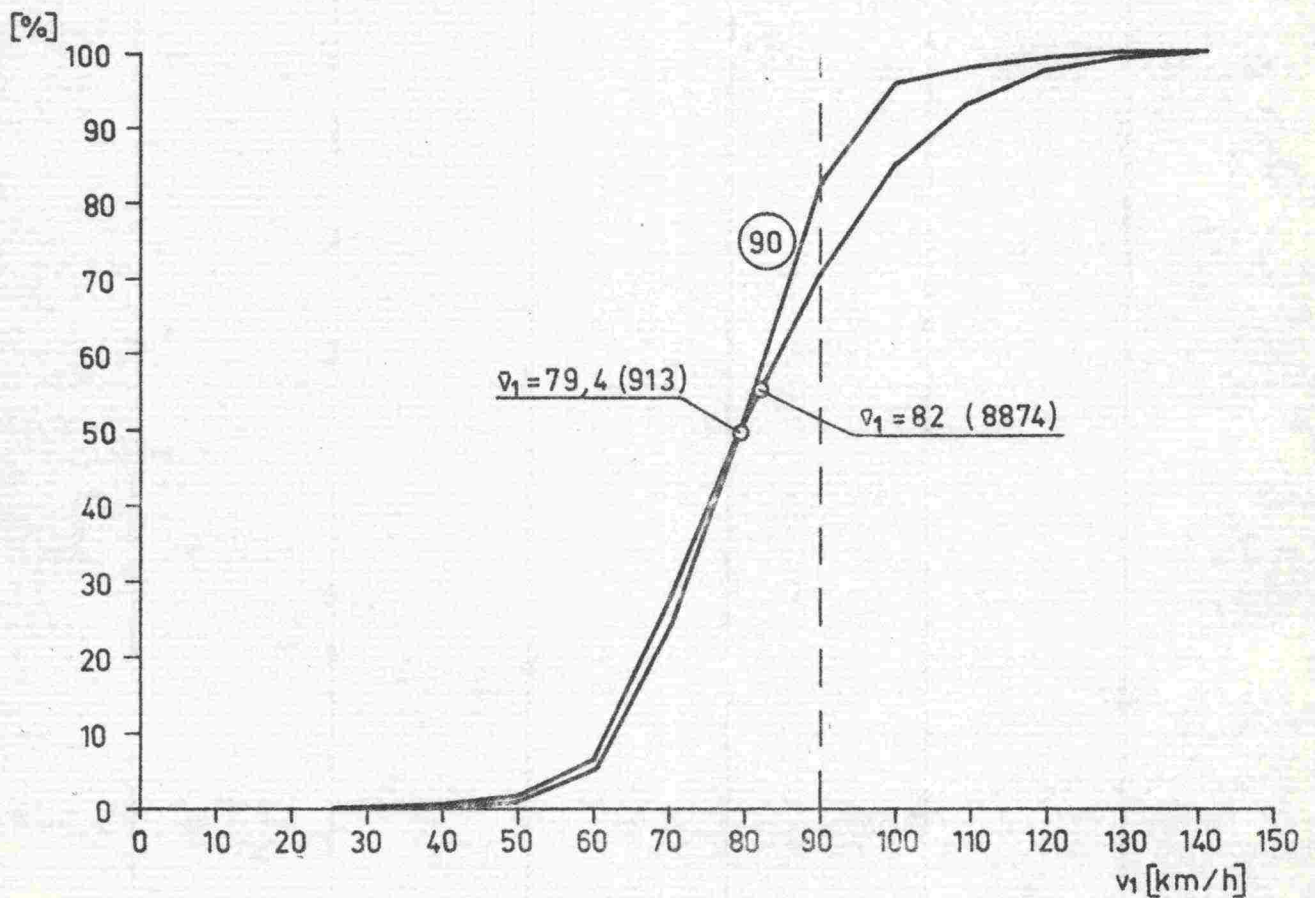
Taulukko 27. Kattonopeuden vaikutus poikkileikkausnopeuksiin.

Ajoneuvo- luokka	Poikkil. nopeus kattonop. vallitessa		Poikkil. nopeus kui- villa tienpinnoilla	
	$\bar{v}_1$ km/h	Hav.	$\bar{v}_1$ km/h	Hav.
H	84	610	87	6463
KPL+Kp+T	70	303	68	2411
$\Sigma$	79	913	82	8874

Kuvista 42-43 nähdään vastaavat summakäyrät henkilöautojen ja kaikkien ajoneuvojen osalta. Kattonopeuden ylitti 25 % henkilöautoista ja 17 % kaikista ajoneuvoista; jopa kaikkien ajoneuvojen ns. 85- prosenttiin nopeus oli hiukan yli kattonopeuden. Ylitykset olivat kuitenkin määrällisesti pieniä ja yleensä alle 10 km/h. Kattonopeuden ylitti enemmällä kuin 10 km/h 6,4 % henkilöautoista ja 0,6 % raskaista ajoneuvoista; enemmällä kuin 20 km/h 2,5 % henkilöautoista ja 0,6 % raskaista autoista; enemmällä kuin 30 km/h 0,7 % henkilöautoista ja 0,3 % raskaista ajoneuvoista; enemmällä kuin 40 km/h 0,5 % henkilöautoista ja 0,3 % raskaista ajoneuvoista. 90 km/h yleinen nopeusrajoitus näyttäisi alentavan henkilöautojen poikkileikkausnopeuksia keskimäärin n. 3 km/h eli n. 3 % ja kaikkien ajoneuvojen n. 3 km/h eli n. 4 %. Raskaiden autojen poikkileikkausnopeudet näyttivät päinvastoin nousseen hiukan. Kaikki erot ovat erittäin merkitseviä jopa raskaiden autojen nopeuksien kasvukin. Kattonopeus alentaa suurimpia poikkileikkausnopeuksia ja kohottaa selvästi pienimpiä nopeuksia, ts. hajonta pienenee voimakkaasti: henkilöautoilla alenee keskihajonta arvosta 17 km/h arvoon 12 km/h eli 5 km/h (n. 30 %). Ohitukset vähenevät näinollen vastaavasti, kuten edellä jo todettiin. Julkisuudessa usein esitetty väite, että kuljettajat yleisesti katsoisivat kattonopeuden jonkinlaiseksi ohjenopeudeksi, joka varsinkin huonoilla teillä houkuttelisi ylisuuriin nopeuksiin, ei saa tästä tutkimuksesta tukea. Tarkastelemalla taulukkoa 10 (kohdassa 5.2.2.2.) nähdään, että kattonopeuden alaisilla tieosilla ovat henkilöautot ajaneet suunnilleen kuten 50 km/h ohjenopeuden omaavilla teillä, vaikka näiden teiden todellinen ohjenopeus olisi keskimäärin 80 km/h. Raskaat autot eivät sensijaan juuri alenna nopeuttaan, poik-



Kuva 42 Kattonopeuden vaikutus henkilöautojen poikkileikkausnopeuksiin, summakäyrät



Kuva 43 Kattonopeuden vaikutus kaikkien ajoneuvojen poikkileikkausnopeuksiin, summakäyrät

kileikkausnopeudet näyttävät päinvastoin kattonopeuden aikaan nousseen. Tämä seikka on omiaan tasoittamaan nopeuseroja, mikä saattaisi olla kattonopeusmääräysten eräs tavoite. Taulukon 5 (kohta 5.2.1.1.) nojalla voidaan kuitenkin päätellä, ettei yleisellä nopeusrajoituksella ole ollut kovin suurta vaikutusta ajoneuvokohtaisten nopeusrajoitusten ylittämisprosenttiin pitemmillä matkoilla (ajoneuvojen osalta). Hetkellisesti näitä ajoneuvokohtaisia nopeusrajoituksia on ilmeisesti ylitetty runsaammin. Kattonopeuden vaikutusta on perusteellisesti käsitelty TALJA:n tutkimuksessa (Häkkinen, Leinonen, Ratilainen /15/).

#### 4.7. Mittauksen julkisuus

Poliisin toimesta järjestetty näkyvä liikenteenvalvonta vaikuttaa aina varsinkin niiden ajoneuvotyyppien nopeuksiin, joille on määrätty ajoneuvokohtainen nopeusrajoitus, mutta samalla myös muutakin liikennettä rauhoittavasti. Ellei virkapukuista poliisia ole mukana, ei sensijaan tieviranomaisen toimesta järjestetty tutkimus yleensä kovin paljon vaikuta liikenteeseen. Tämä johtuu mahdollisesti toisaalta tieviranomaisille aikaisemman autoasetuksen nojalla myönnettyjen poliisivaltuuksien supistamisesta aivan ratkaisevasti vuoden 1957 moottoriajoneuvoasetuksessa ja toisaalta tällaisten tutkimusten yleistymisestä viime vuosina. Vuoden 1965 tutkimuksen ajonopeuden mittauksissa käytetty rekisterilaattamenetelmä ei päässyt herättämään kuljettajien huomiota, sillä havaitsijat asettuivat istumaan useiden metrien etäisyyteen tien reunasta puun juurelle tms. paikkaan. Liikenteenlaskijan letku sijoitettiin tässä mielessä mittavälin loppupäähän. Poikkileikkausnopeuden mittauksessa oli sensijaan vaikeampi piilottaa kaikkia laitteita. Liikenneanalysoijan langat oli joka tapauksessa vedettävä ainakin puolitiehen saakka - tosin ne vain 2 mm:n läpimittaisina ja väriään harmaina eivät olleet havaittavissa ennenkuin aivan läheltä, jolloin ajoneuvot eivät todennäköisesti enää ehtineet muuttaa nopeuttaan. Laite ei ole myöskään meillä yleisesti tunnettu nopeudenmittauskojeena. Mitä sitten tutkaan tulee, sen tuntevat jo useimmat autoilijat - laitteen mahdollisimman täydellinen kätkeminen oli näinollen ilmeisen tarpeellista.

Kysymyksen selvittämiseksi suoritettiin vielä ennen varsinaisia nopeus-tutkimuksia tieosalla Helsinki - Lohjanharju kokeilu, jossa tutka ensin oli huolellisesti piilotettuna, sitten selvästi esillä ja lopuksi vielä varustettuna 400 m ennen mittapistettä sijoitetulla keltaisella kilvellä: "Tvh:n nopeustutkimus". Tu-

lokset on esitetty taulukossa 28.

Taulukko 28. Nopeuksien riippuvuus tutkimuksen julkisuudesta.

	1.		2.		3.	
	Tutka piilossa		Tutka esillä		Tiedoituskilpi	
	$\bar{v}_1$ km/h	havaintoja kpl	$\bar{v}_1$ km/h	havaintoja kpl	$\bar{v}_1$ km/h	havaintoja kpl
Henkilöautot	86,6	59	80,0	54	80,6	95
Kuorma-autot	65,5	56	65,2	79	63,5	78
Kaikki autot	75,4	132	71,2	142	72,3	190

Kuorma-autojen nopeuksiin ei tutkimuksen julkisuus näyttänyt vaikuttavan - tämä johtui ilmeisesti siitä, että kuorma-autot olivat suureksi osaksi samoja ajaen edestakaisin ko. tieosalla (siitä johtuu myös suuri kuorma-autojen osuus). Kuljettajien huomattua, ettei tutkimuksen suorittajana ole poliisi, ajo jatkui entiseen tapaan. Kuorma-autojen keskinopeus samoin kuin ajoneuvo kohtaisen nopeusrajoituksen ylitysprosentti olivatkin suunnilleen samat kuin koko kesän 1965 tutkimuksessa keskimäärin. Henkilöautot olivat sensijaan ilmeisesti läpikulkevia ja huomattavasti tutkan hidastivat nopeuttaan "varmuuden vuoksi". t-testillä voidaan todeta tapausten 1. ja 2. välisen eron henkilöautojen osalta olevan tilastollisesti melkein merkitsevän ( $t = 2,05$ ,  $f = 111$ ) ja tapausten 1. ja 3. välisen eron merkitsevän ( $t = 2,71$ ,  $f = 152$ ).

Vuoden 1965 nopeustutkimus on kokonaisuudessaan pyritty suorittamaan mahdollisimman salaisena ja laitteet piilottamaan huolellisesti. Tutkimuksessa käytetty auto oli vaaleanvihreä yksityisauto, joka sekä oli yleensä pysäköitynä pois näkyvistä. Kun laitteet on tavallisesti kuitenkin jouduttu asentamaan paikoilleen näkyvästi, ovat autoilijoiden omat varoitussjärjestelmät saattaneet asiasta tiedottaa edelleen. Koska ylinopeuksista ei ole kuitenkaan rangaistusta, on ajotapa ilmeisesti melko pian palautunut normaaliksi. Näinollen katson, etteivät käytetyt mittaustavat ole vaikuttaneet kuljettajien käyttämiin nopeuksiin. Tähän viittaavat myös yleensä varsin korkeat nopeuskeskiarvot sekä runsaat ajoneuvo kohtaisen nopeusrajoitusten ylitykset (kohta 5.2.1.1.).

#### 2.4.8. Ajoneuvon kuljettaja

Varsinaisia kuljettajaan kohdistuneita tutkimuksia suoritettiin ainoastaan henkilöautojen osalta poikkileikkausnopeusmittausten yhteydessä pistoko-

keenomaisesti mittapisteissä M 5. 1655, M 5. 0905 ja U 55. 3115 sekä vertailupisteessä W IV (yhteensä 800 havaintoa).

Ajonopeusmittausten yhteydessä ei vastaavia tutkimuksia tehty.

### Kuljettajan sukupuoli

Amerikkalaiset ovat todenneet (Matson, Smith, Hurd /25/) miesten ajavan n. 3-5 km/h suuremmilla nopeuksilla kuin naisten. Taulukosta 29 nähdään, että Suomessa miehet ajaisivat 4-5 km/h kovempaa kuin naiset. Amerikkalaiset ovat edelleen todenneet yksinäisen kuljettajan ajavan 3-5 km/h suuremmalla nopeudella kuin sellaisen, jolla on matkustajia muassaan. Tässä tutkimuksessa näyttäisi vastaava ero olevan n. 3 km/h. Molemmissa tapauksissa osoittautuvat erot melkein merkitseviksi ( $\lambda = 2,1$ ). Se seikka, että kaikissa tutkimuspisteissä miesten ja naisten nopeuserot ovat suunnilleen samat, vahvistaa tätä käsitystä. Näiden seikkojen perusteellisemmaksi selvittämiseksi tarvittaisiin kuitenkin lisää tutkimuksia.

Taulukko 29. Henkilöautojen poikkileikkausnopeuden riippuvuus kuljettajan sukupuolesta ja matkustajien lukumäärästä.

Mittapisteen N:o	Mies		Nainen		Yksinäinen		Matkustajia mukanaan	
	Hav. kpl.	$\bar{v}_1$ (H) km/h	Hav. kpl.	$\bar{v}_1$ (H) km/h	Hav. kpl.	$\bar{v}_1$ (H) km/h	Hav. kpl.	$\bar{v}_1$ (H) km/h
W IV	285	87,1	21	82,2	92	89,0	214	85,9
M 5. 0905	145	77,4	13	72,9	38	78,6	120	76,5
M 5. 1655	173	78,5	17	73,8	52	78,4	138	77,9
U 55. 3155	135	66,8	11	64,4	56	71,7	90	63,5
	738	79,4	62	74,8	238	81,0	562	78,3

### Auton kotipaikka

Ajonopeusmittausten yhteydessä suoritettiin autojen kotipaikkaa koskeva tutkimus rekisterinumerohavaintojen perusteella. Huomio kiinnitettiin henkilöautoihin, jotka jaettiin kolmeen ryhmään; kotiläänistä, vieraasta läänistä ja ulkomailta peräisin oleviin. Nopeuksien painotetut keskiarvot eri tapauksissa käyvät ilmi taulukosta 30.



Taulukko 30. Henkilöautojen ajonopeuden riippuvuus auton kotipaikasta.

Tien laatu	kotilääni		vieras lääni		ulkomaa		Havainto- ja yht.
	Hav.	$\bar{v}_2$ (H)km/h	Hav.	$\bar{v}_2$ (H)km/h	Hav.	$\bar{v}_2$ (H)km/h	
Kuiva tie	2375	83,8	3711	86,5	266	91,2	6352
Märkä tie	692	82,5	768	82,8	77	87,3	1537
Kattonopeus	229	79,2	250	82,9	49	83,3	528
U 55	143	63,5	97	62,1	6	61,3	246

Pitämällä kunkin tutkimuksen keskiarvoa yhtenä havaintona on laskettu keskiarvot ja keskihajonnat eri ryhmille. t-testillä todetaan, että kuivilla teillä kotiläänin ja vieraiden autojen nopeuksien keskiarvojen ero on tilastollisesti merkitsevä ( $t = 2,95$ ,  $f = 102$ ). Vastaavasti kotiläänin ja ulkomaalaisten autojen nopeuksien ero on erittäin merkitsevä ( $t = 4,69$ ,  $f = 99$ ). Edellä olevan nojalla voidaan väittää, että kuivilla teillä vieraasta läänistä kotoisin olevat henkilöautot ajavat n. 2-3 km/h ja ulkomaalaiset n. 7 km/h suuremmalla nopeudella kuin kotiläänin henkilöautot. Märillä teillä ovat erot pienemmät. Sama suuntaus näyttäisi vallitsevan myös kattonopeuden voimassa ollessa ts. vieraat käyttävät suurempia nopeuksia. Huonolla tiellä U 55 kotiläänin henkilöautot näyttäisivät ajavan 1-2 km/h nopeammin kuin vieraitten läänien ja n. 2 km/h nopeammin kuin ulkomaalaiset henkilöautot. Tämä vaikuttaa varsin uskottavalta, sillä juuri kotiläänin autoilijat tuntevat k. o. mutkaisen tien parhaiten. Huomattakoon myös kotiläänin autojen suuri osuus liikenteessä tässä tapauksessa. Mainittuja eroja ei ole kuitenkaan tilastollisesti testattu.

Vieraasta läänistä kotoisin olevien ajoneuvojen prosenttisen osuuden vaihtelusta nopeuksiin on myös tutkittu. Tämä ns. vieraiden autojen prosentti vaihtelee ajonopeuksien tutkimusaineistossa 23,5-87,5 % keskiarvon ollessa kuivien teiden osalta 60,2 %. Usean muuttujan lineaarisessa regressioanalyysissä on se paremmuusjärjestyksessä 4. sijalla kaikkien ajoneuvojen ja 6. sijalla henkilöautojen osalta 20 selittäjän joukossa ja parantaa ensinmainittua mallia omalta kohdaltaan.

Koska ajoneuvojen kuljettajat näyttävät käyttäytyvän tiellä U 55 eri tavoin kuin muilla teillä (taulukko 30), on vieraiden autojen osuuden erillisvaikutusta tutkittaessa poistettu nämä poikkeukselliset havainnot. Malleille ei saada kuitenkaan nollasta poikkeavaa korrelatiota.

Poikkileikkausnopeuksien tutkimusaineistossa vieraiden autojen prosentti on kuivien teiden osalta keskimäärin 61,4 %. Usean muuttujan linearisessa regressioanalyysissä se on paremmuusjärjestyksessä vasta 13. sijalla kaikkien ajoneuvojen ja 9. sijalla henkilöautojen osalta 20 selittäjän joukossa eikä paranna enää malleja.

Tutkittaessa vieraiden autojen osuuden yksittäisvaikutusta poikkileikkausnopeuksiin on taasen jätetty tien U 55 havainnot pois.

Malleille ei nytkään saada nollasta poikkeavaa korrelatiota.

Käsitys, että vieraiden autojen prosenttinen osuus vaikuttaisi koko liikennevirran keskinopeuksiin, ei saa näinollen tästä tutkimuksesta vahvistusta.

Usean muuttujan regressioanalyysissä saatu tulos johtuu tien U 55 mukanaolosta - vieraiden autojen osuus samaten kuin nopeudetkin olivat k. o. tiellä pieniä.

## 2.5. Nopeustrendi

Nopeuksien yleiskasvu on pistokokeenomaisesti pyritty selvittämään mittaamalla poikkileikkausnopeudet neljässä vuosina 1960-61 suoritetun tutkimuksen pisteessä. Vertailupisteet valittiin sellaisilta tieosilta, jotka eivät ole olleet parantamistöiden kohteina tutkimusten välisenä aikana. Piste W I (entinen tunnus T 3.2.), sijaitsee valtatiellä n:o 8 välillä Raisio - Marjamäki 0,6 km Marjamäeltä, W II (ent. T 5.1.) valtatiellä n:o 2 välillä Haistila - Friitala 0,5 km Haistilasta, W III (ent. 5.2.) valtatiellä n:o 4(5) välillä Jokivarsi - Kerava 28 km Helsingistä ja W IV (entinen H 5.1.) valtatiellä n:o 4 välillä Holma - Vääksy 13 km Lahdesta. Mittaukset on muuten toimitettu arkipäivinä, paitsi pisteessä W III, jossa mittauspäivä v. 1961 sattui helatorstaiksi.

Taulukosta 31 nähdään vertailevan tutkimuksen tulokset.

V. 1961 oli nopeuskeskiarvo henkilöautoilla 68 km/h, raskailla autoilla (ilman traktoreita) 58 km/h ja kaikilla ajoneuvoilla 64 km/h. Vastaavat luvut olivat v. 1965 84 km/h, 69 km/h ja 78 km/h.

Henkilöautojen poikkileikkausnopeudet ovat 4 vuoden kuluessa siis nousseet keskimäärin 16 km/h, raskaiden autojen 11 km/h ja kaikkien autojen 14 km/h nousun ollessa keskimäärin vuosittain henkilöautojen kohdalla 4 km/h, raskaiden autojen 2,8 km/h ja kaikkien ajoneuvojen 3,5 km/h. Liikennemäärä

(molempiin suuntiin) on kasvanut neljässä vuodessa vastaavasti arvosta 180 ajon/h arvoon 250 ajon/h eli n. 40 %:lla. Kuvassa 44 on esitetty em. neljän vertailupisteen yhdistetyt summakäyrät vuosilta 1961 ja 1965. Kun tien kunto ja sääsuhteet ovat vertailupisteissä olleet samat vuosien 1961 ja 1965 tutkimuksissa, eikä liikennemäärä ole sanottavasti voinut vaikuttaa asiaan, täytyy poikkileikkausnopeuksien kasvun johtua lähinnä parantuneesta ajoneuvokannasta ja muuttuneista ajotottumuksista. Raskaiden autojen nopeuksien kasvuun on vaikuttanut luonnollisesti kuorma-autojen sallitun enimmäisnopeuden korottaminen 1.1.1965 alkaen 10 km/h. Keskihajonnat ovat vertailupisteissä hiukan nousseet, mutta varianssikertoimet sensijaan pienentyneet. Kun poikkileikkausnopeuksien tutkimuksessa v. 1965 ei kaikkia ajoneuvotyyppjä ole eroteltu, täytyisi ajoneuvokohtaiset vertailut suorittaa ajonopeusmittausten tuloksiin. Taulukko 32 osoittaa 4-5 vuoden kuluessa tapahtuneen kehityksen ajoneuvotyypeittäin koko tutkimusaineistojen pohjalta.

Tarkasteltaessa taulukon 32 arvoja vuodelta 1965 on muistettava, että poikkileikkausnopeudet olisivat todellisuudessa n. 1-2 km/h ajonopeuksia korkeammat, mikä lisäys olisi siis tehtävä näihin arvoihin. Toisaalta on otettava huomioon, että vuosien 1960-61 mittaukset on toimitettu ympärivuotisin siten että yli puolet tuloksista on saatu loka- maaliskuun aikana. Kesäajan keskiarvot ovat n. 7 km/h korkeammat talviajan keskiarvoja, joten v. 1960-61 arvoihin olisi lisättävä n. 3-4 km/h. Kun edellä esitetyt näkökohdat otetaan huomioon, voitaneen arvioida poikkileikkausnopeuksien kasvaneen vuosista 1960-61 vuoteen 1965 henkilöautojen osalta n. 18 km/h ja kaikkien ajoneuvojen osalta n. 17 km/h. Paketti-, linja- ja kuorma-autojen nopeuden kasvu on ollut vähäisempi, ehkä n. 8-10 km/h. Liikennemäärä (molempiin suuntiin) oli vuoden 1961 tutkimuksessa keskimäärin 95 ajon/h ja vuoden 1965 181 ajon/h, siis lähes kaksinkertainen edelliseen verrattuna. Vastaavat henkilöautoprosentit olivat 63 %<sup>1</sup> ja 72 %. Poikkileikkausnopeuksien keskihajonnat ovat kasvaneet henkilöautojen osalta arvosta 16 km/h arvoon 17 km/h ja kaikkien ajoneuvojen osalta arvosta 15 km/h arvoon 18 km/h. Varianssikerroin on samalla kuitenkin pienentynyt henkilöautoilla arvosta 0,24 arvoon 0,20 ja kaikilla ajoneuvoilla arvosta 0,25 arvoon 0,22.

<sup>1</sup> Vuosien 1960-61 henkilöautoprosentti oli todellisuudessa pienempi, koska henkilöautoihin luettiin tällöin myös moottoripyörät.

Taulukko 31. Poikkileikkausnopeudet neljässä vertailupisteessä vuosina 1961 ja 1965.

	$\bar{v}_1$ km/h	$s_1$ km/h	Hav.	H % <sup>1)</sup>	Q ajon/h	$\bar{v}_1$ km/h	$s_1$ km/h	Hav.	H %	Q ajon/h	$\bar{v}_1$ km/h	$s_1$ km/h	Hav.	H %	Q ajon/h
W I	Perjantai 1.9.61 klo 10,00-12,00					Torstai 1.7.65 klo 08,00-10,00									
Suunta	Molemmat					Molemmat									
H-autot 1)	63	12	104			80	15	356							
Raskaat autot 3)	56	..	233	30	172	67	..	236	60	296					
Kaikki ajon. 4)	58	11	344			75	15	593							
W II	Perjantai 9.11.61 klo 09,15-11,15					Perjantai 9.7.65 klo 08,15-10,15									
Suunta	Poriin					Molemmat									
H-autot 1)	72	..	50			87	17	211							
Raskaat autot 3)	58	..	66	41	61	70	..	165	55	192					
Kaikki ajon. 4)	63	16	121			78	18	384							
W III	Torstai <sup>2)</sup> 11.5.61 klo 16,30-18,30					Lauantai 24.7.65 klo 08,15-09,45									
Suunta	Molemmat					Helsinkiin					Lahteen				
H-autot 1)	68	12	622	87	360	84	14	115			86	13	186		
Raskaat autot 3)	61	..	90			71	..	72	62	125	71	..	97	66	189
Kaikki ajon. 4)	66	12	719			79	14	187			81	13	283		
W IV	Torstai 5.10.61 klo 12,45-14,45					Keskiyö 11.8.65 klo 14,00-16,00									
Suunta	Molemmat					Lahteen					Vääksyyn				
H-autot 1)	78	..	62			89	16	159			83	17	169		
Raskaat autot 3)	61	..	73	46	68	70	..	39	80	100	68	..	61	74	115
Kaikki ajon. 4)	69	17	136			85	18	199			79	17	230		
Yhteensä	1961					1965									
H-autot 1)	68	..	838			84	..	1196							
Raskaat autot 3)	58	..	462	63	180 <sup>5)</sup>	69	..	670	64	250 <sup>5)</sup>					
Kaikki ajon. 4)	64	..	1320			78	..	1876							

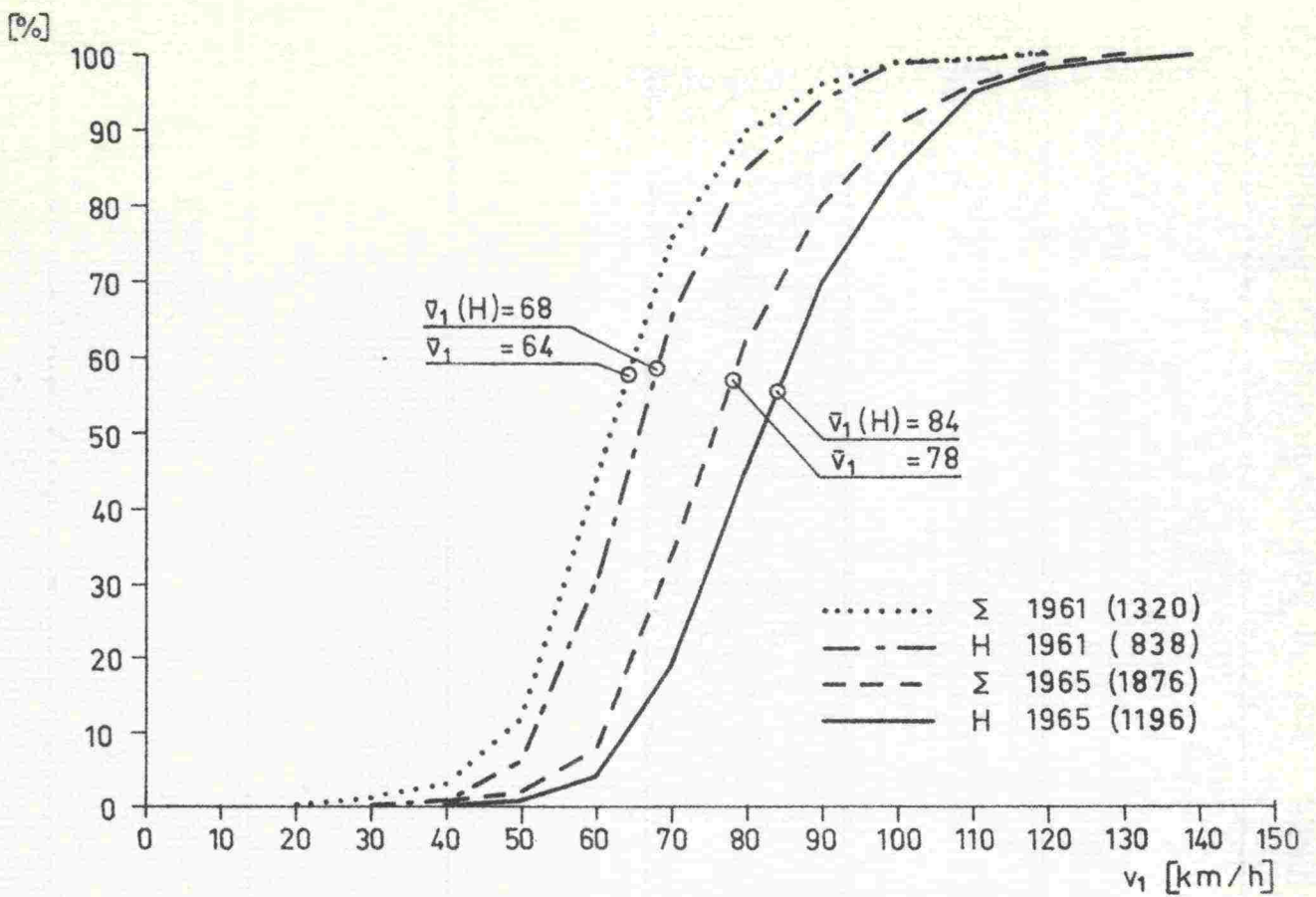
1) Henkilöautoihin luettu v. 1961 myös moottoripyörät

2) Helatorstai

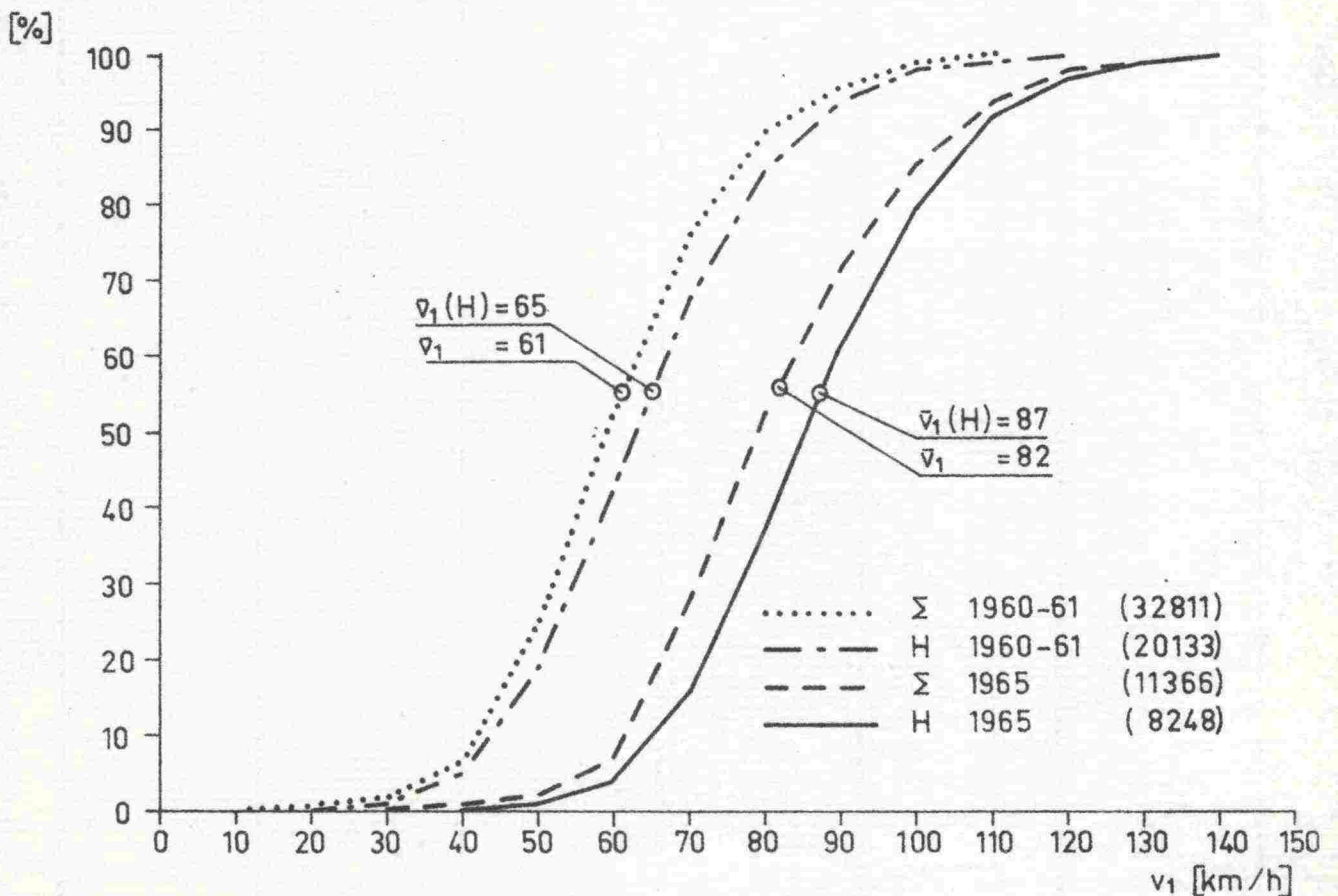
3) Ilman traktoreita

4) Traktorit mukaanluettuina

5) Molempiin suuntiin



Kuva 44. Neljän vertailupisteen poikkileikkausnopeuksien summakäyrät v. 1961 ja v. 1965



Kuva 45. Koko tutkimusaineistojen poikkileikkausnopeuksien summakäyrät vuosilta 1960-61 ja 1965

Taulukko 32. Nopeuksien kehitys ajoneuvotyypeittäin vv. 1960-1965.

Ajon. tyyppi	vv. 1960-1961			v. 1965		
	$\bar{v}_1$ km/h	Hav.	$\bar{v}_2$ km/h	Hav.	$\bar{v}_1$ km/h	Hav.
H	65	20133 1)	85	7736	87	8248
P	62	2114	73	445	} 68	} 3072
L	58	2452	68	318		
K	56/57	7235/11801	67	2337		
T	30	8772)	26	35	..	46
$\Sigma$	61	32811	80	10871	82	11366

1) Moottoripyörät mukaanluettuina

2) Mopot mukaanluettuina

Kuvaan 45 on vielä piirretty poikkileikkausnopeuksien osalta vuosien 1960-61 koko tutkimusaineistoa kuvaavat henkilöautojen ja kaikkien ajoneuvojen summa-  
käyrät sekä vuoden 1965 aineiston yhdistetyt tulokset kuivilta ja märiltä tienpin-  
noilta. Käyrät eivät ole täysin vertailukelpoisia, sillä vanhempi aineisto edus-  
taa lähinnä koko vuoden keskiarvoja silloisella tieverkollamme kun taas uudem-  
pi aineisto on yksinomaan kesäkaudelta ja hiukan paremmilta teiltä. Vaikka edel-  
lä mainittu vuodenaikojen vaikutuskin otetaan huomioon, on nopeuksien kasvu se-  
kä henkilöautoilla että kaikilla ajoneuvoilla n. 2-3 km/h suurempi kuin neljässä  
vertailupisteessä. Tämän nopeudenkasvun voidaan katsoa aiheutuneen tieverkol-  
la tapahtuneista parannustöistä, lähinnä päällystämistä. Vuosien 1960-61  
mittaukset keskittyivät kyllä nekin pääasiassa Etelä-Suomen valta- ja kantateil-  
le, mutta yli 10 % tutkimuspisteistä sattui kuitenkin ns. rakentamattomille teil-  
le ja n. kolmannes pisteistä sorateille. Rakentamattomilla teillä ajettiin n.  
7 km/h hitaammin kuin rakennetuilla ja sorateilla vastaavasti 2-8 km/h hitaam-  
min kuin asfaltti- tai öljysorateilla /41/. Vuoden 1965 tutkimustulokset ovat sen-  
sijaan (lukuunottamatta kantatietä 55) kaikki rakennetuilta asfaltti- tai öljyso-  
rapäällysteisiltä valtateiltä. Raskaiden autojen nopeuksiin eivät tienparannuk-  
set näyttäisi sensijaan juuri vaikuttaneen. Tässä yhteydessä tulkoon mainituk-  
si, että Ruotsissa (Kolsrud /24/) on todettu nopeuksien nousseen vuosina  
1956-61 keskimäärin 1 km/h vuosittain. USA:ssa (Matson, Smith, Hurd  
/25/) on nousun todettu olleen vv. 1925-40 n. 1,5 mi/h ja 1943-53 n. 1 mi/h  
vuosittain. Vastaavasti on (HCM /10/) vv. 1953-63 vuotuisen nousun todettu  
olleen keskimäärin 0,6 mi/h, josta vuosien 1960-63 osuus 1,0 mi/h/v. Englan-  
nissa on Hillier /11/ havainnut samansuuruisen nousun vv. 1947-55.

Hughes ja Coburn /13/ ovat todenneet myös vv. 1957-64 välisenä aikana nopeuksien nousseen keskimäärin 1 mi/h vuosittain, vaikka liikennemäärä oli samanaikaisesti kasvanut yhdellä kolmanneksella. Nopeuden kasvu oli määrällisesti yhtä suuri henkilöautoilla ja raskailla autoilla, mutta suhteellinen kasvu oli jälkimmäisillä suurempi. Tutkijat katsoivat keskinopeuksien kasvun aiheutuneen autojen suorituskyvyn paranemisesta. On osoitettu, että uusilla automalleilla testeissä saavutetut huippunopeudet ovat nousseet systemaattisesti vv. 1950-61 pienillä ja keskikokoisilla henkilöautoilla vuosittain n. 1 mi/h, mutta suuremmilla ja urheiluautoilla vieläkin enemmän. Suorituskyvyn ohella myös muut autojen parannukset, kuten parempi näkyvyys ja jarrutusominaisuudet ovat todennäköisesti vaikuttaneet nopeuksien kasvuun. Edelleen on todettava käytössä olevien autojen keski-ikä alentuneen vuosien kuluessa. Englantilaisien tutkimuksessa nousivat keskihajonnat myös hiukan, mutta varianssikertoimet pienivät. Niillä teillä, jotka oli vuosien 1957 ja 1964 välisenä aikana muutettu kaksiajorataisiksi, todettiin aikaisemmin mainitun nopeuden kasvun lisäksi henkilöautojen nopeuksien nousseen 10 mi/h eli vuosittain n. 1,4 mi/h ja raskaiden autojen 3 mi/h eli vuosittain n. 0,4 mi/h.

Suomessa todettu nopeuksien kasvu näyttää siis suunnilleen seuraavan muualla maailmassa tapahtunutta kehitystä.

Kun koko tieverkkomme peittäviä tutkimuksia ei ole suoritettu on ehkä vaikeata tarkasti arvioida vuotuista nopeuden kasvua keskimäärin koko maassamme - vaikuttavien tekijöiden lukumäärä on sitäpaitsi kovin suuri. Edelläolevan tarkastelun perusteella voidaan kuitenkin päätellä, että tämän vuosikymmenen ensimmäisellä puoliskolla henkilöautojen nopeudet ovat parantuneen autokaluston ja muuttuneiden ajotottumusten ansiosta nousseet kesäolosuhteissa n. 4 km/h sekä parantuneen tieverkon ansiosta lisäksi n. 0,5 km/h eli yhteensä n. 4,5 km/h vuosittain. Kaikkien autojen osalta ovat vastaavat luvut 3,5 km/h ja n. 0,5 km/h eli yhteensä 4 km/h vuosittain. Vuotuinen kasvu olisi molempien ajoneuvoryhmien osalta keskimäärin n. 6 %. Tämä nopeuden yleiskasvu voitaisiin esittää myös seuraavalla yhtälöllä, jonka käyttöalue luonnollisesti on ajallisesti varsin lyhyt:

$$\bar{v}_n = \bar{v}_{1960} (1 + 0,06 \cdot n), \quad (116)$$

jossa  $\bar{v}_n$  = keskinopeus vuonna 1960+n

$\bar{v}_{1960}$  = keskinopeus vuonna 1960.

Tapahtunut ja edelleen jatkuva nopeuksien kasvu olisi otettava huomioon teiden suunnittelussa niiden ohjenopeuksia valittaessa, koska se selvästi osoittaa ns. halutun nopeuden kasvaneen jatkuvasti. Se voi antaa myös aiheen keskusteluun joko pysyvän yleisen nopeusrajoituksen tai tiekohtaisten rajoitusten tarpeellisuudesta maassamme tulevaisuudessa.

### Keskinopeuden ennustamiseen sovellettavat mallit

#### 3.1. Usean muuttujan mallit

##### 3.1.1. Ajonopeus

Kuten kohdassa 4.4.1. mainittiin, ovat sopivimmiksi selitettäviksi osoittautuneet kaikkien ajoneuvojen ja henkilöautojen aritmeettiset nopeuskeskiarvot. Lisäksi on tarkasteltu vastaavaa kaikkien ajoneuvojen nopeuksien keskihajontaa. Linearisella regressioanalyysillä on kahtakymmentä eri selittäjää käytettäessä laskettu mallit siten, että tietokoneohjelma on automaattisesti lisännyt selittäjiä niiden paremmuusjärjestyksessä, joka oli tässä taulukon 33 mukainen. Allaoleviin malleihin on otettu mukaan vain ne muuttujat, jotka vielä parantavat malleja - tällöin on samalla kiinnitetty huomiota  $F$ -arvoon muuttujia lisättäessä (muuttujien merkinnät sekä keskiarvot ja -hajonnat ks. liite 5):

$$\bar{v}_2 = 72,6 - 5,3 \cdot Y_7 - 0,046 \cdot Y_9 + 11,2 \cdot Y_{15} + 0,368 \cdot Y_{18} - 31,7 \cdot Y_{19} + 0,116 \cdot Y_{20} + 0,039 \cdot Y_{21}, \quad r = 0,96 \quad (117)$$

$$\bar{v}_2(H) = 97,5 - 7,8 \cdot Y_7 - 0,036 \cdot Y_9 + 0,383 \cdot Y_{18} - 30,2 \cdot Y_{19} - 0,112 \cdot Y_{20}, \quad r = 0,94 \quad (118)$$

$$s_2 = 18,1 - 0,053 \cdot Y_1 + 3,8 \cdot Y_4 - 1,5 \cdot Y_7 - 0,0005 \cdot Y_8 + 0,070 \cdot Y_{14} - 0,007 \cdot Y_{16} - 0,058 \cdot Y_{20} + 0,04 \cdot Y_{22}, \quad r = 0,77 \quad (117a)$$

Malleja tarkasteltaessa voidaan todeta, että eräiden selittäjien kertoimilla on toinen etumerkki kuin minkä niillä odottaisi olevan: ensimmäisessä mallissa käyttösuhte (Y<sub>15</sub>) ja liikennemäärä mittaussuuntaan (Y<sub>18</sub>), toisessa henkilöautoprosentti (Y<sub>20</sub>) ja liikennemäärä mittaussuuntaan (Y<sub>18</sub>) sekä kolmannessa luokituspisteluku (Y<sub>1</sub>) ja minimisäde (Y<sub>8</sub>). Tämä ei sinänsä ole mitenkään outoa, sillä tällaisissa malleissa toiset selittäjät korjaavat toisten vaikutusta - tavoitteena on vain parhaan kokonaismallin aikaansaaminen eikä yksityisen se-



Taulukko 33. Ajonopeutta selittävien 20 muuttujan lisäämisjärjestys ja vastaavat korrelatiokertoimet eri askeleilla.

Askel N:o	$\bar{v}_2$				$\bar{v}_2(H)$				$s_2$			
	selittäjä	korrelatio- kerroin	jäännös- hajonta	merkit- sevyys	selittäjä	korrelatio- kerroin	jäännös- hajonta	merkit- sevyys	selittäjä	korrelatio- kerroin	jäännös- hajonta	merkit- sevyys
1	Y <sub>7</sub>	0,840	3,71	xxx	Y <sub>7</sub>	0,867	3,60	xxx	Y <sub>1</sub>	0,626	1,84	xxx
2	Y <sub>20</sub>	0,894	3,06	xxx	Y <sub>9</sub>	0,905	3,07	xxx	Y <sub>22</sub>	0,648	1,80	-
3	Y <sub>9</sub>	0,916	2,75	xxx	Y <sub>19</sub>	0,914	2,92	x	Y <sub>7</sub>	0,667	1,76	-
4	Y <sub>21</sub>	0,922	2,65	x	Y <sub>18</sub>	0,939	2,48	xxx	Y <sub>14</sub>	0,696	1,70	x
5	Y <sub>19</sub>	0,929	2,53	x	Y <sub>20</sub>	0,945	2,35	x	Y <sub>20</sub>	0,716	1,65	x
6	Y <sub>18</sub>	0,959	1,92	xxx	Y <sub>21</sub>	0,948	2,30	-	Y <sub>8</sub>	0,725	1,63	-
7	Y <sub>15</sub>	0,963	1,83	x	Y <sub>15</sub>	0,950	2,26	-	Y <sub>4</sub>	0,745	1,58	x
8	Y <sub>1</sub>	0,963	1,83	-	Y <sub>8</sub>	0,950	2,26	-	Y <sub>16</sub>	0,774	1,50	x
9	Y <sub>13</sub>	0,963	1,84	-	Y <sub>4</sub>	0,952	2,21	-	Y <sub>21</sub>	0,771	1,50	-
10	Y <sub>8</sub>	0,962	1,86	-	Y <sub>6</sub>	0,952	2,20	-	Y <sub>10</sub>	0,767	1,51	-
11	Y <sub>4</sub>	0,962	1,86	-	Y <sub>22</sub>	0,952	2,21	-	Y <sub>9</sub>	0,763	1,53	-
12	Y <sub>2</sub>	0,961	1,87	-	Y <sub>2</sub>	0,951	2,22	-	Y <sub>15</sub>	0,766	1,52	-
13	Y <sub>22</sub>	0,961	1,89	-	Y <sub>10</sub>	0,951	2,23	-	Y <sub>2</sub>	0,762	1,53	-
14	Y <sub>6</sub>	0,960	1,91	-	Y <sub>16</sub>	0,950	2,24	-	Y <sub>6</sub>	0,757	1,54	-
15	Y <sub>5</sub>	0,959	1,93	-	Y <sub>3</sub>	0,949	2,26	-	Y <sub>5</sub>	0,753	1,56	-
16	Y <sub>14</sub>	0,958	1,95	-	Y <sub>5</sub>	0,948	2,28	-	Y <sub>13</sub>	0,748	1,57	-
17	Y <sub>3</sub>	0,957	1,96	-	Y <sub>13</sub>	0,948	2,30	-	Y <sub>19</sub>	0,740	1,59	-
18	Y <sub>16</sub>	0,957	1,99	-	Y <sub>1</sub>	0,946	2,33	-	Y <sub>18</sub>	0,735	1,60	-
19	Y <sub>10</sub>	0,955	2,01	-	Y <sub>17</sub>	0,945	2,36	-	Y <sub>3</sub>	0,726	1,62	-
20	Y <sub>17</sub>	0,954	2,04	-	Y <sub>14</sub>	0,943	2,36	-	Y <sub>17</sub>	0,717	1,65	-

littäjän todellisen vaikutuksen esiintuominen - merkki voi olla näin ollen kumpi tahansa. Kun selittäjien joukossa on eräitä vaikeasti mitattavia, esim. liikenteitiheys, sekä vaikutukseltaan heikkoja ja kun selittäjiä on muutenkin ehkä liian monta (5-8 kpl) eivät nämä mallit soveltune kovinkaan hyvin käytäntöön. Mallien parantamiseksi on edellisen perusteella valittu seitsemän tarkoituksenmukaisinta ja samalla mahdollisimman hyvää selittäjää em. kahdenkymmenen joukosta. Analyysissä on nyt käytetty selittäjiä sellaisinaan sekä niiden eri funktioita:  $Y_i$ ,  $Y_i^{1/2}$  ja  $\ln Y_i$  (koska myös selitettävä on viimeksimainitussa tapauksessa logaritimuudessa, on itse asiassa kysymys potenssifunktiosta).

Taulukko 34a osoittaa muuttujia sellaisinaan käytettäessä niiden lisäämisjärjestyksen, jonka on määrännyt funktio  $\bar{v}_2(H)$ . Näin meneteltiin tietokonekäsittelyn yksinkertaistamiseksi. Aikaisemmin (4.4.1.) on todettu tämän lisäämisjärjestyksen hyvin soveltuneen myös funktiolle  $\bar{v}_2$ .

Taulukko 34a. Ajonopeutta selittävien 7 muuttujan lisäämisjärjestys ja korrelatiokertoimet.

Askel N:o	$\bar{v}_2$				$\bar{v}_2(H)$			
	selittäjä	korr.kerroin	jäännös hajonta	merkit- sevyys	selittäjä	korr.kerroin	jäännös hajonta	merkit- sevyys
1	$Y_7$	0,840	3,71	xxx	$Y_7$	0,867	3,60	xxx
2	$Y_{20}$	0,894	3,06	xxx	$Y_{20}$	0,866	3,61	xxx
3	$Y_9$	0,916	2,75	xxx	$Y_9$	0,904	3,09	xxx
4	$Y_{21}$	0,922	2,65	x	$Y_{21}$	0,908	3,02	x
5	$Y_{18}$	0,925	2,59	-	$Y_{18}$	0,915	2,92	-
6	$Y_1$	0,928	2,54	-	$Y_1$	0,917	2,88	-
7	$Y_{15}$	0,927	2,56	-	$Y_{15}$	0,916	2,90	-

Ottamalla huomioon F-arvo muuttujia lisättäessä, saataisiin seuraavat neljän selittäjän mallit, joissa muuttujan  $Y_{21}$  merkitsevyys on vielä kovin heikko:

$$\bar{v}_2 = 70,9 - 5,9 \cdot Y_7 - 0,067 \cdot Y_9 + 0,156 \cdot Y_{20} + 0,049 \cdot Y_{21}, \quad r = 0,92 \quad (119)$$

$$\bar{v}_2(H) = 91,5 - 7,0 \cdot Y_7 - 0,088 \cdot Y_9 - 0,040 \cdot Y_{20} + 0,046 \cdot Y_{21}, \quad r = 0,90 \quad (120)$$

Neliöjuurifunktioiden käyttö antaisi hiukan huonompia tuloksia.

Taulukko 34b osoittaa muuttujien lisäämisjärjestyksen potenssifunktiota käytettäessä. Tässäkin on määräävänä ollut funktio  $\bar{v}_2(H)$ .

Taulukko 34b. Ajonopeutta selittävien 7 muuttujan lisäämisjärjestys ja korrelatiokertoimet, potenssifunktiot.

Askel N:o	$\bar{v}_2$				$\bar{v}_2(H)$			
	selittäjä	korrelatio- kerroin	jäännös hajonta	merkitse- vyys	selittäjä	korrelatio- kerroin	jäännös hajonta	merkitse- vyys
1	$Y_1$	0,868	0,047	xxx	$Y_1$	0,887	0,044	xxx
2	$Y_{20}$	0,903	0,041	xxx	$Y_{20}$	0,885	0,045	xxx
3	$Y_{21}$	0,913	0,039	x	$Y_{21}$	0,894	0,043	x
4	$Y_7$	0,928	0,035	xx	$Y_7$	0,910	0,040	xx
5	$Y_{18}$	0,934	0,034	x	$Y_{18}$	0,920	0,037	x
6	$Y_{15}$	0,936	0,033	-	$Y_{15}$	0,920	0,037	-
7	$Y_9$	0,940	0,033	-	$Y_9$	0,926	0,036	-

Ottamalla taaskin huomioon F-arvo muuttujia lisättäessä saadaan seuraavat viiden selittäjän mallit:

$$\ln \bar{v}_2 = 2,582 + 0,223 \cdot \ln Y_1 - 0,019 \cdot \ln Y_7 - 0,031 \cdot \ln Y_{18} + 0,168 \cdot \ln Y_{20} + 0,055 \cdot \ln Y_{21}, \quad r = 0,93 \quad (121)$$

$$\ln \bar{v}_2(H) = 3,200 + 0,262 \cdot \ln Y_1 - 0,019 \cdot \ln Y_7 - 0,038 \cdot \ln Y_{18} + 0,005 \cdot \ln Y_{20} + 0,055 \cdot \ln Y_{21}, \quad r = 0,92 \quad (122)$$

Malleissa (119-122) on sellaisia muuttujia, joiden merkitsevyys on varsin heikko. Selittäjien lukumäärää olisikin ehkä syytä vielä pienentää. Malleista (119-120) saadaan kolmen muuttujan avulla jo varsin hyvä ja samalla riittävä tulos:

$$\bar{v}_2 = 72,4 - 6,4 \cdot Y_7 - 0,061 \cdot Y_9 + 0,175 \cdot Y_{20}, \quad r = 0,91 \quad (123)$$

$$\bar{v}_2(H) = 92,9 - 7,4 \cdot Y_7 - 0,083 \cdot Y_9 - 0,023 \cdot Y_{20}, \quad r = 0,90 \quad (124)$$

( $Y_7$  = kaarteisuus,  $Y_9$  = näkemäesteprosentti,  $Y_{20}$  = henkilöautoprosentti).

Samoin saadaan malleista (121-122), tosin muuttujan  $Y_{21}$  merkitsevyys on tässäkin kovin heikko:

$$\ln \bar{v}_2 = 2,511 + 0,240 \cdot \ln Y_1 + 0,157 \cdot \ln Y_{20} + 0,041 \cdot \ln Y_{21}, \quad r = 0,91 \quad (125)$$

$$\ln \bar{v}_2(H) = 3,160 + 0,272 \cdot \ln Y_1 - 0,012 \cdot \ln Y_{20} + 0,039 \cdot \ln Y_{21}, \quad r = 0,89 \quad (126)$$

( $Y_1$  = luokittelupisteluku,  $Y_{20}$  = henkilöautoprosentti,  $Y_{21}$  = vieraiden autojen prosentti).

Mallien (123-124) käyttöä voitaisiin hyvin suositella ajonopeuksien ennustamiseen lähivuosien kuluessa, jolloin

liikennemäärät eivät vielä kovin paljon vaikuta asiaan.

### 3.1.2. Poikkileikkausnopeus

Sopivimmiksi selitettäviksi ovat osoittautuneet (kohta 4.4.2.) kaikkien ajoneuvojen ja henkilöautojen poikkileikkausnopeuksien aritmeettiset keskiarvot. Lisäksi on tarkasteltu vastaavaa kaikkien ajoneuvojen nopeuksien keskihajontaa.

Kahtakymmentä selittäjää käytettäessä on linearisella regressioanalyysillä laskettu mallit siten, että tietokoneohjelma on automaattisesti lisännyt selittäjiä niiden paremmuusjärjestyksessä, joka oli taulukon 35 mukainen. Allaoleviin malleihin on otettu mukaan vain ne muuttujat, jotka vielä parantavat korrelatiota - F-arvo on samalla otettu huomioon (muuttujien merkinnät sekä keskiarvot ja -hajonnat ks. liite 7):

$$\bar{v}_1 = 17,4 + 0,815 \cdot X_2 + 6,6 \cdot X_3 - 3,9 \cdot X_5 - 0,94 \cdot X_{12}, \quad r = 0,91 \quad (127)$$

$$\bar{v}_1 (H) = 12,5 + 0,179 \cdot X_1 + 0,387 \cdot X_2 + 7,5 \cdot X_3 - 1,7 \cdot X_{19}, \quad r = 0,92 \quad (128)$$

$$s_1 = 25,2 + 6,2 \cdot X_3 - 0,9 \cdot X_{19}, \quad r = 0,73 \quad (127a)$$

Huomataan, että 2-4 muuttujan lisäämisen jälkeen eivät mallit olennaisesti parane, vaikka korrelatiokerroin näyttäisikin vielä nousevan. Myöhemmässä vaiheessa saisivat eräät muuttujat myös etumerkkejä, jotka eivät vastaisi odotuksia. Tämä johtuu taaskin siitä, että toiset selittäjät korjaavat toisten vaikutusta, joten merkki voi olla kumpi tahansa. Selittäjien joukossa on myös eräitä vaikeasti mitattavia. Seuraavassa vaiheessa on valittu kymmenen keskeisintä selittäjää em. kahdenkymmenen joukosta. Analyysissä on käytetty muuttujia sellaisinaan. Taulukko 36 osoittaa muuttujien lisäämisjärjestyksen, jonka on tässä määrännyt funktio  $\bar{v}_1$ . Kuten ajonopeuksien yhteydessä oli asianlaita, on samantekevää, kumpi funktio määrää järjestyksen.

Taulukko 35. Poikkileikkausnopeutta selittävien 20 muuttujan lisäämisjärjestys ja korrelatiokertoimet eri askeleilla.

Askel N:o	$\bar{v}_1$				$\bar{v}_1(H)$				$s_1$			
	selittäjä	korrelatio- kerroin	jäännös hajonta	merkit- sevyys	selittäjä	korrelatio- kerroin	jäännös hajonta	merkit- sevyys	selittäjä	korrelatio- kerroin	jäännös hajonta	merkit- sevyys
1	X <sub>2</sub>	0,887	3,05	xxx	X <sub>1</sub>	0,897	3,12	xxx	X <sub>3</sub>	0,698	1,43	xxx
2	X <sub>5</sub>	0,901	2,86	xx	X <sub>2</sub>	0,909	2,93	xx	X <sub>19</sub>	0,730	1,37	x
3	X <sub>3</sub>	0,910	2,74	x	X <sub>3</sub>	0,915	2,84	x	X <sub>13</sub>	0,743	1,34	-
4	X <sub>12</sub>	0,917	2,64	x	X <sub>19</sub>	0,923	2,72	x	X <sub>16</sub>	0,756	1,31	-
5	X <sub>1</sub>	0,919	2,60	-	X <sub>9</sub>	0,924	2,69	-	X <sub>6</sub>	0,768	1,28	-
6	X <sub>20</sub>	0,921	2,56	-	X <sub>18</sub>	0,925	2,68	-	X <sub>15</sub>	0,780	1,25	-
7	X <sub>6</sub>	0,923	2,53	-	X <sub>20</sub>	0,926	2,66	-	X <sub>20</sub>	0,789	1,23	-
8	X <sub>19</sub>	0,924	2,53	-	X <sub>5</sub>	0,927	2,64	-	X <sub>4</sub>	0,797	1,21	-
9	X <sub>18</sub>	0,928	2,46	-	X <sub>21</sub>	0,927	2,64	-	X <sub>14</sub>	0,800	1,20	-
10	X <sub>11</sub>	0,928	2,46	-	X <sub>7</sub>	0,927	2,65	-	X <sub>8</sub>	0,802	1,19	-
11	X <sub>16</sub>	0,928	2,46	-	X <sub>8</sub>	0,927	2,65	-	X <sub>1</sub>	0,806	1,18	-
12	X <sub>15</sub>	0,927	2,47	-	X <sub>16</sub>	0,926	2,66	-	X <sub>21</sub>	0,807	1,18	-
13	X <sub>21</sub>	0,928	2,45	-	X <sub>15</sub>	0,927	2,65	-	X <sub>7</sub>	0,810	1,17	-
14	X <sub>17</sub>	0,927	2,47	-	X <sub>12</sub>	0,928	2,63	-	X <sub>9</sub>	0,809	1,17	-
15	X <sub>14</sub>	0,926	2,49	-	X <sub>11</sub>	0,927	2,64	-	X <sub>17</sub>	0,806	1,18	-
16	X <sub>7</sub>	0,924	2,52	-	X <sub>6</sub>	0,926	2,66	-	X <sub>12</sub>	0,802	1,19	-
17	X <sub>8</sub>	0,923	2,54	-	X <sub>14</sub>	0,924	2,69	-	X <sub>11</sub>	0,799	1,20	-
18	X <sub>9</sub>	0,921	2,57	-	X <sub>17</sub>	0,923	2,72	-	X <sub>5</sub>	0,793	1,21	-
19	X <sub>13</sub>	0,918	2,61	-	X <sub>4</sub>	0,921	2,75	-	X <sub>2</sub>	0,788	1,23	-
20	X <sub>4</sub>	0,916	2,65	-	X <sub>13</sub>	0,918	2,79	-	X <sub>18</sub>	0,781	1,25	-

Taulukko 36. Poikkileikkausnopeutta selittävien 10 muuttujan lisäämisjärjestys ja korrelatiokertoimet.

Askel N:o	$\bar{v}_1$				$\bar{v}_1(H)$			
	selittäjä	korrelatio- kerroin	jäännös hajonta	merkit- sevyys	selittäjä	korrelatio- kerroin	jäännös hajonta	merkit- sevyys
1	$X_2$	0,887	3,05	xxx	$X_2$	0,889	3,23	xxx
2	$X_5$	0,901	2,86	-	$X_5$	0,893	3,17	-
3	$X_{20}$	0,904	2,83	x	$X_{20}$	0,902	3,05	x
4	$X_{11}$	0,907	2,78	-	$X_{11}$	0,907	2,97	-
5	$X_7$	0,906	2,80	-	$X_7$	0,906	2,98	-
6	$X_{21}$	0,904	2,82	-	$X_{21}$	0,905	3,00	-
7	$X_4$	0,902	2,85	-	$X_4$	0,904	3,02	-
8	$X_{12}$	0,902	2,85	-	$X_{12}$	0,902	3,05	-
9	$X_{18}$	0,902	2,86	-	$X_{18}$	0,900	3,08	-
10	$X_6$	0,900	2,88	-	$X_6$	0,898	3,11	-

Kolmannen askelen jälkeen ei muuttujien lisäämisellä ole enää mitään merkitystä, toisen ja kolmannen selittäjän mukaanotto on sekin jo kyseenalaista.

Mallit olisivat seuraavanlaiset:

$$\bar{v}_1 = 53,7 + 0,952 \cdot X_2 - 4,9 \cdot X_5 + 0,068 \cdot X_{20}, \quad r = 0,90 \quad (129)$$

$$\bar{v}_1(H) = 67,0 + 1,149 \cdot X_2 - 5,2 \cdot X_5 - 0,116 \cdot X_{20}, \quad r = 0,90 \quad (130)$$

( $X_2$  = geom. pisteluku,  $X_5$  = luiskakaltevuus,  $X_{20}$  = henkilöautoprosentti).

Mallit (129) ja (130) tuntuvat, em. heikkouksistaan huolimatta kylläkin käyttökelpoisilta ja samalla riittävilä poikkileikkausnopeuksien ennustamiseen.

### 3.1.3. Amerikkalainen malli

Edellä olevia malleja voitaisiin verrata Oppenlanderin /30/ v. 1964 esittämään kaksikaistaisen maantien poikkileikkausnopeuksia selittävään malliin, joka perustuu 479 mittapisteessä tutkalla tehtyyn yhteensä n. 70000 nopeushavaintoon:

$$\begin{aligned} \bar{v}_1 = & 39,34 + 0,0267 \cdot Z_2 + 0,1396 \cdot Z_6 - 0,8125 \cdot Z_8 \\ & - 0,1126 \cdot Z_{12} + 0,0007 \cdot Z_{15} + 0,6444 \cdot Z_{16} - 0,5451 \cdot Z_{19} \\ & - 0,0082 \cdot Z_{22}, \quad r = 0,78 \quad (131) \end{aligned}$$

jossa

$\bar{v}_1$  = ajoneuvojen poikkileikkauksen nopeus (mailia/h)

$Z_2$  = vieraasta osavalttiosta olevien autojen osuus (%)

$Z_6$  = perävaunullisten autojen osuus (%)

$Z_8$  = kaarteiden keskuskulma ( $^\circ$ ) (100 jalan kaarrepituus)

$Z_{12}$  = pituuskaltevuus (%)

$Z_{15}$  = miniminäkemä (j)

$Z_{16}$  = kaistaleveys (j)

$Z_{19}$  = tienvarsirakenteet (kpl/maili)

$Z_{22}$  = liikennemäärä molempiin suuntiin (ajon/h)

Vertailun helpottamiseksi olisi malli muutettava seuraavaksi:

$$\begin{aligned} \bar{v}_1 = & 63,3 + 0,043 \cdot Z_2 + 0,225 \cdot Z_6 - 1,31 \cdot Z_8 \\ & - 0,18 \cdot Z_{12} + 0,0037 \cdot Z_{15} + 3,39 \cdot Z_{16} - 1,410 \cdot Z_{19} \\ & - 0,013 \cdot Z_{22}, \end{aligned} \quad r = 0,78 \quad (131a)$$

jossa muuttujien dimensiot ovat metrijärjestelmässä:  $\bar{v}_1$  (km/h),  $Z_{15}$  ja  $Z_{16}$  (m) sekä  $Z_{19}$  (kpl/km). Analyysissä oli alunperin mukana 48 selittäjää, joista em. 8 osoittautuivat parhaimmiksi. Muuttujan  $Z_6$  etumerkki ei ole odotetun mukainen. Mallin korrelatiokerroin ei ole myöskään kovin korkea, mutta siitä huolimatta sitä on pidetty luotettavana ja se on otettu mukaan käsikirjoihinkin (Traffic Engineering Handbook /17/). Taulukko 37 osoittaa amerikkalaisen mallin muuttujien vaihtelurajat.

Taulukko 37. Muuttujien vaihtelurajat mallissa 131a.

Muuttuja	Keskiarvo	Keskihajonta
$Z_2$ (%)	19,8	6,5
$Z_6$ (%)	6,2	4,5
$Z_8$ ( $^\circ$ )	5,5	6,3
$Z_{12}$ (%)	0,04	3,7
$Z_{15}$ (m)	390	393
$Z_{16}$ (m)	3,19	0,35
$Z_{19}$ (kpl/km)	0,76	1,63
$Z_{22}$ (ajon/h)	219	148

Verrattaessa amerikkalaista ja suomalaista tutkimusaineistoa toisiinsa voitaisiin todeta, että Kp-ryhmän suhteellinen osuus, kaarteisuus, pituuskalte-

vuus, näkemät, kaistaleveys ja liikennemäärät ovat molemmissa samaa luokkaa, mutta vieraiden autojen osuus on edellisessä pienempi. Suomalaisessa tutkimuksessa ei tienvarsirakenteisiin ole kiinnitetty huomiota. Malli (117) muistuttaa jossain määrin mallia (131a), vaikka edellinen selittääkin ajo- ja jälkimäinen poikkileikkausnopeuksia.

### 3.2. Yhden ja kahden selittäjän mallit

Edellä on kohdassa 5.2. tarkasteltu yksityiskohtaisesti keskimääräisen ajonopeuden ja poikkileikkausnopeuden riippuvuutta eri tekijöistä: ajoneuvosta, tiestä, liikenteestä ja muista tekijöistä. Pääpaino tässä tarkastelussa on pantu tieolosuhteiden vaikutuksen selvittämiseen. Kohdassa 5.2.2. on esitetty tähän liittyviä yhden selittäjän malleja, joista useita voitaisiin käyttää liikennevirran nopeuden ennustamiseen. Seuraavassa on tarkoitus vielä lyhyesti palata näihin malleihin sekä kosketella myös niiden pohjalta muodostettuja kahden selittäjän malleja.

#### 3.2.1. Ajonopeus

Tieolosuhteisiin liittyvistä muuttujista pientareen leveys, tien yleisstandardin mukainen ohjenopeus  $Vo_1$ , minimielementtien mukainen ohjenopeus  $Vo_2$ , kaarteisuus  $K$ , näkemäesteprosentti  $N$ , luokituspisteluku  $L$  ja geometrinen pisteluku  $G$  antoivat malleja, joiden korrelatiokertoimet vaihtelivat 0,7-0,9. Mallit ovat kaikki käyttökelpoisia. Meidän oloissamme tulisivat yleisesti ottaen kysymykseen ne mallit, joissa muuttujina on joko ohjenopeus tai luokittelu- tai geometrinen pisteluku ts. tunnettaessa jokin em. muuttujista voitaisiin liikenteen keskimääräinen ajonopeus arvioida. Kun kaarteisuus ja näkemät osoittautuvat erittäin hyviksi selittäjiksi, olisi niiden käyttöä myös harkittava. Parhaat suoraviivaiset mallit (59-60) antaa kaarteisuus,  $r = 0,84-0,86$  ja yhtä hyvät (81-82) myös luokittelupisteluku,  $r = 0,83-0,84$ . Parhaat käyräviivaiset mallit (85-86) antaa luokittelupisteluku potenssifunktiota käytettäessä,  $r = 0,87-0,88$ . Tien yleisstandardin mukainen ohjenopeus antoi yhtä hyvät mallit (29-30) käyräviivaisina,  $r = 0,75$ , kuin sekä tien minimielementtien mukainen ohjenopeus, nimittäin mallit (41-42), että näkemäesteprosentti, mallit (71-72)  $r = 0,74-0,75$ . Tässä yhteydessä on kuitenkin todettava, etteivät em. mallien korrelatiokertoimet ole toisistaan merkitsevästi eroavia. Kun juuri luokittelupisteluku soveltuu erinomaisesti käytettäväksi tien laadun mittana moneen eri tarkoitukseen



voidaan se katsoa sopivaksi myös liikenteen keskinopeuden selittäjänä. Edellä on jo (kohta 4.1.) todettu tutkimuksenaikaisen liikennemäärän pienuus, hiukan alle 100 ajon/h yhteen suuntaan mitattuna. Tehtyjen autokantaennusteiden mukaan tulisi liikenne tutkituilla valtateilla keskimäärin vasta v. 1973 saavuttamaan nopeuksiin vaikuttavan 200 ajon/h rajan. Toistaiseksi voitaisiin näinollen suurimmalla osalla 2-kaistaisia maanteitämme käyttää keskimääräisen ajonopeuden arvioimiseen seuraavia yksinkertaisia malleja (kuva 29a):

$$\bar{v}_2 = 53,9 + 0,339 \cdot Y_1, \quad r = 0,83 \quad (81)$$

$$\bar{v}_2(H) = 57,3 + 0,363 \cdot Y_1, \quad r = 0,84 \quad (82)$$

( $Y_1$  = tieosan luokittelupisteluku).

Ohjenopeustyypeistä on tien yleisstandardin mukainen yleensä helpoimmin käsitel-  
le saatavissa. Alle 200 ajon/h liikennemäärillä (yhteen suuntaan) voitaisiin hy-  
vin käyttää myös seuraavia malleja (kuva 19):

$$\bar{v}_2 = 14,2 + 7,08 \cdot (Y_{13})^{1/2}, \quad r = 0,75 \quad (29)$$

$$\bar{v}_2(H) = 15,6 + 7,49 \cdot (Y_{13})^{1/2}, \quad r = 0,75 \quad (30)$$

( $Y_{13}$  = tien yleisstandardin muk. ohjenopeus).

Kahden selittäjän malleja muodostettaessa tuntuisi tarkoituksenmukaiselta lisä-  
tä joko liikennemäärä tai käyttösuhde edellisiin yhden selittäjän malleihin:

$$\bar{v}_2 = 53,8 + 0,356 \cdot Y_1 - 0,0048 \cdot Y_{16}, \quad r = 0,83 \quad (132)$$

$$\bar{v}_2(H) = 57,0 + 0,398 \cdot Y_1 - 0,0095 \cdot Y_{16}, \quad r = 0,84 \quad (133)$$

$$\bar{v}_2 = 54,3 + 0,349 \cdot Y_1 - 3,0 \cdot Y_{15}, \quad r = 0,83 \quad (134)$$

$$\bar{v}_2(H) = 57,9 + 0,377 \cdot Y_1 - 4,1 \cdot Y_{15}, \quad r = 0,84 \quad (135)$$

( $Y_1$  = tieosan luokittelupisteluku,  $Y_{16}$  = liikennemäärä molempiin suun-  
tiin  $[\bar{h}ay/h]$  ja  $Y_{15}$  = käyttösuhde).

Korrelatiokertoimet pysyvät uuden selittäjän lisäämisestä huolimatta samoina,  
eikä lisäämisellä ole mitään merkitsevyyttä. Nämä mallit eivät voi suuremmil-  
la liikennemäärillä myöskään antaa oikeita tuloksia, joten niitä olisi pyrittävä  
myöhemmillä lisätutkimuksilla parantamaan.

Lisäämällä malleihin (29-30) liikennemäärä selittäjäksi ohjenopeuden  
rinnalle saadaan mallit, joiden mukaan kasvava liikennemäärä lisäisi samalla  
nopeutta. Tämä ei vaikuta mielekkäältä, eikä näiden mallien käyttö voi näin ol-  
len tulla kysymykseen.

Tämän jälkeen on tutkittu eräitä hyviksi osoittautuneita selittäjiä pareit-  
tain ja saatu seuraavat mallit:

$$\bar{v}_2 = 68,1 + 0,172 \cdot Y_1 - 5,0 \cdot Y_7, \quad r = 0,86 \quad (136)$$

$$\bar{v}_2(H) = 74,1 + 0,165 \cdot Y_1 - 5,9 \cdot Y_7, \quad r = 0,89 \quad (137)$$

$$\bar{v}_2 = 85,8 - 6,5 \cdot Y_7 - 0,082 \cdot Y_9, \quad r = 0,88 \quad (138)$$

$$\bar{v}_2(H) = 91,2 - 7,4 \cdot Y_7 - 0,080 \cdot Y_9, \quad r = 0,90 \quad (139)$$

$$\bar{v}_2 = 66,2 - 7,7 \cdot Y_7 + 0,22 \cdot Y_{20}, \quad r = 0,89 \quad (140)$$

$$\bar{v}_2(H) = 84,5 - 9,2 \cdot Y_7 + 0,04 \cdot Y_{20}, \quad r = 0,86 \quad (141)$$

( $Y_1$  = tieosan luokittelupisteluku,  $Y_7$  = kaarteisuus,  $Y_9$  = näkemäesteprosentti,  $Y_{20}$  = henkilöautoprosentti).

Näkemäeste- ja henkilöautoprosenttien käyttäminen selittäjäparina ei anna yhtä hyvää korrelatiokerrointa. Mallit (136-137) tuntuvat tarkoituksenmukaisilta sen vuoksi, että kaarteisuus sopivasti täydentää luokittelupistelukua, johon se ei vielä sisälly. (Muuttujan lisääminen on merkitsevä). Mallit (138-139) ovat myös luonnollisia, sillä juuri kaarteisuus ja näkemät yhdessä määräävät ajonopeuden kuten ne määräävät ohjenopeudenkin. (Muuttujan lisääminen on erittäin merkitsevä). Mallit (140-141) ovat niinkään käyttökelpoisia ottaessaan huomioon tien laadun ja liikenteen koostumuksen. (Muuttujan lisääminen on erittäin merkitsevä).

### 3.2.2. Poikkileikkausnopeus

Tieolosuhteita kuvaavista muuttujista tien yleisstandardin mukainen ohjenopeus, näkemä, luokittelupisteluku ja geometrinen pisteluku antoivat malleja, joiden korrelatiokertoimet vaihtelevat 0,7-0,9. Mallit ovat kaikki käyttökelpoisia. Käytännössä tulisivat kysymykseen lähinnä ne malleista, joissa muuttujina on joko ohjenopeus tai luokittelu- tai geometrinen pisteluku, ts. tunnettaessa jokin em. muuttujista voitaisiin liikenteen keskimääräinen poikkileikkausnopeus arvioida. Parhaat suoraviivaiset mallit antavat sekä luokittelupisteluku (87-88),  $r = 0,87-0,89$ , että geometrinen pisteluku (99-100),  $r = 0,88$ , parhaat käyräviivaiset mallit (91-92),  $r = 0,88-0,90$ , taasen luokittelupisteluku. Pisteluvut osoittautuvat näinollen monikäyttöisyytensä vuoksi varsin sopiviksi liikenteen keskinopeuden selittäjinä. Liikennemääriemme vähäisyyden ansiosta voitaisiin suurimmalla osalla 2-kaistaisia maanteitämme käyttää keskimääräisen poikkileikkausnopeuden arvioimiseen seuraavia yksinkertaisia malleja:

$$\bar{v}_1 = 54,3 + 0,339 \cdot X_1, \quad r = 0,87 \quad (87)$$

$$\bar{v}_1(H) = 57,0 + 0,370 \cdot X_1, \quad r = 0,89 \quad (88)$$

( $X_1$  = tienkohdan luokittelupisteluku)

$$\bar{v}_1 = 54,9 + 1,0 \cdot X_2, \quad r = 0,88 \quad (99)$$

$$\bar{v}_1(H) = 58,1 + 1,1 \cdot X_2, \quad r = 0,88 \quad (100)$$

( $X_2$  = tienkohdan geometrinen pisteluku).

Mielenkiintoista on todeta mallien (81) ja (87) kulmakertoimien samansuuruus. Tien yleisstandardin mukainen ohjenopeus on yleensä helposti selvitettävissä. Pienehköillä liikennemäärillämme voitaisiin keskimääräisen poikkileikkausnopeuden ennustamiseen käyttää myös seuraavia malleja, tietenkin edellyttäen, että ko. tienkohta vastaa standardiltaan tien yleisstandardia:

$$\bar{v}_1 = 20,2 + 6,57 \cdot (X_{13})^{1/2}, \quad r = 0,77 \quad (35)$$

$$\bar{v}_1(H) = 19,7 + 7,18 \cdot (X_{13})^{1/2}, \quad r = 0,78 \quad (36)$$

( $X_{13}$  = tien yleisstandardin mukainen ohjenopeus).

Kahden selittäjän malleja muodostettaessa tuntuisi tässäkin yhteydessä sopivalta lisätä esim. liikenneolosuhteita kuvaava käyttösuhde edellisiin yhden selittäjän malleihin (99-100):

$$\bar{v}_1 = 54,9 + 1,0 \cdot X_2 - 0,1 \cdot X_{15}, \quad r = 0,88 \quad (142)$$

$$\bar{v}_1(H) = 58,2 + 1,1 \cdot X_2 - 0,6 \cdot X_{15}, \quad r = 0,88 \quad (143)$$

( $X_{15}$  = käyttösuhde).

Korrelatiokerroin ei muuttunut selittäjän lisäämisestä. Käyttämällä henkilöautoprosenttia saadaan hiukan korkeampi korrelatiokerroin:

$$\bar{v}_1 = 49,5 + 1,0 \cdot X_2 + 0,099 \cdot X_{20}, \quad r = 0,89 \quad (144)$$

$$\bar{v}_1(H) = 62,6 + 1,2 \cdot X_2 - 0,084 \cdot X_{20}, \quad r = 0,89 \quad (145)$$

( $X_{20}$  = henkilöautoprosentti).

Kummassakaan tapauksessa ei selittäjän lisäämisellä ole merkitsevyyttä, joten mallien (142-145) käyttö on varsin kyseenalaista. Mallit 142-143 eivät voi suuremmilla käyttösuhdeilla antaa läheskään oikeita tuloksia, vaan nopeudet saadaan ilmeisesti liian suurina.

### 5.3.3. Liikennevirran nopeuden määrittäminen henkilöautojen nopeuden perusteella

Joissakin tapauksissa saadaan henkilöautojen nopeus määräytyksi joko mallien tai diagrammien avulla helpommin kuin koko ajoneuvoliikenteen. Jälkimmäinen voidaan sitten määrätä edellisen perusteella.

### 3.3.1. Ajonopeus

Ajonopeustutkimusaineistosta on regressioanalyysin avulla kehitetty seuraavat mallit, joissa selittäjänä on ainoastaan henkilöautojen ajonopeus  $\bar{v}_2(H)$ :

$$\bar{v}_2 = 2,9 + 0,904 \cdot \bar{v}_2(H), \quad r = 0,95 \quad (146)$$

$$\bar{v}_2 = -1,2 + 1,011 \cdot \bar{v}_2(H) - 0,00069 \cdot \bar{v}_2(H)^2, \quad r = 0,95 \quad (147)$$

Selittäjän 2. potenssin lisäämisellä ei ole mitään merkitsevyyttä. Mallit on esitetty kuvassa 46. Seuraavassa vaiheessa on pyritty selittämään henkilöautojen ja kaikkien ajoneuvojen ajonopeuksien erotus eri tekijöiden avulla. Ainoastaan henkilöautoprosentti näyttää antavan selvän korrelaation, joka ei sekään ole kovin suuri (kuva 47):

$$\bar{v}_2(H) - \bar{v}_2 = 15,7 - 0,151 \cdot Y_{20}, \quad r = 0,69 \quad (148)$$

( $Y_{20}$  = henkilöautoprosentti).

Tulos on luonnollinen siitä syystä, että henkilöautojen nopeudet ovat raskaiden ajoneuvojen nopeuksia suuremmat. Luokittelupisteluku, ohjenopeus, mäkisyys, näkemät, käyttösuhte ja liikennemäärä eivät sensijaan anna nollasta poikkeavaa korrelatiota, mikä osoittaa nopeuksien erotuksen olevan suunnilleen vakion em. tekijöiden arvojen vaihdellessa. Tämä on myös todettavissa ao. yhden selittäjän regressiomallien kuvaajista, jotka ovat samansuuntaisia.

### 3.3.2. Poikkileikkausnopeus

Poikkileikkausnopeuksista saadaan vastaavasti mallit, joissa henkilöautojen nopeuksilla selitetään kaikkien ajoneuvojen nopeuksia:

$$\bar{v}_1 = 3,5 + 0,901 \cdot \bar{v}_1(H), \quad r = 0,96 \quad (149)$$

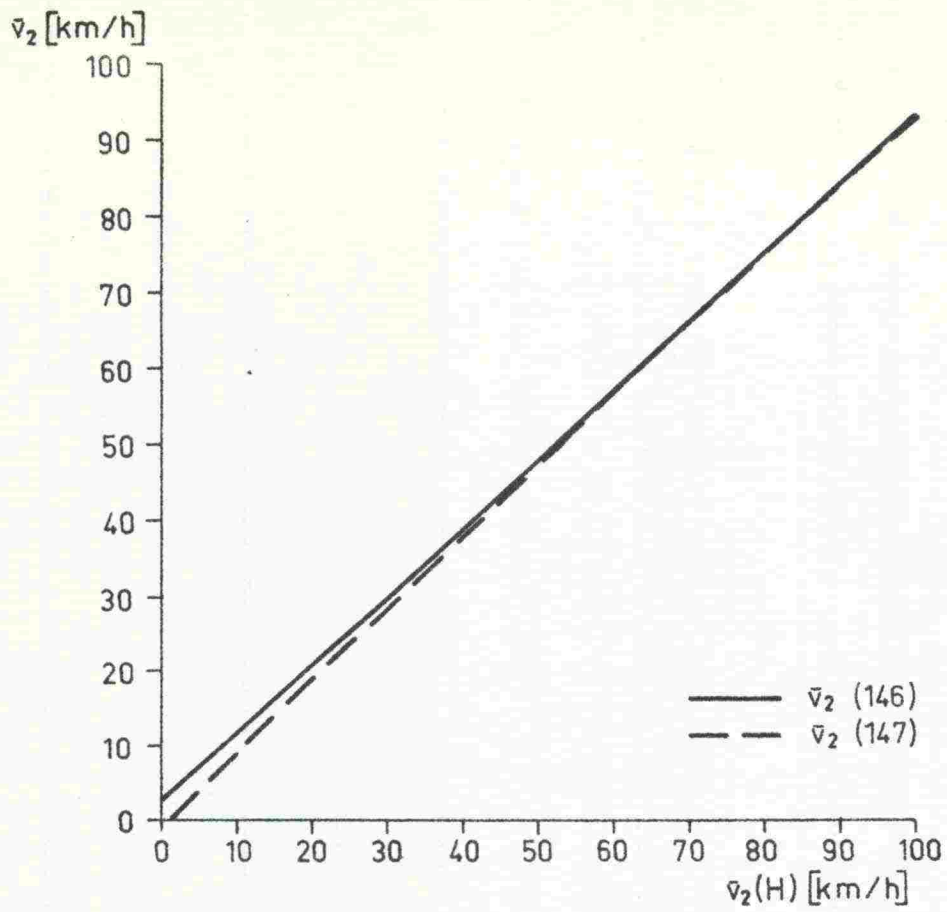
$$\bar{v}_1 = -0,9 + 1,011 \cdot \bar{v}_1(H) - 0,00068 \cdot \bar{v}_1(H)^2, \quad r = 0,96 \quad (150)$$

Selittäjän 2. potenssin lisäämisellä ei tässäkään tapauksessa ole mitään merkitsevyyttä. Mallit on esitetty kuvassa 48. Mielenkiintoista on todeta mallien (146-147) ja (149-150) kertoimien samansuuruus.

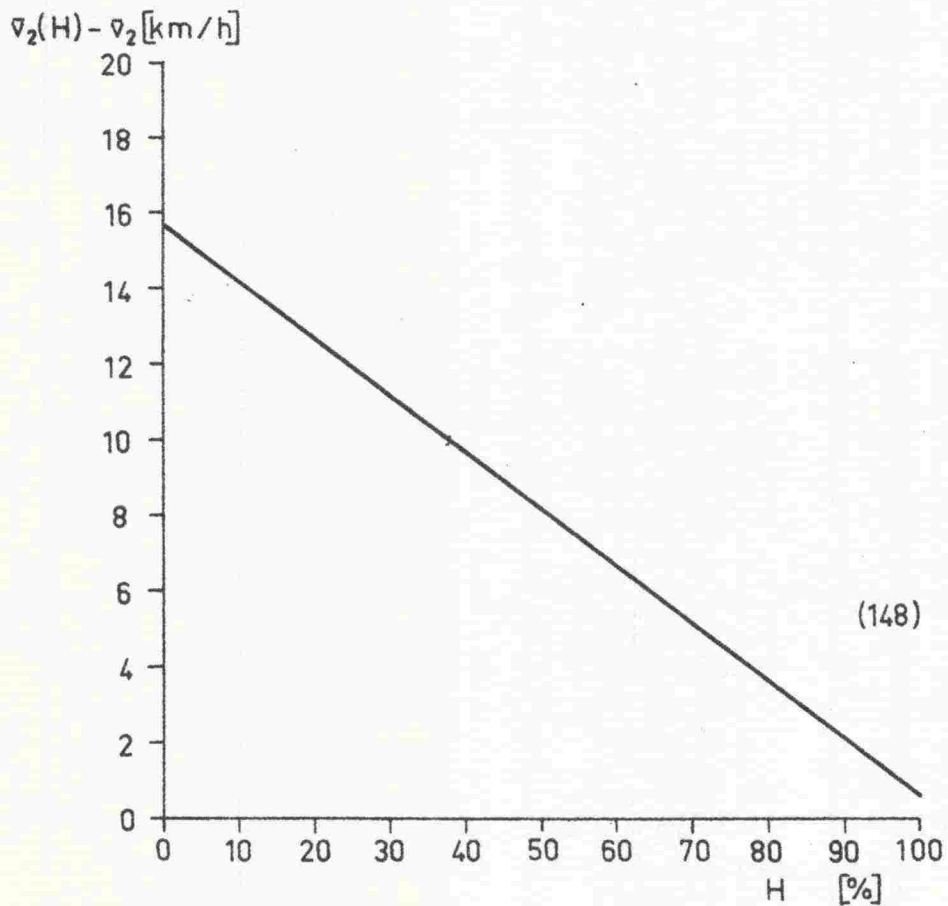
Selitetessä henkilöautojen ja kaikkien ajoneuvojen poikkileikkausnopeuksien erotusta eivät geometrinen pisteluku, näkemä, pituuskaltevuus eikä käyttösuhte anna nollasta poikkeavaa korrelatiota. Näiden tekijöiden vaihdellessa näyttäisi nopeuksien erotus pysyvän suunnilleen vakiona. Ainoastaan henkilöautoprosentti antaa taaskin eriävän tuloksen (kuva 49):

$$\bar{v}_1(H) - \bar{v}_1 = 14,6 - 0,133 \cdot X_{20}, \quad r = 0,64 \quad (151)$$

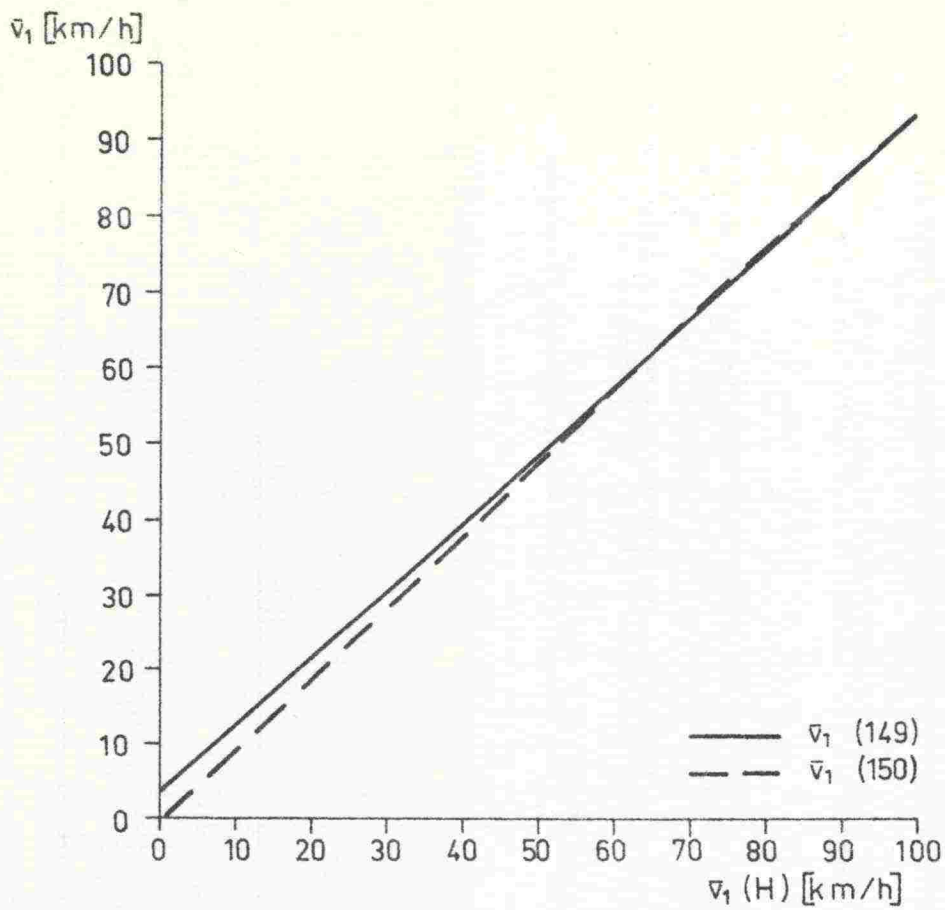
( $X_{20}$  = henkilöautoprosentti).



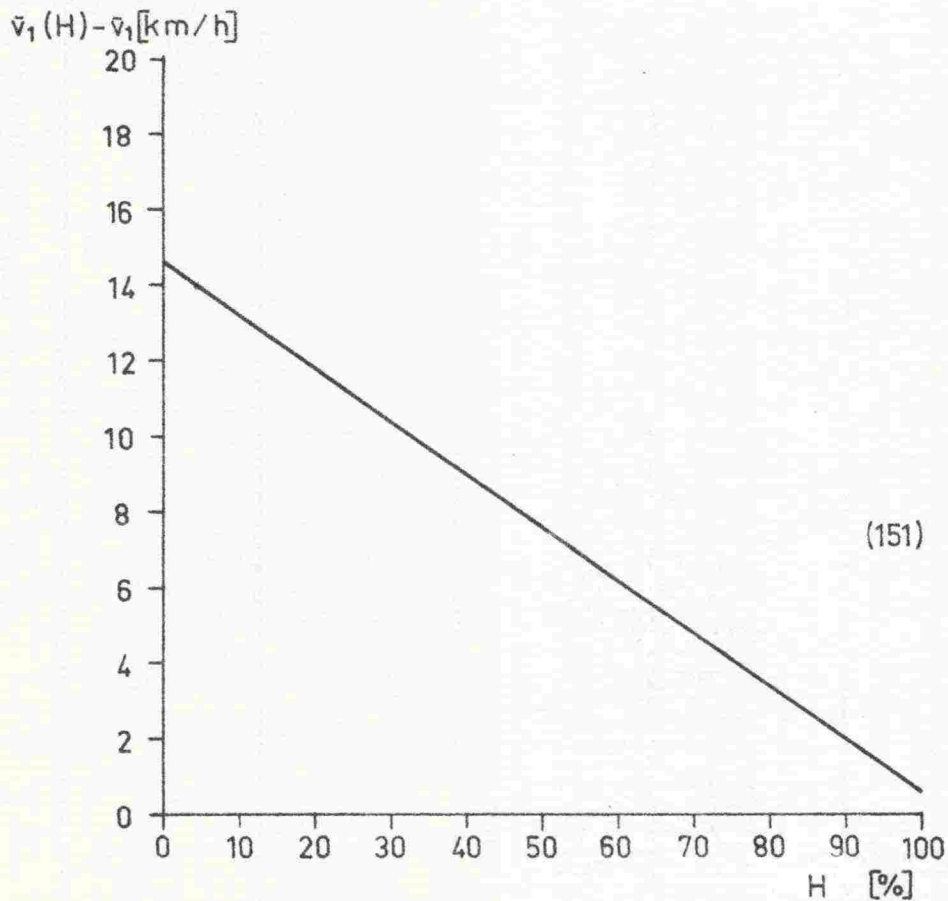
Kuva 46 Kaikkien ajoneuvojen ajonopeuden riippuvuus henkilöautojen ajonopeudesta



Kuva 47 Henkilöautojen ja kaikkien ajoneuvojen ajonopeuksien erotuksen riippuvuus henkilöautojen osuudesta.



Kuva 48 Kaikkien ajoneuvojen poikkileikkausnopeuden riippuvuus henkilöautojen poikkileikkausnopeudesta.



Kuva 49 Henkilöautojen ja kaikkien ajoneuvojen poikkileikkausnopeuksien erotuksen riippuvuus henkilöautojen osuudesta.

Tämä on tietenkin jo sinänsä selvä riippuvuus, koska henkilöautojen nopeudet ovat raskaiden autojen nopeuksia suuremmat, kuten edellä jo on todettu.

#### 5.3.4. Raskaiden autojen nopeuden määrittäminen henkilöautojen nopeuden perusteella.

Liikennetaloudellisissa laskelmissa autot jaotellaan yleensä keveisiin ja raskaisiin. Edellisiin kuuluvat henkilö-, paketti- ja kevyet erikoisautot, jälkimmäisiin linja-, kuorma- ja raskaat erikoisautot. Laskelmissa autojen nopeudella on huomattava merkityksensä, koska se vaikuttaa sekä ajoneuvo- että aikakustannuksiin. Kirjallisuudessa esiintyvissä taulukoissa ja diagrammeissa pyritään esittämään raskaan auton nopeus kevyen auton nopeuden funktiona sekä tie- ja liikenneolosuhteiden vaikutus erikseen näiden ajoneuvoryhmien nopeuksiin. Tavoitteena on eri ajoneuvoryhmien ajokustannusten laskeminen. Tässä tutkimuksessa on jaottelu tehty lähinnä voimassaolevien ajoneuvokohtaisten nopeusrajoitusten mukaan henkilöautojen muodostaessa aivan oman ryhmänsä.

Seuraavassa tarkastelussa pyritään raskaiden ajoneuvojen nopeuden määrittämiseen juuri henkilöautojen nopeuden avulla. Ajonopeuksien osalta on raskaisiin ajoneuvoihin luettu ainoastaan linja- ja kuorma-autot, joten tässä voitaisiin puhua raskaista autoista. Poikkileikkausnopeuksien osalta on tähän ryhmään sensijaan käytännöllisistä syistä sisällytetty kaikki muut paitsi henkilöautot. Pakettiautot kuuluisivat tietenkin kevyisiin ajoneuvoihin, mutta niiden pienen lukumäärän sekä toisaalta traktoreiden mukanaolon ansiosta tällä seikalla ei tulosten kannalta liene merkitystä.

##### 5.3.4.1. Ajonopeus

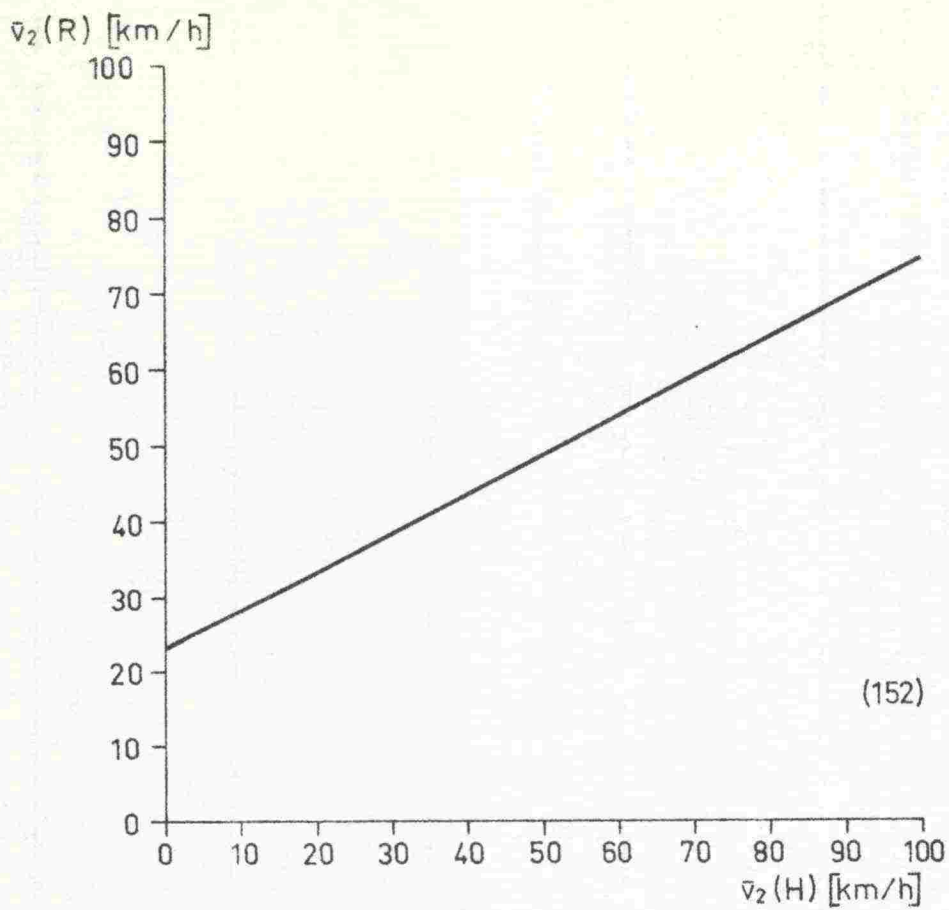
Ajonopeustutkimusten tuloksista saadaan linearisen analyysin avulla seuraava malli, jossa selittäjänä on ainoastaan henkilöautojen ajonopeus  $\bar{v}_2(H)$  (kuva 50):

$$\bar{v}_2(R) = 23,0 + 0,517 \cdot \bar{v}_2(H), \quad r = 0,76 \quad (152)$$

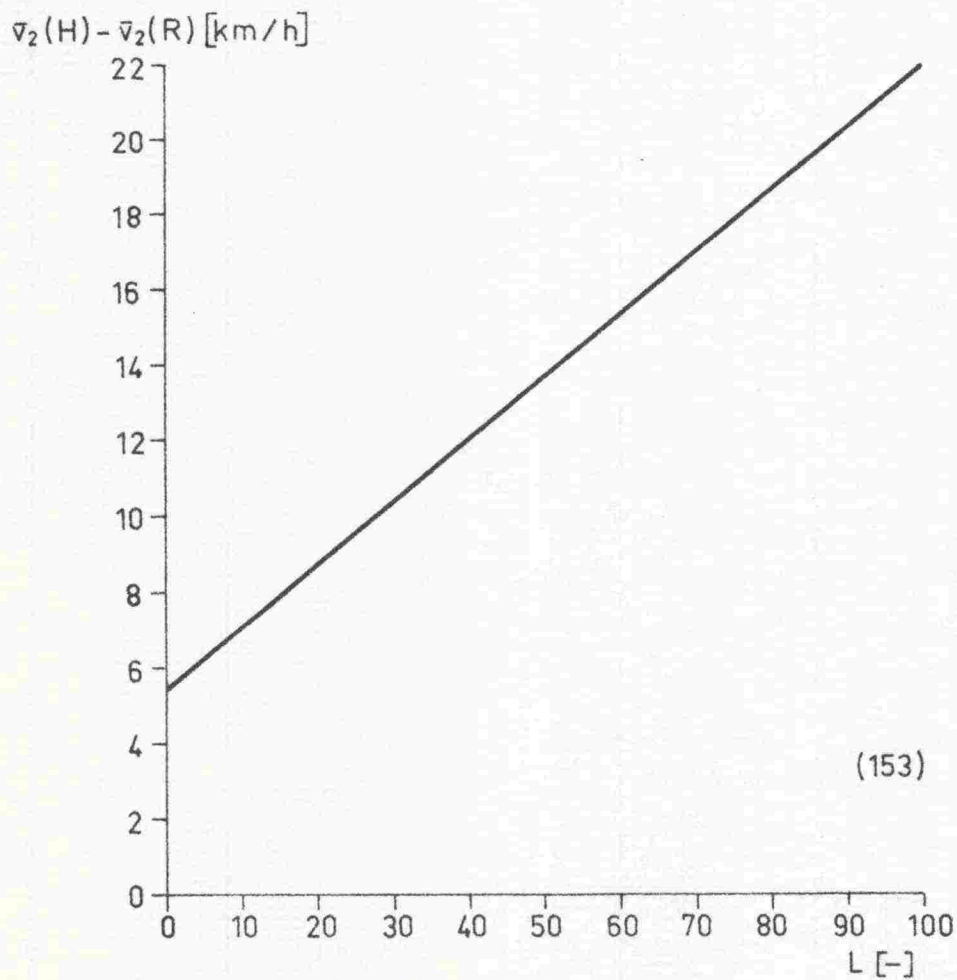
Malli osoittaa raskaiden autojen nopeuksien olevan vain osaksi riippuvia henkilöautojen nopeuksista. Muuttujan toisen potenssin lisäämisellä ei olisi mitään merkitysvyyttä.

Seuraavassa vaiheessa on pyritty selittämään henkilöautojen ja raskaiden autojen ajonopeuksien erotus eri tekijöiden avulla.

Tieosan luokittelupisteluvun kasvaessa näyttää nopeuserotus kasvavan, vaikka korrelatiokerroin ei olekaan kovin suuri (poiketen kuitenkin erittäin mer-



Kuva 50 Raskaiden autojen ajonopeuden riippuvuus henkilöautojen nopeudesta



Kuva 51 Henkilöautojen ja raskaiden autojen ajonopeuksien erotuksen riippuvuus tieosan luokittelupisteluvusta



kitsevästi nollostä) (kuva 51):

$$\bar{v}_2(H) - \bar{v}_2(R) = 5,4 + 0,166 \cdot Y_1, \quad r = 0,58 \quad (153)$$

( $Y_1$  = mittavälin luokittelupisteluku).

Mäkisyys ei anna nollostä poikkeavaa korrelatiota ( $r = 0,22$ ). Tämä johtuu tutkimuksen kohteina olleiden tieosien alhaisesta mäkisyydestä, mikä aikaisemmassa yhteydessä on jo useasti todettu.

Näkemäesteprosentti antaa sensijaan paremman tuloksen; alle 500 m näkemien osuuden kasvaessa lähenevät nopeudet toisiaan:

$$\bar{v}_2(H) - \bar{v}_2(R) = 22,5 - 0,090 \cdot Y_9, \quad r = 0,55 \quad (154)$$

( $Y_9$  = alle 500 m näkemien osuus).

Huonoissakin näkemäolosuhteissa ( $N = 100$ ) olisi nopeusero mallin mukaan kuitenkin vielä 13,5 km/h. Tämä osoittaisi näkemien vaihteluiden aiheuttavan yleensä samaa suuruusluokkaa olevat muutokset nopeuksiin kummankin ajoneuvoryhmän kohdalla. Henkilöautoprosentilla ei näytä olevan mitään vaikutusta nopeuseroon eikä näinollen myöskään raskaiden autojen nopeuteen. Lopuksi on vielä otettu tarkasteltavaksi voimakkaaksi selittäjäksi aikaisemmin osoittautuneen kaarteisuuden vaikutus:

$$\bar{v}_2(H) - \bar{v}_2(R) = 19,1 - 4,1 \cdot Y_7, \quad r = 0,57 \quad (155)$$

( $Y_7$  = mittavälin kaarteisuus).

Tien kaarteisuuden lisääntyessä henkilöautojen ja raskaiden autojen nopeudet lähenevät toisiaan hiukan.

#### 4.2. Poikkileikkausnopeus

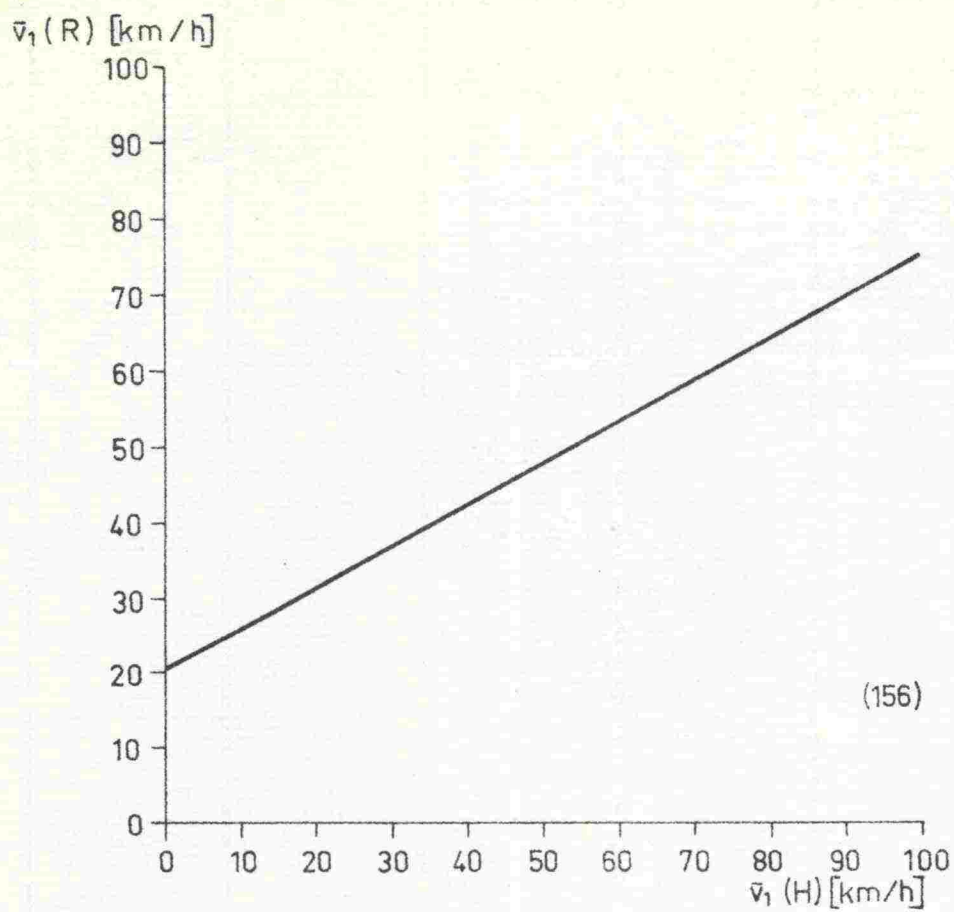
Poikkileikkausnopeuksien tutkimuksesta saadaan vastaavasti raskaiden ajoneuvojen nopeuden riippuvuus henkilöautojen nopeudesta:

$$\bar{v}_1(R) = 20,7 + 0,544 \cdot \bar{v}_1(H), \quad r = 0,76 \quad (156)$$

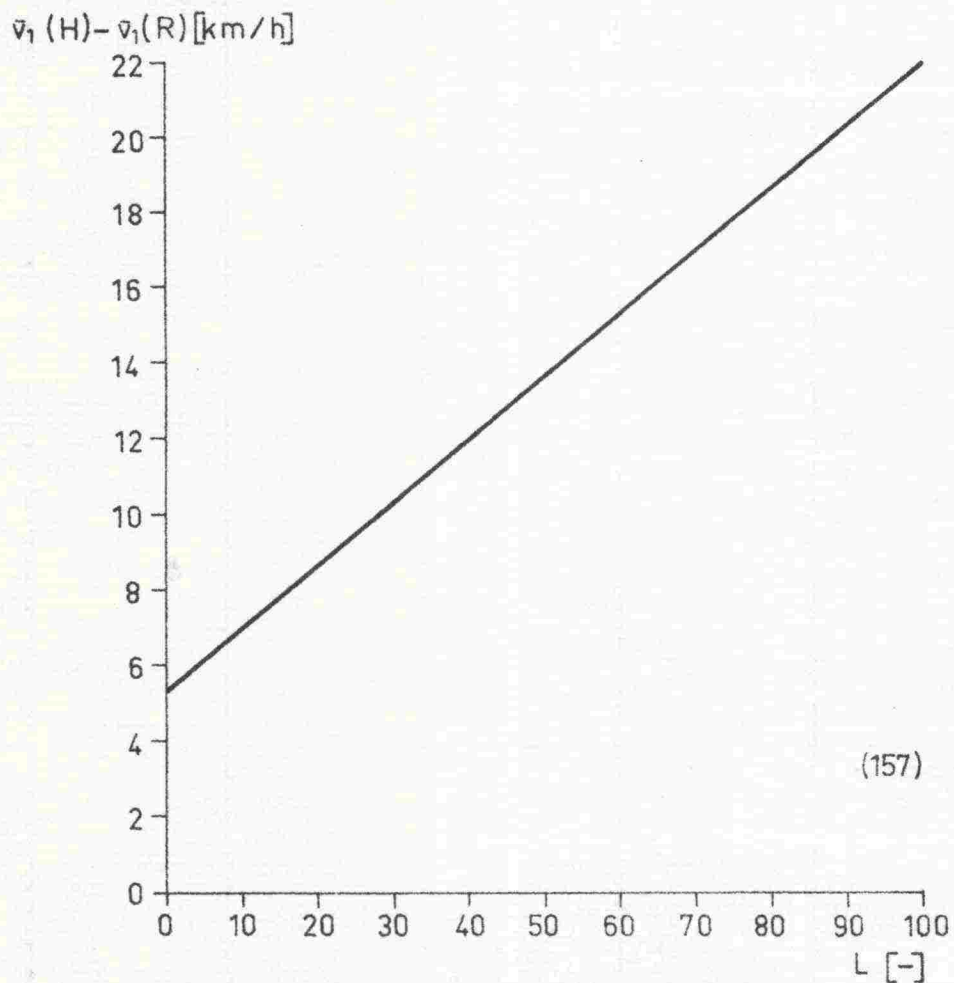
Selittäjän toisen potenssin lisäämisellä ei olisi merkitsevyyttä. Tämäkin malli (kuva 52) osoittaisi raskaiden ajoneuvojen nopeuksien olevan vain osaksi henkilöautojen nopeuksista riippuvia. Malli (156) on varsin yhdenmukainen mallin (152) kanssa.

Selitettäessä henkilöautojen ja raskaiden ajoneuvojen nopeuksien erotusta eri tekijöiden avulla on saatu alempana esitetyt tulokset.

Tienkohdan luokitteluperusteluvun kasvaessa nopeuserotus kasvaa; malli (157) on yhdenmukainen mallin (153) kanssa numeroarvojen ollessa melkeimpä samat:



Kuva 52 Raskaiden ajoneuvojen poikkileikkausnopeuden riippuvuus henkilöautojen nopeudesta



Kuva 53 Henkilöautojen ja raskaiden ajoneuvojen poikkileikkausnopeuksien erotuksen riippuvuus tienkohdan luokittelupiste-luvusta

$$\bar{v}_1(H) - \bar{v}_1(R) = 5,3 + 0,167 \cdot X_1, \quad r = 0,62 \quad (157)$$

( $X_1$  = mittapisteen luokittelupisteluku).

Kuvassa 53 on malli (157) esitetty graafisesti. Tienkohdan pituuskaltevuus ei anna nollasta poikkeavaa korrelatiota - tulos on yhdenmukainen ajonopeuksista saadun kanssa ja osoittaa taaskin tutkittujen kaltevuuksien olleen varsin loivia. Tienkohdan näkemän pituus antaa heikomman, mutta kuitenkin merkitsevästi nollasta poikkeavan korrelation:

$$\bar{v}_1(H) - \bar{v}_1(R) = 13,7 + 0,0089 \cdot X_9, \quad r = 0,40 \quad (158)$$

( $X_9$  = mittapisteen näkemä).

Tästä voitaisiin päätellä, että paikalliset näkemän vaihtelut aiheuttavat samaa suuruusluokkaa olevat muutokset nopeuksiin sekä henkilöautojen ja raskaiden ajoneuvojen kohdalla. Aikaisemmin (kohta 5.2.2.5.) on myös todettu tienkohdan näkemän selittävän poikkileikkausnopeuksia huonommin kuin tieosan näkemäesteprosentin ajonopeuksia.

Henkilöautoprosentti ei vaikuta ajoneuvoryhmien nopeuserotukseen, eikä näinollen myöskään raskaiden ajoneuvojen nopeuteen. Liikennemäärä ei myöskään anna nollasta poikkeavaa korrelatiota. Koko liikennevirran nopeuden kannalta katsottuna raskailla autoilla näyttää olevan vähemmän merkitystä - niiden suhteellinen osuushan on jatkuvasti alenemassa. Mielenkiintoista on kuitenkin ollut todeta, että tien standardiin liittyvät tekijät vaikuttavat sekä henkilöautojen että kaikkien ajoneuvojen keskinopeuksiin samalla tavalla. Raskaiden autojen nopeudet näyttäisivät myös noudattavan suunnilleen samoja lakeja kuin henkilöautojen - nopeuksien erotuksen vaihdellessa eri tekijöiden mukana vain lievästi. Tähän tutkimukseen sisältyvillä valtateilla ei kuitenkaan esiintynyt jyrkkiä ja pitkiä nousuja, joiden kohdalla nopeuserotus olisi todennäköisesti herkempi vaihteluil-le. Kysymyksen selvittäminen vaatisi oman tutkimuksensa.

5.4.

Ajonopeuden määrittäminen poikkileikkausnopeuden perusteella

Käytännön nopeudenmittauksissa tulee poikkileikkausnopeuden määrittäminen useimmiten kysymykseen. Syy on selvä - tarkoitukseen on kehitetty automaattisia kojeita, joilla nopeudet saadaan vaivatta suoraan mittarinlukemana ja samalla rekisteröitynä joko piirtimen tai lävistyslaitteen avulla. Tällaisia kojeita ovat esimerkiksi juuri tässä tutkimuksessa käytetyt liikennetutka ja -analysointori. Ajonopeuden mittaaminen on huomattavasti vaivalloisempaa, käytettä-

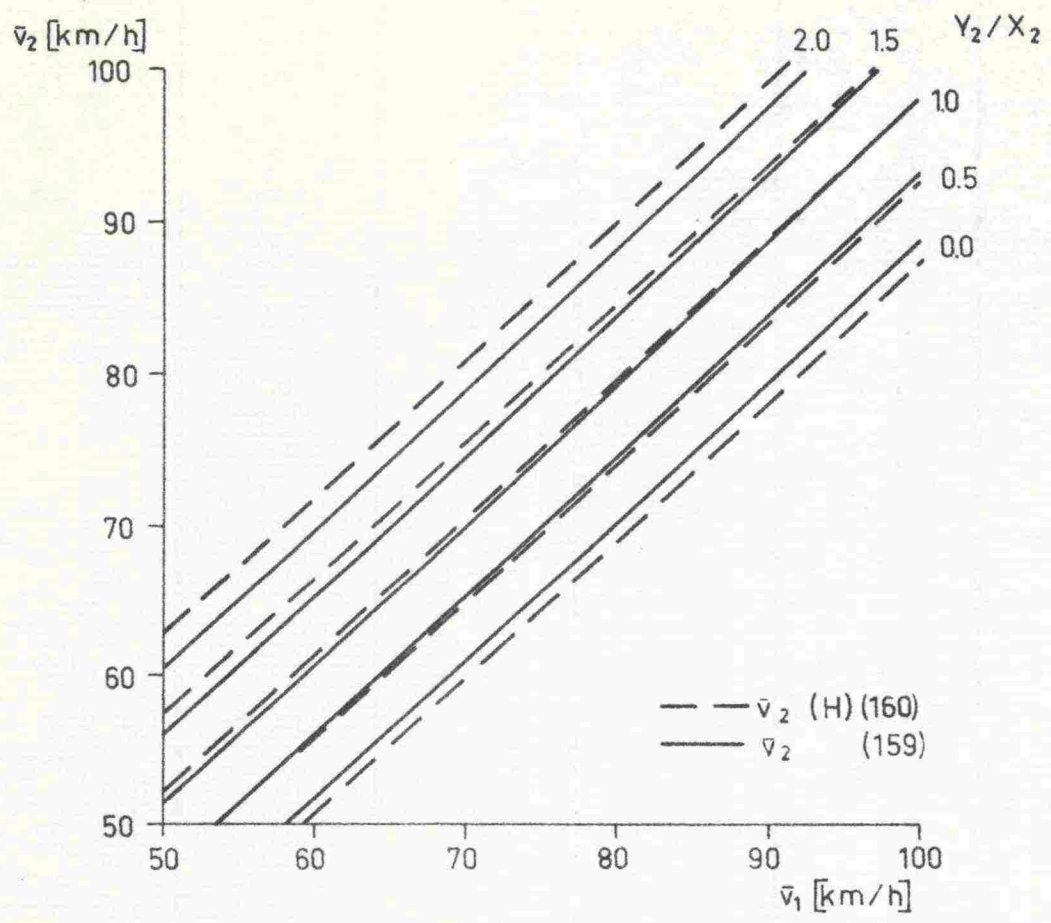
köönpä kenttätyössä sitten manualisia tai esim. filmausmenetelmiä, sillä aineiston käsittely muodostuu aina suuritöiseksi. Toisaalta ajonopeustutkimuksista saatu aineisto on yleensä monipuolisempaa ja enemmän informatiota antavaa. Ylivoimaisesti suurin osa nopeudenmittauksista kaikkialla maailmassa kohdistuu joka tapauksessa poikkileikkausnopeuksiin. Senvuoksi olisi mielenkiintoista tarkastella ajo- ja poikkileikkausnopeuksien välisiä suhteita ja niiden riippuvuutta eri tekijöistä.

Seuraavassa on oletettu tunnetuiksi keskimääräiset poikkileikkausnopeudet ja niiden hajonta tietyssä mittapisteessä, edelleen mittapisteen ja mittavälin tie- ja liikenneolosuhteet. Kymmentä selittäjää käytettäessä on laskettu mallit linearisella regressioanalyysillä siten, että tietokoneohjelma on automaattisesti lisännyt selittäjiä niiden paremmuusjärjestyksessä, joka käy ilmi taulukosta 38. (Muuttujien merkinnät ks. liite 5.).

Taulukko 38. Muuttujien lisäämisjärjestys ja korrelatiokertoimet selitettäessä ajonopeutta poikkileikkausnopeuden avulla.

Askel N:o	$\bar{v}_2$			$\bar{v}_2(H)$		
	selittäjä	korrelatio- kerroin	jäännös merkit- hajonta sevyys	selittäjä	korrelatio- kerroin	jäännös merkit- hajonta sevyys
1	$\bar{v}_1$	0,913	3,04 xxx	$\bar{v}_1(H)$	0,905	3,35 xxx
2	$Y_2/X_2$	0,922	2,87 x	$Y_2/X_2$	0,917	3,14 x
3	$Y_{20}$	0,928	2,78 -	$Y_{20}$	0,917	3,14 -
4	$S_1$	0,935	2,64 x	$S_1(H)$	0,918	3,13 -
5	$Y_{16}$	0,934	2,66 -	$Y_{15}$	0,916	3,16 -
6	$Y_{18}$	0,937	2,59 -	$Y_{16}$	0,916	3,16 -
7	$Y_{15}$	0,937	2,59 -	$Y_{17}$	0,917	3,14 -
8	$Y_{14}$	0,936	2,61 -	$Y_{14}$	0,917	3,15 -
9	$Y_1/X_1$	0,935	2,64 -	$Y_{18}$	0,915	3,18 -
10	$Y_{17}$	0,933	2,68 -	$Y_1/X_1$	0,913	3,22 -

Havaitaan, että askeleeseen 4. saakka on muuttujien lisäämisjärjestys sama, olipa sitten kysymyksessä kaikkien ajoneuvojen tai henkilöautojen nopeus. Henkilöautojen nopeuksien kohdalla ei muuttujien lisäämisellä ole kuitenkaan enää toisen askelen jälkeen mitään merkitystä. Geometrinen pistelukujen suhde näyttää olevan paras selittäjä, sensijaan luokittelupistelukujen suhteella ei olisi merkitystä. Tarkoituksenmukaisinta lieneekin valita seuraavat kahden se-



Kuva 54 Ajonopeus poikkileikkausnopeuden funktiona  
 ( $Y_2/X_2 =$  mittavälin ja mittapisteen geom. pistelukujen suhde)

littäjän mallit:

$$\nabla_2 = 0,93 \cdot \nabla_1 + 9,0 \cdot Y_2 / X_2 - 4,1, \quad r = 0,92 \quad (159)$$

$$\nabla_2(H) = 0,91 \cdot \nabla_1(H) + 10,5 \cdot Y_2 / X_2 - 4,0, \quad r = 0,91 \quad (160)$$

Mallit (159 - 160) tuntuvat varsin käteviltä. Ne on piirretty kuvaan 54, jota voitaisiin käyttää eräänlaisena nomogrammina. Aineiston laadusta johtuu, että nomogrammi on luotettavin suhteen  $Y_2/X_2$  ollessa lähellä arvoa 1.

6.

## YHTEENVETO

6.1.

### Yleistä

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on ollut pyrkiä selvittämään liikennevirran nopeuden riippuvuutta eri tekijöistä Suomen 2-kaistaisilla maanteilla. Pääpaino on tällöin pantu itse tiehen ja sen ominaisuuksiin - tällaiseen rajoitukseen on toistaiseksi vielä melko vaatimaton liikennemäärämme suonut mahdollisuuden. Tutkimus on osoittanut, että tien teknillisten ominaisuuksien ja liikenteen nopeuden välillä vallitsee selvä riippuvuus.

Tutkimusaineisto on saatu kirjoittajan johdolla tie- ja vesirakennushallituksen toimeksiannosta kesällä 1965 suoritetuista mittauksista. Mittaukset tehtiin 34 eri tieosalla ja ne käsittivät 164 tunnin aikana yli 12000 ajonopeus- ja 158 tunnin aikana yli 14000 poikkileikkausnopeushavaintoa. Ajonopeudet mitattiin rekisterilaattamenetelmällä, poikkileikkausnopeudet tie- ja vesirakennushallituksen liikennetutkalla S-5 ja Statens Väginstytutin liikenneanalysointirilla TA 3. Trendin tutkimiseksi tuloksia on verrattu myös kirjoittajan vv. 1960-61 Liikkuvan Poliisin avustuksella keräämään aineistoon. Kenttätöön yhteydessä on samalla jouduttu mittaamaan myös tieosien eräitä teknillisiä ominaisuuksia.

Tutkimustulosten käsittely jakaantuu tunnuslukujen laskemiseen, eri tekijöiden vaikutuksen analysointiin tilastollisia menetelmiä käyttäen, nopeustrendin tarkasteluun sekä liikenteen keskinopeuden ennustamiseen tarvittavien regressiomallien laskemiseen.

Tutkimuksen perusteella voidaan päätyä seuraaviin toteamuksiin:

6.2.

Nopeuksiin vaikuttavat tekijät

6.2.1. Ajoneuvotyyppi

- Eri ajoneuvotyyppien keskimääräiset nopeudet olivat seuraavat:

	ajonopeus	poikkileikkausnopeus
henkilöautot	86 km/h	87 km/h
pakettiautot	73 "	} 69 "
linja-autot	68 "	
kuorma-autot	67 "	
kuorma-autot, peräv.	67 "	69 "
traktorit	25 "	27 "
kaikki ajoneuvot	81 "	82 "

- Ajoneuvokohtaisia nopeusrajoituksia on ylitetty seuraavasti:

	ajonopeus	poikkileikkausnopeus
pakettiautot	56 %	} 38 %
linja-autot	47 %	
kuorma-autot	33 %	
kuorma-autot, peräv.	40 %	46 %
traktorit	16 %	28 %

Pakettiautoja lukuunottamatta ylitykset olivat kuitenkin pieniä ja yleensä alle 10 km/h. Mikäli tieliikenneasetuksen 24 §:n määräyksiä eri ajoneuvotyyppien enimmäisnopeuksista halutaan tarkasti noudatettavan, olisi liikennevalvontaa tehostettava.

- Johtuen kirjavasta autokannastamme ovat nopeuksien vaihtelut jo henkilöautojenkin osalta huomattavat.

## 2.2. Tieolosuhteet

- Tietyyppi.

Ajoradan leveyden vaikutusta ei tutkimusaineiston laadun (samanlevyiset ajoradat) vuoksi ole voitu selvittää. Leveämmin pientarein varustetuilla teillä ovat ajonopeudet suuremmat kuin kapeapientareisilla. Tietyypillä I N- 10/7 näyttäisivät ajonopeudet olevan n. 10 km/h suuremmat kuin tietyypillä II N- 8/7 (TVL / 37/). Riippuvuus on lähinnä suoraviivainen. Syynä tähän lienevät sekä kasvanut turvallisuuden tunne että lisääntyneet ohitusmahdollisuudet. Poikkileikkausnopeuksien osalta ei yhtä selvää riippuvuutta ole voitu todeta, mikä johtunee suuremmasta hajonnasta (ohitukset ym.). Tutkimuksia olisi jatkettava eri tyyppisillä teillä samanlaisissa liikenneolosuhteissa.

Loivaluiskaisilla teillä ajetaan kovempaa kuin jyrkkäluiskaisilla. Mahdollista pengeri- ja leikkauskorkeuksien vaikutusta ei ole saatu esille.

#### - Ohjenopeus

Sekä tieosan yleisstandardin että minimielementtien mukainen ohjenopeus vaikuttavat selvästi ajonopeuksiin ja edellinen myös poikkileikkausnopeuksiin. Nopeuden ja ohjenopeuden välinen riippuvuus näyttäisi noudattavan likimain nelijuurifunktiota. Alemmilla (50-60 km/h) ohjenopeuksilla melkein kaikki ylittävät tämän rajan ja vielä 80 km/h ohjenopeudellakin on ylitysprosentti kaikkien ajoneuvojen osalta 49 ja henkilöautojen 66. Todelliset nopeudet ovat RAL-Q:n /4/ edellyttämiä 10-30 km/h suuremmat. Ohjenopeuksien näin runsas ylittäminen tapahtuu tietenkin liikenneturvallisuuden kustannuksella, mitä on pidettävä huolestuttavana. Syynä lienee ennenkaikkea ohjenopeuskäsitteen tuntemattomuus autoilijoiden keskuudessa sekä piittaamattomuus mm. tien näkemäolosuhteista. Toisaalta on todettava, että suomalainen verraten tasainen maasto johtaa minimielementtien käyttöön melko harvoin, joten suurimmalla osalla tietä saattaa turvallinen nopeus (keskimääräinen ohjenopeus) olla minimielementtien määräämää ohjenopeutta suurempi. Valtioneuvoston teknillisten ohjeiden /42/ määräys siitä, ettei suurempaa ohjenopeutta kuin 100 km/h käytetä kaksikaistaisilla, kaksisuuntaisilla teillä, ei tunnu myöskään riittävästi perustellulta, ellei maahamme aseteta yleistä nopeusrajoitusta. Uusia kaksikaistaisia päätteitä suunniteltaessa olisikin elementit pyrittävä valitsemaan 120 (140) km/h ohjenopeutta silmällä pitäen - tämä saattaisi tulevaisuudessa osoittautua myös sopivaksi kattonopeuden arvoksi, mikäli sellainen myöhemmin tulisi kysymykseen näillä teillä. Kattonopeutta parempi ratkaisu olisi ilmeisesti kuitenkin tiekohtaisten nopeussuosituksen antaminen, mikä tapahtuisi juuri ohjenopeutta osoittavien liikennemerkkien avulla. On selvää, että yleisen tai tiekohtaisten nopeusrajoitusten asettaminen vaatii onnistuakseen samalla myös liikennevalvonnan tehostamista. Sopivien nopeusrajoitusten tai -suositusten valitseminen muodostaa tällöin oman ongelmansa, johon vaikuttavat sekä inhimilliset, teknilliset että taloudelliset tekijät. Ohjenopeuskäsite itsessään vaatisi vielä tarkempaa määrittelyä. Nopeusdiagrammien ja keskimääräisen ohjenopeuden käyttö saattaisi olla tien-



suunnittelussa paikallaan. Erityistä huomiota olisi ohjenopeuden ohella kiinnitettävä tien linjauksen yhtenäisyyteen.

- Mäkisyys ja pituuskaltevuus.

Tutkittujen tieosien suhteellisesta tasaisuudesta - mäkisyys keskimäärin n. 20 m/km - johtuen ei mittavälin mäkisyyden eikä mittapisteen pituuskaltevuuden vaikutusta ole riittävän selvästi saatu esiin. Vaikutus ei ilmene edes henkilöautojen ja raskaiden autojen nopeuseroissa. Saatu tulos tukee osaltaan eri maiden normeissa esiintyvää käytäntöä, jonka mukaan yleensä vasta yli 2 % pituuskaltevuudet otetaan huomioon suunnitteluun vaikuttavina tekijöinä.

- Kaarteisuus ja kaarresäde.

Ajonopeuden riippuvuus tieosan kaarteisuudesta on erinomaisen selvä ja sitä voidaan yksinäänkin käyttää selittäjänä. Kaarteisuuden kasvaessa alenee sekä keskinopeus että keskihajonta henkilöautojen nopeuksien lähestyessä samalla raskaiden autojen ja koko liikennevirran keskinopeutta. Riippuvuus on lähinnä suoraviivainen. Kaarresäteen vaikutusta poikkileikkausnopeuksiin ei ole sensijaan tutkimusaineistossa esiintyvien suurten säteiden ansiosta voitu selvittää. Tutkimuksen valossa näyttäisi välttämättömältä sisällyttää kaarteisuus tien laatua kuvaavaan luokitukseen.

- Näkemät

Tiellä saavutettavan näkemän pituus on tien geometrisen standardin herkkä ilmaisija. Tutkimuksessa on todettu tieosan 500 m pienempien näkemäosuuksien vaikuttavan ajonopeuksiin voimakkaasti. Samalla henkilöautojen ja raskaiden autojen nopeudet lähenevät toisiaan. Ajonopeus näyttää muuttuvan suhteessa huonojen (tai hyvien) näkemäosuuksien neliöön. Alle 500 m näkemien suhteellisen osuuden kasvaessa yli 30-40 % nopeus alenee jyrkästi. Vastaavasti tietyllä tienkohdalla vallitsevan näkemän pituus vaikuttaa poikkileikkausnopeuteen. Tätä riippuvuutta näyttäisi parhaiten kuvaavan logaritmifunktio. Näkemän kasvaessa 0-200 metriin nopeus kasvaa jyrkästi, mutta sen jälkeen hitaammin. Näkemä on lähes yhtä voimakas tekijä kuin kaarteisuuskin.

- Laatuluokittelu

Tie- ja vesirakennushallituksen teiden laatuluokittelun mukaan määräävät ns. luokittelupisteluvun seuraavat tekijät: ajoradan ja pientareiden leveys, pituus-

kaltevuus, näkemät, tienpinnan laatu ja kantavuus sekä rautateiden tasoristeykset ja taaja-asutus. Geometriseen pistelukuun vaikuttavat ainoastaan ajoradan leveys, pituuskaltevuus ja näkemät (liite 9).

Liikennemäärän vaikutus otetaan huomioon siten, että suuremmilla liikennemäärillä vaaditaan tieltä korkeammat pisteluvut. Suomessa käytetty luokittelujärjestelmä peittää itse asiassa kaikki muut tien laatuun vaikuttavat osatekijät paitsi kaarteisuuden, joka puolestaan on osoittautunut erittäin hyväksi nopeuden selittäjäksi.

Em. puutteesta huolimatta luokittelupisteluku osoittautui erittäin hyväksi ajonopeuden ja poikkileikkausnopeuden selittäjäksi. Edellisessä tapauksessa on käytetty linearista ja potenssifunktiota, jälkimmäisessä linearista ja logaritmisista malleja. Käyräviivaisessa mallissa luokittelupisteluvun noustessa 0-50 nopeus kasvaa jyrkästi, mutta sen jälkeen hitaammin. Samalla kasvaa henkilöautojen ja raskaiden autojen nopeusero.

Geometrinen pisteluku selittää lähes yhtä hyvin kuin luokittelupistelukin sekä ajo- että poikkileikkausnopeutta. Ajonopeuden riippuvuus on esitetty linearisella ja potenssifunktiolla, poikkileikkausnopeuden linearisella ja logaritmisella mallilla. Geometrisen pisteluvun noustessa 0-10 nopeus kasvaa käyräviivaisessa mallissa jyrkästi ja sen jälkeen hitaammin.

Tutkimustulokset osoittavat, että pistelukuja Suomessa käytetyllä tavalla laskettaessa eri osatekijöiden tärkeysjärjestys on oikea lukuunottamatta kaarteisuutta, joka puuttuu pisteluvuista kokonaan. Näkemälle annettu voimakas paino toisaalta kompensoi tätä puutetta. Ajoradan leveyden osuus tuntuu varsin suurelta, mutta näiden tutkimustulosten valossa ei sitä voida tarkemmin arvostella.

### 6.2.3. Liikenneolosuhteet

- Liikenteen koostumus vaikuttaa keskinopeuteen siten, että henkilöautojen suurempien nopeuksien ansiosta kasvava henkilöautoprosentti nostaa koko liikennevirran keskinopeutta, mutta ei vaikuta lainkaan henkilöautojen sen enempää kuin raskaidenkaan autojen nopeuksiin.
- Liikennemäärän ja nopeuden välinen riippuvuus ei ole tästä tutkimuksesta käynyt ilmi - syynä ovat varsin alhaiset liikennemäärät (keskim. n. 181 ajon/h).
- Liikennetiheyden ja nopeuden välinen riippuvuus ei ole myöskään käynyt ilmi tutkimuksesta.

- Käyttösuhteen ja nopeuden välinen riippuvuus ei vallitsevien lähes vapaiden liikenneolosuhteiden johdosta ole selvästi käynyt ilmi. Tämänkin tutkimuksen tulokset antanevat kuitenkin viitteen siitä, että kasvava käyttösuhte tulee alentamaan liikenteen keskinopeutta.
- Tutkimuksia olisi jatkettava liikenteen vaikutuksen selvittämiseksi Suomen oloissa.

#### 6.2.4. Muut tekijät

- Ympäristötekijät on mahdollisuuksien mukaan tässä tutkimuksessa pyritty eliminoimaan. Mittavälit on sijoitettu siten, ettei niille sattunut yleisten teiden liittymiä eikä taaja-asutusta. Yksityisten teiden liittymiä ei rekisteröity. Tienvarsitekijöiden vaikutusta olisi myöhemmissä tutkimuksissa pyrittävä vielä selvittämään.
- Näkyvyyden vaikutusta ei ole saatu selvästi esiin johtuen tutkimusolosuhteissa yleensä vallinneista verraten hyvistä olosuhteista. Huonon näkyvyyden vallitessa ajettiin kuitenkin hiukan hitaammin kuin muulloin.
- Ajouradan pinnan kosteus vaikuttaa nopeuksiin selvästi; märällä tienpinnalla ajetaan keskimäärin 2 km/h hitaammin kuin kuivalla. Liikenneturvallisuuden kannalta on ero ilmeisesti liian pieni ja osoittanee, etteivät kuljettajat ota riittävästi huomioon tienpinnan märkyuden aiheuttamaa kitkan alenemista.
- Tuulen vaikutusta nopeuksiin ei ole saatu selville.
- Valoisuuden vaikutusta ei ole tässä yhteydessä tutkittu. Olisi mielenkiintoista verrata pimeän ja valoisan ajan nopeuksia toisiinsa Suomen olosuhteissa.
- Klo 8-17 välisenä aikana ei nopeuksissa ole havaittu merkitseviä eroja. Arkipäivinä tiistai - perjantai näyttävät nopeudet pysyvän suunnilleen samoina, vaikka liikennemäärissä esiintyykin tiettyjä vaihteluja. Kasvaneesta liikennemäärästä huolimatta näyttävät nopeudet olevan lauantaina korkeimmillaan laskien sitten sunnuntain ajaksi (koskee keskipäivän nopeuksia).  
Viikonlopun suuria liikennevirran keskinopeuksia ei voida selittää vain henkilöautoprosentin avulla, sillä myös henkilöautojen nopeudet ovat lauantaina suurimmillaan; syynä on ilmeisesti erilainen kuljettajapopulatio ja erilaiset ajotavat, johon matkojen pituudella on voimakas vaikutuksensa. Sunnuntain alempiin nopeuksiin vaikuttanevat rauhalliset huviajajat - henkilöautoprosentti on sunnun-

taina vieläkin korkeampi kuin lauantaina. (Mittaukset eivät käsitä lainkaan sunnuntai-illan nopeuksia). Kausivaihteluita ei tässä yhteydessä tutkittu, vaan kaikki mittaukset tehtiin kesä - elokuussa. Kirjoittajan aikaisempi tutkimus /41/ antaa sensijaan tästä joitakin viitteitä. Nopeuksien vaihtelumuotojen selvittäminen vaatisi kokonaan oman tutkimuksensa - tämän tutkimuksen tavoitteet ja resurssit eivät ole antaneet siihen mahdollisuutta.

- Tiekohtaisten nopeusrajoitusten vaikutusta ei tässä yhteydessä selvitetty. Aikaisemmat tutkimukset /41/ osoittivat n. 7 % ajoneuvoista ylittäneen nopeusrajoituksen 50 km/h ja n. 4 % nopeusrajoituksen 70 km/h. Nykyisiä korkeampia keskinopeuksia vastaavat luvut lienevät 30-40 % ja 15-20 %.
- Yleisen nopeusrajoituksen 90 km/h vaikutusta tutkittiin ainoastaan kahtena päivänä, joten aineisto on verraten pieni. Nopeusrajoituksen ylitti pitemmällä tieosalla 14 % henkilöautoista ja 9 % kaikista ajoneuvoista sekä (hetkellisesti) tietyn poikkileikkauksen kohdalla 25 % henkilöautoista ja 17 % kaikista ajoneuvoista. Nopeusrajoitus on alentanut suuria ja kohottanut pieniä nopeuksia, joten hajonta on pienentynyt ja vastaavasti ohitukset vähentyneet n. 30 %. Henkilöautojen nopeudet ovat alentuneet keskimäärin n. 4-5 km/h, mutta muiden ajoneuvojen kohdalla ei voinut havaita muutoksia. TALJA (Häkkinen, Leinonen ja Ratilainen /15) on suorittanut asiasta laajemman tutkimuksen.
- Nopeusmittausten julkisuus vaikuttaa nopeuksia alentavasti; tiedoituskilpeä käytettäessä todettiin eräässä pistokokeessa henkilöautojen ajavan n. 6 km/h hitaammin kuin mittauksen ollessa täysin salaisen.
- Miehet ajavat n. 4-5 km/h nopeammin kuin naiset (havainto perustuu pieneen aineistoon).
- Yksinäinen kuljettaja ajaa n. 3 km/h kovempaa kuin sellainen, jolla on matkustajia muassaan (havainto perustuu pieneen aineistoon).
- Tavallisilla valtateillämme vieraasta läänistä peräisin olevat ajavat n. 2-3 km/h ja ulkomaalaiset n. 7 km/h suuremmalla nopeudella kuin kotiläänin henkilöautot. Vieraiden autojen suhteellinen osuus ei näytä kuitenkaan vaikuttavan koko liikennevirran keskinopeuteen. Huonolla tiellä asettuvat nopeudet päinvastaiseen järjestykseen.

#### 6.2.5. Nopeustrendi

Nopeuksien yleiskasvu on tutkittu mittaamalla poikkileikkauksen nopeuksia

neljässä vuoden 1961 tutkimuspisteessä /41/. Lisäksi koko tutkimusaineistoja on verrattu keskenään. Voidaan päätellä, että vuosina 1961-1965 parantuneen autokaluston ja muuttuneiden ajotottumusten ansiosta henkilöautojen nopeudet ovat vuosittain nousseet kesäolosuhteissa n. 4 km/h sekä parantuneen tieverkon ansiosta n. 0,5 km/h, eli yhteensä vuosittain 4,5 km/h. Kaikkien ajoneuvojen kohdalla ovat vastaavat luvut 3,5 km/h, 0,5 km/h ja 4 km/h. Nopeuksien kasvu on ollut keskimäärin n. 6 % vuosittain. Koska trendi osoittaa ns. halutun nopeuden jatkuvasti kasvaneen, se olisi otettava huomioon teiden suunnittelussa ohjenopeuksia valittaessa. Se voi myös antaa aiheen keskusteluun joko pysyvän yleisen nopeusrajoituksen tai tiekohtaisten nopeussuosituksen tarpeellisuudesta 2-kaistaisilla teillä maassamme tulevaisuudessa.

### Mallien käyttö nopeuksien arvioimiseen

Ajonopeuksien ennustamiseen on kehitetty usean muuttujan malleja, joista 7-5 selittäjän mallit antavat varsin korkeat korrelatiokertoimet (0,96-0,94). Kun joukossa on kuitenkin eräitä heikkoja tai vaikeasti mitattavia selittäjiä, on käytännöllisempinä ja samalla riittävinä pidettävä malleja, joissa selittäjinä ovat vain seuraavat kolme: tieosan kaarteisuus, näkemäeste- ja henkilöautoprosentit ( $r = 0,90-0,91$ ).

Poikkileikkausnopeuksia varten on saatu neljällä selittäjällä parhaat mallit ( $r = 0,91-0,92$ ). Kun selittäjien joukossa on heikkoja tai vaikeasti mitattavia näyttäisivät käytännöllisimmiltä ja samalla riittävilä mallit, joissa selittäjinä ovat vain seuraavat kolme: tienkohdan geometrinen pisteluku, luiskakaltevuus ja henkilöautoprosentti ( $r = 0,90$ ).

Eräitä kahden selittäjän malleja on myös laskettu. Yhden selittäjän mallit on esitetty lisäksi graafisesti. Mallien käyttö on mahdollista yleensä vain niin kauan kuin liikennemäärät pysyvät riittävän alhaisina. Keskimäärin n. 5 vuoden kuluttua olisi liikennemäärään liittyvien tekijöiden vaikutus tarkistettava, koska ne silloin ovat saavuttaneet sellaiset mittasuhteet, jotka jo vaikuttavat nopeuksiin.

Koko liikennevirran keskinopeus voidaan määrätä myös henkilöautojen nopeuksien avulla. Eri tekijöiden vaihdelles-

sa näyttää henkilöautojen ja kaikkien ajoneuvojen keskinopeuden erotus pysyvän likimain vakiona - jälkimmäinen on n. 90-95 % edellisestä. Ainoastaan henkilöautoprosentin vaihtelu muuttaa tätä suhdetta - tien teknilliset ominaisuudet eivät sensijaan lainkaan.

Raskaiden autojen keskinopeus voidaan niinkään laskea henkilöautojen nopeuksista. Raskaiden autojen keskinopeus on n. 50-55 % henkilöautojen keskinopeudesta lisättynä arvolla 23-21 km/h.

Luokittelupisteluvun kasvaessa kasvavat myös henkilöautojen ja raskaiden autojen sekä ajo- että poikkileikkausnopeuksien erot. Näkemäesteprosentin tai kaarteisuuden kasvaessa ajoneuvoryhmien nopeudet taas lähenevät toisiaan hiukan. Tienkohdan näkemän pituus ei paljon vaikuta poikkileikkausnopeuteen. Asiaan ei myöskään vaikuta henkilöautoprosentti eikä liikennemäärä tutkimuksen olosuhteissa.

6.4.

Ajonopeuden määrittäminen poikkileikkausnopeuden perusteella.

Poikkileikkausnopeus on käytännössä tavallisesti helpommin mitattavissa kuin ajonopeus. Tunnettaessa poikkileikkausnopeus, keskihajonta sekä tie- ja liikenneolosuhteet voidaan liikennevirran keskimääräinen ajonopeus arvioida mallin avulla, jossa on neljä selittäjää ( $r = 0,93$ ). Käytännöllisimmiltä ja samalla riittävältä näyttävät kuitenkin kahden selittäjän mallit, jotka on esitetty myös nomogrammin muodossa ( $r = 0,91-0,92$ ). Viimemainituissa edellytetään tunnetuksi poikkileikkausnopeus sekä mittapisteen ja mittavälin geometriset pisteluvut, joiden avulla saadaan määrätyksi keskimääräinen ajonopeus mittavälillä. Verraten työläät ajonopeusmittaukset voidaan näin ollen useissa tapauksissa korvata poikkileikkausnopeuksien mittauksilla.

6.5.

Loppupäätelmä

Eri tekijöiden tarkastelu on ehkä tuonut hiukan lisävalaistusta nopeuden sekä tie- ja liikenneolosuhteiden välisiin riippuvuuksiin. Esitettyjä malleja ja nomogrammeja voitaneen myös soveltaa eräisiin käytännön tehtäviin.

Liikennemäärän kasvaessa yli tietyn rajan se alkaa vaikuttaa nopeuksiin voimakkaammin ja lähellä tien (mahdollista) välityskykyä liikennemäärä sanelee

yksinään liikenteen nopeuden. Tien välityskyvyn ja liikenteen nopeuden välisen riippuvuuden selvittämiseksi olisikin tutkimuksia edelleen jatkettava.

Tarkasteltavaksi olisi otettava myös liittymien sekä tienvarsitekijöiden vaikutus.

Tieolosuhteittemme kehittyessä voidaan tutkimustyö myöhemmin kohdistaa myös moottoriteihin - päähuomio olisi tällöin kiinnitettävä itse liikenteeseen.

Kirjoittajan tarkoituksena on saman tutkimusaineiston pohjalta vielä toisessa yhteydessä tarkastella maantieliikenteen jono- ja ohituskysymyksiä.

## 7. KIRJALLISUUSVIITTEET

- /1/ Baerwald, J.E: Establishing a Priority for Local Rural Road Improvements, Traffic Quarterly April 1956.
- /2/ Björkman, Bo: Vägstandard, kapacitet och trafikekonomi, Nordiska Vägtekniska Förbundets handlingar Nr 8, Helsinki 1962.
- /3/ Crottaz, R: Ausbau- und Entwurfsgeschwindigkeit als Grundlagen der Projektierung, Strasse und Verkehr 11/1965.
- /4/ Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen: Richtlinien für die Anlage von Landstrassen, I Teil, Querschnittsgestaltung, RAL-Q, Bad Godesberg 1956.
- /5/ Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen: Richtlinien für die Anlage von Landstrassen II Teil, Linienführung, RAL-L, Bielefeld 1963.
- /6/ Greenshields, B.D. Weida, F.M: Statistics with Application to Highway Traffic Analyses, Saugatuck 1952.
- /7/ Greenhields, Bruce: The Quality of Traffic Flow, Bureau of Highway Traffic, Yale University 1961.
- /8/ Grundén, Staffan: Försök till praktisk definition av begreppet framkomlighet, Specialrapport 16, Statens Väg-institut, Stockholm 1961.
- /9/ Heiskanen, Timo: Tieverkon laatuluokittelu, diplomityö apul. prof. Wahlgrenin johdolla, TKK 1966.
- /10/ Highway Research Board: Highway Capacity Manual-1965, HRB Special Report 87, Washington D.C. 1965.
- /11/ Hillier, J.A: Some information on the trend of vehicle speeds, Laboratory Note RN/2641, Road Research Laboratory, Harmondsworth 1955.

- /12/ Hintikka, Olli: Nopeustutkimus-pienisäteisissä kaarteissa, diplomityö apul. prof. Wahlgrenin johdolla ja professori Savolaisen valvonnassa, TKK 1965.
- /13/ Hughes, T.P, Coburn, T.M: Speeds on Main Roads in Southern England in 1957 and 1964, Laboratory Note No. LN/837, Road Research Laboratory 1965.
- /14/ Häkkinen, Sauli: Liikennemerkkien havaitseminen maantieajossa, TALJAn tutkimuksia 1, Helsinki 1965.
- /15/ Häkkinen, S, Leinonen, K, Ratilainen, L: Nopeusrajoituskokeilu maantieliikenteessä 1962, TALJAn tutkimuksia 3, Helsinki 1965.
- /16/ Institute of Traffic Engineers: Manual of Traffic Engineering Studies, Washington 1964.
- /17/ Institute of Traffic Engineers: Traffic Engineering Handbook, Washington D.C. 1965,
- /18/ Kainu, Seppo: Ajoneuvoliikenteen nopeuden mittaamismenetelmät, diplomityö apul. prof. Otto Wahlgrenin johdolla, TKK 1966.
- /19/ Keller, Folke: Förslag till kvalitetsgradering av vägar, Kungl. Väg- och vattenbyggnadsstyrelsen 1958.
- /20/ Kendall, Maurice G: The Advanced Theory of Statistics, Vol. 1, London 1952.
- /21/ Kolsrud, Björn: Förundersökning angående framkomlighetsstudier, Preliminär rapport Nr. 4, Trafik- tekniska avdelningen, Statens Vägintitut, Stockholm 1963.
- /22/ Kullberg, G: Speciella apparater för trafikstudier, Svenska Vägföreningens tidskrift No. 9/1955.
- /23/ Leutzbach, W, Egert, Ph: Geschwindigkeiten im Strassenverkehr ausserhalb geschlossener Ortschaften, Strasse u. Autobahn No. 8/1960.
- /24/ Lokki, O: Tilastomatematiikan perusteet, STS:n kurssi, Helsinki 1959.
- /25/ Matson, Th.M, Smith, W.S, Hurd, F.W: Traffic Engineering, New York 1955.
- /26/ Meyer, Robert L: Hourly and Daily Variation in Vehicle Speeds on a Rural Highway, Traffic Engineering Nr. 10 July 1951.
- /27/ Neumann, Erwin: Neuzeitlicher Strassenbau, Berlin 1959.
- /28/ Nordqvist, Stig: Gators och vägars kapacitet, IVA:s transportforskningskommission, Meddelande Nr. 39, Stockholm 1958.



- /29/ Oppenlander, J.C, Bunte, W.F, Kadakia, P.L: Sample Size Requirements for Vehicular Speed Studies, Highway Research Board Bulletin 281, Washington D.C. 1961.
- /30/ Oppenlander, J.C: Multivariate Analysis of Vehicular Speeds, - Highway Research Record 35, Washington D.C. 1963.
- /31/ Pampel, Fritz: Ein Beitrag zur Berechnung der Leistungsfähigkeit von Strassen, Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen, Bielefeld 1955.
- /32/ Report to the 86th Congress: The Federal Role in Highway Safety, House Document No 93, Washington D.C. 1959.
- /33/ Road Research Laboratory: Research on Road Traffic, London 1965.
- /34/ Shumate, R.P, Crowther, R.F: Variability of Fixed-Point Speed Measurements, HRB Bulletin 281, Washington D.C. 1961.
- /35/ Suomen Tieyhdistys: Auto ja tie 1965, Helsinki 1965.
- /36/ Taragin, A: Driver Performance on Horizontal Curves, Public Roads, June 1954.
- /37/ Tie- ja vesirakennushallitus: Normaalimääräykset ja ohjeet, jotka koskevat yleisten teiden suunnittelua, rakentamista ja kunnossapitoa.
- /38/ Tie- ja vesirakennushallitus: Mäkisyysluokitus, julkaisematon muistio (O. Wahlgren/1961).
- /39/ Transportøkonomisk Utvalg: Håndbok for beregning av kjørekostnader på veg, Oslo 1962.
- /40/ Wagner, F.A.Jr, May, A.D.Jr: Volume and Speed Characteristics at Seven Study Locations, HRB Bulletin 281, Washington D.C. 1961.
- /41/ Wahlgren, Otto: Tutkimus ajoneuvojen nopeuksista Suomen maanteillä, lisensiaattityö TKK 1962.
- /42/ Valtioneuvosto: Valtioneuvoston päätös, joka sisältää teknilliset ohjeet teiden tekemisestä ja kunnossapidosta sekä ohjeet näkemäalueen määrittämisestä (As.kok. N:o 356/1962).
- /43/ Wardrop, J.G: Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, June 1952.

## 8. LIITTEET

### Liite 1. Määritelmät.

#### A. Tiehen liittyvien suureiden määritelmiä ja merkintöjä.

- Mittapiste . Tien poikkileikkaus, jossa mittaus toimitettu. (Ilmaistu tässä tien tunnusta seuraavilla neljällä numerolla).
- Mittaväli . Tieosuus, jolla mittaus toimitettu. (Ilmaistu tässä tien tunnusta seuraavilla kolmella numerolla).
- Ajorata . Ajoneuvoliikenteelle tarkoitettu tienosa.
- Piennar . Ajorataan välittömästi liittyvä kaista, jonka tehtävänä on toimia pysähtymiskaistana hätätapauksissa sekä tukea ajorataa.
- Mäkisyys M . Tieosan korkeuserojen summa jaettuna tieosan pituudella
- $$M = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{l} \quad (\text{m/km})$$
- Kaarteisuus K . Tielinjan vaakatason kääntymiskulmien summa jaettuna tieosan pituudella
- $$K = \frac{k_1 + k_2 + k_3 + k_4}{l} \quad (\text{rad/km})$$
- Näkemä . Henkilöauton kuljettajan silmäkorkeudella näkyvän tienpinnan pituus sen ollessa muusta liikenteestä vapaana.
- Näkemäesteprosentti N . Tiettyä näkemää - tässä 500 m - pienempien näkemien suhteellinen osuus.
- Luokittelupisteluku L . Tien liikenneturvallisuuden, geometrian ja teknillisen standardin perusteella määrätty pisteluku, enimmäisarvo 100 (liite 9).  
Tietyn tieosan luokittelupisteluku = eri tienkohdian pistelukujen painotettu keskiarvo.

- Geometrinen pisteluku G . Tien geometristen tekijöiden perusteella määrätty pisteluku, enimmäisarvo 30 (liite 9). Tietyn tieosan geometrinen pisteluku = eri tienkohtien pistelukujen painotettu keskiarvo.
- Ohjenopeus  $V_o$  . Tien tarkoituksen mukaan valittu teoreettinen nopeus, jonka perusteella tien geometrisessa mitoituksessa käytettävät vähimmäisarvot määrätään. Tien yleisstandardin mukainen (tieviranomaisen määrittelemä) ohjenopeus  $V_{o_1}$ , tieosan minimielementtien mukainen  $V_{o_2}$  ja tienkohdan ohjenopeus  $V_{o_3}$ .
- Keskimääräinen ohjenopeus . Tietyn tieosan eri tienkohtien ohjenopeuksien  $V_{o_3}$  painotettu keskiarvo. Koska minimielementtejä usein käytetään vain rajoitetusti, muodostuu keskimääräinen ohjenopeus yleensä suuremmaksi kuin minimielementtien mukainen  $V_{o_2}$  vastaten lähinnä yleisstandardin mukaista ohjenopeutta  $V_{o_1}$ .
- B. Ajoneuvoihin liittyvien suureiden määritelmiä ja merkintöjä.
- Henkilöauto H. Pääasiassa henkilökuljetukseen tarkoitettu auto, jossa on kuljettajan lisäksi tilaa enintään kahdeksalle henkilölle ja jonka kokonaispaino on, milloin se on tarkoitettu myös tavarankuljetukseen, enintään 2600 kg. Henkilöauton ajonopeutta ei ole rajoitettu. Perävaunulla varustetun henkilöauton suurin sallittu ajonopeus on 70 km/h, moottoritiellä 80 km/h (ennen 1.1.65 60 km/h).
- Pakettiauto P. Tavarankuljetukseen tarkoitettu auto, jonka kokonaispaino on enintään 2600 kg. Pakettiauton suurin sallittu ajonopeus on 70 km/h, moottoritiellä 80 km/h ja perävaunulla varustettuna 70 km/h (ennen 1.1.65 70 km/h).
- Linja-auto L. Pääasiassa henkilöiden kuljetukseen tarkoitettu auto, jossa on kuljettajan lisäksi tilaa useammalle kuin kahdeksalle henkilölle. Linja-auton suurin sallittu ajonopeus on 70 km/h, moottoritiellä 80 km/h, perävaunulla varustettuna 70 km/h (ennen 1.1.65 70 km/h).
- Kuorma-auto K. Tavarankuljetukseen tarkoitettu auto, jonka kokonaispaino ylittää 2600 kg. Suurin sallittu nopeus 70 km/h, moottoritiellä 80 km/h, jarrullisella perävaunulla varustettuna 70 km/h ja muunlaisella perävaunulla 50 km/h (ennen 1.1.65 jarrullisella perävaunulla varustettuna tai ilman 60 km/h, muunlaisella perävaunulla 50 km/h).
- Perävaunullinen kuorma-auto Kp.

Traktori T.

Moottoriajoneuvo, joka on rakennettu pääasias-  
sa käyttämään työvälaineitä tai vetämään muita  
ajoneuvoja. Traktorin suurin sallittu ajonopeus  
perävaunuineen tai ilman 30 km/h (ennen 1.1.  
65 30 km/h).

Raskaat autot R.  
(ajoneuvot)

Ryhmä sisältää ajonopeustutkimuksessa linja-  
ja kuorma-autot, mutta poikkileikkausnopeus-  
tutkimuksessa lisäksi pakettiautot ja traktorit.  
Kevyisiin autoihin luetaan tavallisesti henkilö-  
ja pakettiautot sekä kevyet erikoisautot kaik-  
kien muiden autojen kuuluessa raskaisiin autoi-  
hin.

Kaikki ajoneuvot  $\Sigma$ .

Ryhmä sisältää tässä henkilöautot, pakettiau-  
tot, linja-autot, kuorma-autot, perävaunulliset  
kuorma-autot ja traktorit.

Henkilöautoyksikkö hay.

Ajoneuvo, joka käyttää tien välityskyvystä yh-  
tä paljon kuin keskimääräinen henkilöauto liik-  
keessä ollessaan. Se henkilöautoyksikköiden  
määrä, mitä jokin ajoneuvo vastaa, on ko. ajo-  
neuvon ekvivalenssiarvo.

C. Liikenteeseen liittyvien suureiden määritelmiä ja merkintöjä.

Liikennemäärä q, Q.

Liikenneyksikköiden lukumäärä, jotka sivuutta-  
vat tien poikkileikkauksen aikayksikössä. Täs-  
sä tutkimuksessa yhteen suuntaan q, molem-  
piin Q (hay/h), (ajon/h).

Ihanteelliset olosuhteet.

Olosuhteet määritellään seuraavasti: liiken-  
teessä ainoastaan henkilöautoja, tien linjaus  
korkealuokkainen, ei tasoristeyksiä, ei alle  
460 m:n näkemiä, ajokaistan leveys  $\geq 3,6$  m,  
sivuesteen etäisyys ajoradan reunasta  $\geq 1,8$  m.

Liikenteenvälityskyky C.

Suurin määrä liikenneyksiköitä, jonka tie pys-  
tyy välittämään vallitsevissa tie- ja liikenne-  
olosuhteissa 1. mahdollinen välityskyky.  
Aikaisemmat määritelmät olivat: perusvälitys-  
kyky = tien välityskyky ihanteellisissa olosuh-  
teissa, mahdollinen välityskyky = välityskyky  
vallitsevissa olosuhteissa ja käytännöllinen vä-  
lityskyky = liikennemäärä, jonka tie pystyy  
joustavasti välittämään.  
Tässä tutkimuksessa käytetty keskimääräistä  
nopeutta 65 km/h vastaavaa käytännöllistä vä-  
lityskykyä C = 900 (hay/h).

Palvelutaso.

Lukuisien eri tekijöiden (nopeus, matka-aika,  
viivytykset, liikkumisvapaus, turvallisuus,  
ajomukavuus, ajokustannukset) määräämä kva-  
litatiivinen mitta. Se vaihtelee samallakin tiel-  
lä riippuen liikennemäärästä ja nopeuksista.  
Eri tieluokkia varten tarvitaan omat palveluta-  
soasteikot (ks. HCM [10]).

Käyttösuhde.	Liikennemäärä jaettuna liikenteenvälityskyvyllä $Q/C$ (-). Tässä tutkimuksessa $C$ = "käytännöllinen välityskyky". HCM:n mukaan $v/c$ -ratio on liikennemäärä/mahdollinen välityskyky.
Liikennetiheys $d$ .	Liikenneyksiköiden määrä tien pituusyksikköä kohden tietyllä hetkellä. Tässä tutkimuksessa tiheys yhteen suuntaan mitattuna $d$ (ajon/km).
Henkilöautoprosentti $H$ %.	Henkilöautojen prosenttinen osuus koko liikennevirrasta (%).
Vieraiden autojen prosentti.	Muista kuin kotiläänistä peräisin olevien ajoneuvojen prosenttinen osuus koko liikennevirrasta (%). Helsinki luettu tässä omaksi läänikseen.
Käyttö $l$ operationopeus.	Suurin nopeus, jota määrättyllä tiellä voidaan hyvissä sää- ja vallitsevissa liikenneolosuhteissa ylläpitää ylittämättä keskimääräisen ohjenopeuden määräämää turvallista nopeutta (km/h). Pienten liikennemäärien vallitessa käyttönopeus $\approx$ keskim. ohjenopeus.
Poikkileikkausnopeus $v_1$ .	Ajoneuvon nopeus sen sivuuttaessa tieosan tietyn pisteen (km/h).
Ajonopeus $v_2$ .	Ajoneuvon keskimääräinen nopeus tietyllä matkalla ajoneuvon ollessa liikkeessä, ts. kuljettu matka $l_2$ jaettuna ajoajalla $t_2$ (km/h).
Matkanopeus $v_3$ .	Ajoneuvon keskimääräinen nopeus tietyllä matkalla mukaan luettuina liikenteen mutta ei levähdysten yms. aiheuttamat pysähdykset ts. kuljettu matka $l_3$ jaettuna matka-ajalla $t_3$ (km/h).
Keskim. poikkileikkaus $t$ . ajonopeus, aikajakautuma $\bar{v}_t, \bar{v}_1, \bar{v}_2$	Tietyn pisteen tai tietyn tieosan sivuuttaneiden ajoneuvojen nopeuksien aritmeettinen keskiarvo (km/h).
Keskim. poikkil. nopeus $t$ . ajonopeus, matkajakautuma $\bar{v}_s, \bar{v}_{1s}, \bar{v}_{2s}$	Tietyllä tieosalla tietyllä hetkellä olevien ajoneuvojen nopeuksien aritmeettinen keskiarvo. Saadaan myös aikajakautumasta keskimääräistä ajoaikaa $\bar{t}$ vastaavana nopeutena $l$ aikajakautuman nopeushavaintojen harmonisena keskiarvona (km/h).
85-prosentin nopeus $V_{85}$ .	Nopeus, jonka 85 % ajoneuvoista alittaa (km/h).

Liite 2. Ajonopeuden mittaukset.

I. Kuivat tienpinnat

N:o	Mitta- väli	Tieosa	Pituus m	Pvm	klo	Viikon- päivä	Mittaus- suunta	Havainto- ja kpl.
1.	U1.209	Hki-Lohjan harju	4160	22.6.-65	9.00-10.20	Tiistai	Hki	194
2.	U1.209	"	4160	22.6.-65	12.30-14.25	Tiistai	Turku	294
3.	U1.340	Lohjanharju- Salo	2795	23.6.-65	15.00-16.50	Keskiv.	Turku	208
4.	U1.505	"	3450	24.6.-65 <sup>1</sup>	9.10-12.15	Torstai	Hki	201
5.	U1.505	"	3450	24.6.-65 <sup>1</sup>	13.20-15.32	Torstai	Turku	210
6.	T1.460	Salo-Turku	4130	4.7.-65	9.40-11.20	Sunnunt.	Turku	182
7.	T1.532	"	2800	2.7.-65	15.00-17.00	Perjant.	Hki	190
8.	T1.532	"	2800	3.7.-65	8.55-10.40	Lauant.	Turku	182
9.	T1.560	"	3030	2.7.-65	11.25-13.45	Perjant.	Turku	216
10.	T1.560	"	3030	4.7.-65	13.20-14.58	Sunnunt.	Hki	196
11.	T1.629	"	2100	17.6.-65	11.15-13.15	Torstai	Hki	136
12.	T1.629	"	2100	17.6.-65	14.50-16.20	Torstai	Turku	104
13.	U2.195	Hki-Karkki- la	2000	14.7.-65	8.35-12.10	Keskiv.	Hki	180
14.	U2.195	"	2000	14.7.-65	13.12-15.19	Keskiv.	Pori	138
15.	U2.195	"	2000	15.7.-65	8.25-11.05	Torstai	Hki	148
16.	U2.195	"	2000	15.7.-65	12.38-15.00	Torstai	Pori	148
17.	U2.195	"	4500	15.7.-65	8.25-11.05	Torstai	Hki	141
18.	U2.195	"	4500	15.7.-65	12.38-15.00	Torstai	Pori	142
19.	U2.215	"	2500	15.7.-65	8.25-11.05	Torstai	Hki	147
20.	U2.215	"	2500	15.7.-65	12.38-15.00	Torstai	Pori	158
21.	U2.300	"	2360	16.7.-65	8.15-11.00	Perjant.	Hki	134
22.	U2.300	"	2360	16.7.-65	12.10-14.35	Perjant.	Pori	133
23.	T2.798	Lauttakylä- Pori	5180	8.7.-65	10.55-14.45	Torstai	Pori	111
24.	T2.798	"	5180	8.7.-65	15.00-17.40	Torstai	Hki	135
25.	U3.362	Hki-Hyvin- kää	2500	20.7.-65	8.53-11.05	Tiistai	Hki	196
26.	U3.362	"	2500	20.7.-65	12.30-14.40	Tiistai	Hämeen- linna	191
27.	U3.433	"	1880	21.7.-65	8.20-10.40	Keskiv.	Hki	204
28.	U3.433	"	1880	21.7.-65	12.30-14.42	Keskiv.	Hämeen- linna	199
29.	H3.700	Riihimäki- Hämeenlin.	3990	31.7.-65	11.40-12.41	Lauant.	Hämeen- linna	236
30.	U4.251	Hki-Mänt- sälä	3300	27.7.-65	10.00-11.52	Tiistai	Hki	181
31.	U4.251	"	3300	27.7.-65	13.24-14.55	Tiistai	Lahti	208
32.	U4.392	"	4490	22.7.-65	8.58-10.40	Torstai	Lahti	185
33.	U4.392	"	4490	22.7.-65	12.05-14.01	Torstai	Hki	180
34.	U4.519	Mäntsälä- Lahti	4300	23.7.-65	9.13-11.01	Perjant.	Hki	167
35.	U4.519	"	4300	23.7.-65	13.01-14.31	Perjant.	Lahti	191
36.	M5.160	Lusi-Kos- kenmylly	2000	12.8.-65	8.48-12.00	Torstai	Heinola	132
37.	M5.160	"	2000	12.8.-65	8.45-12.08	Torstai	Mikkeli	122

N:o	Mitta- väli	Tieosa	Pituus m	Pvm.	klo	Viikon- päivä	Mitta- suunta	Havainto- ja kpl.
38.	U6.180	Hki-Porvoo	3960	28.7. -65	12.15-13.37	Keskiv.	Porvoo	207
39.	U6.302	"-	2470	29.7. -65	9.03-10.18	Torstai	Hki	190
40.	U6.302	"-	2470	29.7. -65	12.15-13.42	Torstai	Porvoo	206
41.	U6.100	Koskenkylä- Kouvola	4000	10.8. -65	10.00-13.20	Tiistai	Kouvola	129
42.	U6.100	"-	4000	10.8. -65	10.00-13.00	Tiistai	Kosken- kylä	106
43.	R6.554	Taavetti-Lap- peenranta	3000	6.8. -65	9.50-12.00	Perjant.	Lappeen- ranta	175
44.	R6.554	"-	3000	8.8. -65	15.48-17.02	Sunnunt.	Kouvola	200
45.	R6.659	"-	2000	6.8. -65	13.27-14.57	Perjant.	Kouvola	163
46.	R6.659	"-	2000	7.8. -65	10.05-12.00	Lauant.	Lappeen- ranta	172
47.	R6.683	"-	5690	7.8. -65	14.00-15.56	Lauant.	Kouvola	279
48.	R6.683	"-	5690	8.8. -65	11.30-13.00	Sunnunt.	Lappeen- ranta	142
49.	R7.685	Karhunkan- gas-Hamina	2000	9.8. -65	9.45-11.00	Maanant.	Hamina	157
50.	R7.685	"-	2000	9.8. -65	12.45-14.58	Maanant.	Karhula	173
51.	T8.100	Turku-Lai- tila-	3300	28.6. -65 <sup>1</sup>	12.10-13.55	Maanant.	Turku	198
52.	T8.100	"-	3300	28.6. -65 <sup>1</sup>	14.50-16.30	Maanant.	Rauma	208
53.	T8.353	"-	3100	29.6. -65	10.35-13.08	Tiistai	Turku	157
54.	T8.353	"-	3100	29.6. -65	15.00-17.07	Tiistai	Rauma	144
55.	T8.470	"-	4000	30.6. -65	9.50-12.45	Keskiv.	Turku	162
56.	T8.470	"-	4000	30.6. -65	14.00-17.05	Keskiv.	Rauma	185
57.	U55.275	Monninkylä- Mäntsälä	1980	17.8. -65	8.50-14.30	Tiistai	Mäntsälä	88
58.	U55.275	"-	1980	17.8. -65	8.50-14.39	Tiistai	Porvoo	85
59.	U55.302	"-	2010	16.8. -65	9.16-14.00	Maanant.	Mäntsälä	102
60.	U55.302	"-	2010	16.8. -65	9.15-14.13	Maanant.	Porvoo	123

II. Märät tienpinnat

N:o	Mitta- väli	Tieosa	Pituus m	Pvm.	klo	Viikon- päivä	Mitta- suunta	Havainto- ja kpl.
61.	U1.340	Lohjanhar- ju-Salo	2795	23.6. -65	12.00-14.00	Keskiv.	Hki	191
62.	T1.460	Salo-Turku	4130	3.7. -65	11.30-13.20	Lauant.	Hki	190
63.	T2.936	Lauttakylä- Pori	1900	7.7. -65	10.47-13.00	Keskiv.	Hki	120
64.	T2.936	"-	1900	7.7. -65	14.08-16.15	Keskiv.	Pori	150
65.	T2.1044	"-	5600	6.7. -65	9.25-12.00	Tiistai	Pori	183
66.	T2.1044	"-	5600	6.7. -65	12.05-14.20	Tiistai	Hki	143
67.	H3.610	Hyvinkää- Riihimäki	1960	30.7. -65	9.42-11.03	Perjant.	Hämeen- linna	168
68.	H3.610	"-	1960	30.7. -65	13.35-14.51	Perjant.	Hki	216
69.	H3.700	Riihimäki- Hämeen- linna	3990	31.7. -65	9.05-10.38	Lauant.	Hki	149

N:o	Mitta- väli	Tieosa	Pituus m	Pvm.	klo	Viikon- päivä	Mittaus- suunta	Havainto- ja kpl.
70.	M5.070	Heinola- Lusi	3240	13.8.-65	9.30-12.00	Perjant.	Heinola	174
71.	M5.070	"-	3240	13.8.-65	9.30-12.00	Perjant.	Mikkeli	217
72.	U6.180	Hki-Porvoo	3960	28.7.-65	9.25-11.08	Keskiv.	Hki	217

<sup>1</sup> Yleinen nopeusrajoitus 90 km/h voimassa



Liite 3. Poikkileikkausnopeuden mittaukset.

I. Kuivat tienpinnat

N:o	Mitta- piste	Mittaväli	Pvm.	Klo	Viikon- päivä	Mittaus- suunta	Havainto- ja kpl.	Menetel- mä <sup>1</sup>
1.	U1.2280	U1.209	22.6.-65	9.35-11.10	Tiistai	Hki	272	A
2.	U1.2280	U1.209	22.6.-65	12.45-14.30	Tiistai	Turku	296	A
3.	U1.3420	U1.340	23.6.-65	14.45-16.50	Keskiv.	Turku	251	A
4.	U1.5320	U1.505	24.6.-65 <sup>2</sup>	9.40-12.55	Torstai	Hki	234	A
5.	U1.5320	U1.505	24.6.-65 <sup>2</sup>	13.15-15.40	Torstai	Turku	232	A
6.	T1.4876	T1.460	4.7.-65	10.15-11.45	Sunnunt.	Turku	179	A
7.	T1.5574	T1.532	2.7.-65	15.20-16.50	Perjant.	Hki	146	A
8.	T1.5574	T1.532	3.7.-65	8.55-10.35	Lauantai	Turku	175	A
9.	T1.5792	T1.560	2.7.-65	13.10-14.45	Perjant.	Turku	134	A
10.	T1.5792	T1.560	4.7.-65	13.40-15.15	Sunnunt.	Hki	176	A
11.	T2.8056	T2.798	8.7.-65	11.10-14.50	Torstai	Pori	116	A
12.	T2.8385	T2.798	8.7.-65	15.10-17.40	Torstai	Hki	137	A
13.	U3.3665	U3.362	20.7.-65	12.30-14.40	Tiistai	Hki	194	T
14.	U3.3665	U3.362	20.7.-65	12.30-14.40	Tiistai	Hämeen- linna	241	T
15.	U3.3800	U3.362	20.7.-65	8.55-10.55	Tiistai	Hki	196	T
16.	U3.3800	U3.362	20.7.-65	8.55-10.55	Tiistai	Hämeen- linna	214	T
17.	U3.4405	U3.433	21.7.-65	8.25-10.40	Keskiv.	Hki	211	T
18.	U3.4405	U3.433	21.7.-65	8.25-10.40	Keskiv.	Hämeen- linna	222	T
19.	U3.4405	U3.433	21.7.-65	12.30-14.37	Keskiv.	Hki	177	T
20.	U3.4405	U3.433	21.7.-65	12.30-14.37	Keskiv.	Hämeen- linna	212	T
21.	H3.7100	H3.700	31.7.-65	11.40-12.42	Lauantai	Hämeen- linna	250	A
22.	U4.2645	U4.251	27.7.-65	10.00-11.55	Tiistai	Hki	221	A
23.	U4.2645	U4.251	27.7.-65	13.45-14.52	Tiistai	Lahti	164	A
24.	U4.4120	U4.392	22.7.-65	9.00-10.40	Torstai	Hki	159	T
25.	U4.4120	U4.392	22.7.-65	9.00-10.40	Torstai	Lahti	189	T
26.	U4.4250	U4.392	22.7.-65	12.05-14.30	Torstai	Hki	239	T
27.	U4.4250	U4.392	22.7.-65	12.05-14.30	Torstai	Lahti	289	T
28.	U4.5260	U4.519	23.7.-65	9.00-11.00	Perjant.	Lahti	263	T
29.	U4.5260	U4.519	23.7.-65	9.00-11.00	Perjant.	Hki	194	T
30.	U4.5495	U4.519	23.7.-65	13.02-14.50	Perjant.	Lahti	241	T
31.	U4.5495	U4.519	23.7.-65	13.02-14.50	Perjant.	Hki	216	T
32.	M5.1655	M5.160	12.8.-65	8.45-12.00	Torstai	Mikkeli	130	T
33.	M5.1655	M5.160	12.8.-65	8.45-12.00	Torstai	Heinola	135	T
34.	U6.1995	U6.180	28.7.-65	12.15-13.37	Keskiv.	Hki	217	T
35.	U6.1995	U6.180	28.7.-65	12.15-13.37	Keskiv.	Porvoo	221	T
36.	U6.1995	U6.180	28.7.-65	12.15-13.37	Keskiv.	Porvoo	220	A
37.	U6.3090	U6.302	29.7.-65	12.15-13.43	Torstai	Porvoo	259	A
38.	U6.3178	U6.302	29.7.-65	9.00-10.18	Torstai	Hki	209	A
39.	U6.1135	U6.100	10.8.-65	10.00-13.00	Tiistai	Kouvola	128	T
40.	U6.1135	U6.100	10.8.-65	10.00-13.00	Tiistai	Kosken- kylä	116	T
41.	R6.5810	R6.554	6.8.-65	9.55-12.00	Perjant.	Lappeen- ranta	199	A
42.	R6.5810	R6.554	8.8.-65	15.45-17.00	Sunnunt.	Kouvola	214	A

N:o	Mitta- piste	Mitta- väli	Pvm.	Klo	Viikon- päivä	Mittaus- suunta	Havain- toja kpl.	Menetel- mä <sup>1</sup>
43.	R6.6635	R6.659	6.8. -65	13.30-15.00	Perjant.	Kouvola	176	A
44.	R6.6635	R6.659	7.8. -65	10.10-12.00	Lauant.	Lappeen.	177	A
45.	R6.7060	R6.683	8.8. -65	11.30-13.00	Sunnunt.	Lappeen.	153	A
46.	R6.7060	R6.683	7.8. -65	14.00-16.00	Lauant.	Kouvola	318	A
47.	R7.6995	R7.685	9.8. -65	9.45-11.00	Maanant.	Hamina	163	A
48.	R7.7000	R7.685	9.8. -65	12.45-15.00	Maanant.	Karhula	186	A
49.	T8.1258	T8.100	28.6. -65 <sup>2</sup>	12.40-14.40	Maanant.	Turku	226	A
50.	T8.1258	T8.100	28.6. -65 <sup>2</sup>	14.45-16.30	Maanant.	Rauma	220	A
51.	T8.3805	T8.353	29.6. -65	10.50-13.30	Tiistai	Turku	178	A
52.	T8.3670	T8.353	29.6. -65	14.30-16.35	Tiistai	Rauma	154	A
53.	T8.4956	T8.470	30.6. -65	10.40-14.05	Keskiv.	Turku	205	A
54.	T8.4956	T8.470	30.6. -65	14.10-16.45	Keskiv.	Rauma	169	A
55.	U55.2895	U55.275	17.8. -65	8.50-14.00	Tiistai	Mäntsälä	103	T
56.	U55.2895	U55.275	17.8. -65	8.50-14.00	Tiistai	Porvoo	108	T
57.	U55.3115	U55.302	16.8. -65	9.15-14.00	Maanant.	Mäntsälä	105	T
58.	U55.3115	U55.302	16.8. -65	9.15-14.00	Maanant.	Porvoo	136	T

II. Märät tienpinnat

N:o	Mitta- piste	Mitta- väli	Pvm.	Klo	Viikon- päivä	Mittaus- suunta	Havain- toja kpl.	Menetel- mä <sup>1</sup>
59.	U1.3420	U1.340	23.6. -65	12.15-14.10	Keskiv.	Hki	198	A
60.	T1.4876	T1.460	3.7. -65	11.50-13.30	Lauant.	Hki	190	A
61.	T2.9440	T2.936	7.7. -65	11.10-14.10	Keskiv.	Hki	174	A
62.	T2.9440	T2.936	7.7. -65	14.10-16.20	Keskiv.	Pori	163	A
63.	T2.10725	T2.1044	6.7. -65	10.00-12.00	Tiistai	Pori	163	A
64.	T2.10725	T2.1044	6.7. -65	12.00-14.10	Tiistai	Hki	152	A
65.	H3.6235	H3.610	30.7. -65	9.40-11.03	Perjant.	Hämeen- linna	187	A
66.	H3.6235	H3.610	30.7. -65	13.35-14.52	Perjant.	Hki	226	A
67.	H3.7100	H3.700	31.7. -65	9.00-10.41	Lauant.	Hki	166	A
68.	M5.0905	M5.070	13.8. -65	9.30-12.05	Perjant.	Mikkeli	227	T
69.	M5.0905	M5.070	13.8. -65	9.30-12.05	Perjant.	Heinola	181	T
70.	U6.1850	U6.180	28.7. -65	9.25-11.00	Keskiv.	Hki	203	T
71.	U6.1850	U6.180	28.7. -65	9.25-11.00	Keskiv.	Hki	164	A
72.	U6.1850	U6.180	28.7. -65	9.25-11.00	Keskiv.	Porvoo	262	T

<sup>1</sup> A=liikenneanalyysoija, T=tutka

<sup>2</sup> Yleinen nopeusrajoitus 90 km/h voimassa

Liite 4. Poikkileikkausnopeuden vertailupisteet.

Piste	Tieosa	Pvm.	Klo	Viikon- päivä	Mittaus- suunta	Havain- toja kpl.	Menetel- <sup>1</sup> mä
W I	Raisio-Marjamäki	1.7.-65	08,00-10.00	Torstai	Molemm	593	A
W II	Haistila-Friitala	9.7.-65	08.15-10.15	Perjant.	Molemm.	384	A
W III	Jokivarsi-Kerava	24.7.-65	08.15-09.45	Lauant.	Helsinki	187	T
W III	"-	24.7.-65	08.15-09,45	Lauant.	Lahti	283	T
W IV	Holma-Vääksy	11.8.-65	14.00-16.00	Keskiv.	Lahti	199	T
W IV	"-	11.8.-65	14.00-16.00	Keskiv.	Vääksy	230	T

<sup>1</sup> A = liikenneanalysoija, T = tutka

Liite 5. Regressioanalyysin muuttujat ajonopeustutkimuksessa.

<u>Selitettävät:</u>				Keskiarvo <sup>1</sup>	Keski- hajonta	
$\bar{V}_2$	Kaikkien ajoneuvojen aikajakautuman keskinopeus			(km/h)	78,81	6,85
$\bar{V}_2(H)$	Henkilöautojen			(km/h)	83,99	7,24
$\bar{V}_{2s}$	Kaikkien ajoneuvojen matkajakautuman			(km/h)	75,78	6,66
$\bar{V}_{2s}(H)$	Henkilöautojen			(km/h)	81,36	6,88
$S_2$	Kaikkien ajoneuvojen aikajakautuman keskihajonta			(km/h)	15,51	2,36
$S_{2s}$	-"-	-"-	matkajakautuman	(km/h)	15,20	2,25
$\bar{V}_2(R)$	Raskaiden			(km/h)	66,43	4,89
<u>Selittäjät:</u>						
$Y_1$	Mittavälin luokittelupisteluku			(-)	73,44	16,85
$Y_2$	-"-	geometrinen pisteluku		(-)	22,54	6,99
$Y_3$	-"-	ajoradan leveys		(m)	6,93	0,26
$Y_4$	-"-	pientareen leveys		(m)	1,00	0,49
$Y_5$	-"-	pengerluiskan kaltevuus		(-)	0,34	0,12
$Y_6$	-"-	mäkisyyys		(m/km)	21,70	3,73
$Y_7$	-"-	kaarteisuus		(r/km)	0,38	0,67
$Y_8$	-"-	pienin kaarresäde		(m)	2129	2232
$Y_9$	-"-	<500 m näkemien osuus		(%)	54,79	29,31
$Y_{10}$	-"-	pienin näkemä		(m)	207	123
$Y_{13}$	-"-	yleisstandardin mukainen ohjenopeus		(km/h)	83,93	12,89
$Y_{14}$	-"-	minimielementtien		(km/h)	71,07	20,77
$Y_{15}$	Käytösuhde (liikennemäärä/käytännöllinen väli- tyskyky)			(-)	0,38	0,17
$Y_{16}$	Liikennemäärä molempiin suuntiin			(haj/h)	235	109
$Y_{17}$	-"-	-"-	-"-	(ajon/h)	181	88,4
$Y_{18}$	-"-	mittaussuuntaan		(ajon/h)	93	47,8
$Y_{19}$	Liikennetiheys			(ajon/km)	1,20	0,60
$Y_{20}$	Henkilöautojen osuus			(%)	69,68	9,90
$Y_{21}$	Vieraiden ajoneuvojen osuus			(%)	60,19	17,52
$Y_{22}$	Tuulen voimakkuustien suunnassa			(km/h)	-0,85	11,52

<sup>1</sup> Painottamaton

Liite 6. Ajonopeuksien regressioanalyysissä käytetyt arvot.

I. Kuivat tienpinnat

N:o	V <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> (H)	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>	Y <sub>5</sub>	Y <sub>6</sub>	Y <sub>7</sub>	Y <sub>8</sub>	Y <sub>9</sub>	Y <sub>10</sub>	Y <sub>13</sub>	Y <sub>14</sub>	Y <sub>15</sub>	Y <sub>16</sub>	Y <sub>17</sub>	Y <sub>18</sub>	Y <sub>19</sub>	Y <sub>20</sub>	Y <sub>21</sub>	Y <sub>22</sub>
1	74,5	81,6	67,4	20,2	7,0	1,3	0,50	23,3	0,32	600	80,8	120	80	50	0,94	500	340	167	2,3	56,6	73,6	+16,5
2	70,5	74,0	67,4	20,2	7,0	1,3	0,50	23,3	0,32	600	76,8	110	80	50	0,89	506	372	173	2,6	61,5	74,0	-16,5
3	81,1	85,6	80,5	23,1	7,0	1,0	0,25	26,4	0,42	800	55,3	200	80	70	0,44	274	223	125	1,6	74,5	70,3	+4,9
6	83,1	83,9	71,6	26,3	7,0	1,3	0,33	24,9	0,04	1300	32,7	170	80	70	0,45	309	286	122	1,5	90,2	63,4	-9,9
7	86,5	91,5	78,9	29,4	7,0	1,2	0,25	20,4	0,01	1600	11,6	350	80	100	0,38	271	217	97	1,2	76,3	44,1	-12,6
8	87,8	92,2	78,9	29,4	7,0	1,2	0,25	20,4	0,01	1600	4,5	390	80	100	0,25	294	253	127	1,5	79,8	70,3	+4,0
9	76,8	83,3	72,0	24,5	7,0	0,7	0,50	27,7	0,11	900	58,3	160	80	70	0,45	259	179	97	1,3	65,8	52,8	-5,0
10	79,0	80,6	72,0	24,5	7,0	0,7	0,50	27,7	0,11	900	47,5	190	80	70	0,45	270	247	122	1,6	89,7	41,5	+14,9
11	71,0	81,2	75,2	24,0	7,0	1,0	0,33	17,5	0,33	600	64,3	180	80	80	0,36	196	128	76	1,1	63,3	44,2	+0,1
12	81,6	86,7	75,2	24,0	7,0	1,0	0,33	17,5	0,33	600	72,6	240	80	80	0,44	210	164	77	1,0	75,0	44,9	+5,6
13	72,4	79,2	66,0	13,8	7,0	0,5	0,50	22,0	0,35	350	78,7	130	80	50	0,34	162	114	52	0,8	60,1	73,2	-8,6
14	78,1	82,3	66,0	13,8	7,0	0,5	0,50	22,0	0,35	350	90,0	100	80	50	0,41	174	127	68	0,9	65,3	74,5	-4,8
15	73,8	80,0	66,0	13,8	7,0	0,5	0,50	22,0	0,35	350	78,7	130	80	50	0,40	140	119	62	0,9	62,3	68,2	-12,1
16	80,3	85,3	66,0	13,8	7,0	0,5	0,50	22,0	0,35	350	90,0	100	80	50	0,38	159	119	67	0,9	65,5	72,0	+5,4
17	77,0	82,8	62,0	11,1	7,0	0,5	0,50	25,0	0,57	350	90,4	110	80	50	0,38	160	119	62	0,8	62,7	66,7	-14,2
18	77,9	82,6	62,0	11,1	7,0	0,5	0,50	25,0	0,57	350	93,3	80	80	50	0,40	158	119	67	0,9	66,2	71,4	+7,6
19	78,0	84,8	58,7	9,0	7,0	0,5	0,50	27,4	0,74	350	100	110	80	50	0,45	165	119	62	0,8	60,5	67,4	-13,8
20	75,6	79,8	58,7	9,0	7,0	0,5	0,50	27,4	0,74	350	96,0	80	80	50	0,42	160	119	67	0,9	65,8	71,1	+9,0
21	79,3	87,9	69,2	23,9	7,0	0,5	0,50	20,3	0,10	1800	62,3	160	80	60	0,30	154	104	51	0,7	54,5	72,7	+19,1
22	79,7	83,7	69,2	23,9	7,0	0,5	0,50	20,3	0,10	1800	63,0	150	80	60	0,28	147	114	57	0,7	69,9	77,4	-15,1
23	80,3	87,4	85,0	26,2	7,0	1,2	0,33	21,0	0,04	2500	42,5	190	80	70	0,16	106	71	33	0,4	60,4	47,8	-4,4
24	83,3	91,1	85,0	26,2	7,0	1,2	0,33	21,0	0,04	2500	35,5	180	80	70	0,22	151	110	54	0,7	66,0	38,2	+5,5
25	87,0	95,6	90,2	28,0	7,0	1,7	0,25	21,2	0,09	3500	22,0	210	100	80	0,37	281	214	96	1,2	71,4	77,8	-9,0
26	85,2	89,1	90,2	28,0	7,0	1,7	0,25	21,2	0,09	3500	28,0	230	100	80	0,26	214	180	106	1,3	81,7	71,9	-11,3
27	83,1	88,6	94,0	30,0	7,0	1,8	0,25	17,5	0,11	5600	0	800	100	100	0,30	255	190	96	1,2	70,6	83,4	+21,4
28	85,3	91,1	94,0	30,0	7,0	1,8	0,25	17,5	0,11	5600	1,3	490	100	100	0,26	228	179	100	1,2	73,9	78,9	-21,4
29	84,0	86,1	87,3	25,8	7,0	1,4	0,25	23,3	0,08	3000	28,7	230	100	80	0,58	425	383	246	3,0	90,3	71,8	+5,3
30	84,0	89,0	91,8	28,6	7,0	2,0	0,25	20,0	0	99999	1,29	240	90	90	0,38	333	256	107	1,3	74,5	67,3	-12,6
31	84,3	89,0	91,8	28,6	7,0	2,0	0,25	20,0	0	99999	20,4	250	90	90	0,45	384	300	161	2,0	75,1	69,9	+12,6
32	85,2	89,2	88,3	27,2	7,0	1,5	0,25	18,0	0,06	4600	33,4	230	90	80	0,34	252	202	110	1,3	75,2	75,5	-2,2
33	85,3	89,9	88,3	27,2	7,0	1,5	0,25	18,0	0,06	4600	32,2	230	90	80	0,38	282	219	96	1,1	75,5	71,2	+2,2
34	82,8	90,1	82,6	28,6	7,0	1,2	0,50	17,5	0,24	1100	34,8	150	80	80	0,44	308	223	97	1,2	66,4	74,7	-1,4
35	83,3	88,4	82,6	28,6	7,0	1,2	0,50	17,5	0,24	1100	21,5	380	80	80	0,44	328	260	135	1,7	75,4	73,7	+1,3
36	75,2	80,0	50,8	18,8	6,8	0,5	0,25	25,3	0,25	1000	86,3	110	80	80	0,28	114	85	43	0,6	71,3	54,3	+5,0

N:o	V <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> (H)	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>	Y <sub>5</sub>	Y <sub>6</sub>	Y <sub>7</sub>	Y <sub>8</sub>	Y <sub>9</sub>	Y <sub>10</sub>	Y <sub>13</sub>	Y <sub>14</sub>	Y <sub>15</sub>	Y <sub>16</sub>	Y <sub>17</sub>	Y <sub>18</sub>	Y <sub>19</sub>	Y <sub>20</sub>	Y <sub>21</sub>	Y <sub>22</sub>
37	72,3	83,8	50,8	18,8	6,8	0,5	0,25	25,3	0,25	1000	90,0	130	80	80	0,30	116	85	42	0,6	73,0	74,2	- 5,0
38	82,1	88,4	75,3	25,6	7,0	1,4	0,25	20,7	0,04	900	45,6	210	80	80	0,56	389	306	159	2,0	68,6	74,8	-
39	75,4	81,3	77,8	23,5	7,0	1,4	0,25	28,5	0,19	650	60,3	150	80	60	0,66	419	306	161	2,2	61,1	71,5	-
40	83,9	89,5	77,8	23,5	7,0	1,4	0,25	28,5	0,19	650	46,6	130	80	60	0,61	413	323	166	2,1	69,8	64,6	-
41	80,9	85,5	61,8	27,7	7,1	0,8	0,33	23,8	0,30	1000	53,2	160	80	60	0,18	107	83	46	0,6	76,0	84,8	+ 5,2
42	80,0	84,4	61,8	27,7	7,1	0,8	0,33	23,8	0,30	1000	66,8	130	80	60	0,20	107	83	40	0,5	75,5	87,5	- 5,2
43	77,1	82,8	87,0	25,0	7,0	1,1	0,20	20,0	0,27	1500	50,8	270	100	90	0,39	240	152	90	1,1	62,3	61,5	+12,1
44	80,0	80,6	87,0	25,0	7,0	1,1	0,20	20,0	0,27	1500	60,9	240	100	90	0,54	312	303	177	2,3	95,0	70,5	-17,1
45	85,2	91,3	88,3	27,9	7,0	1,2	0,20	17,5	0,05	4400	15,0	330	100	100	0,40	267	195	115	1,4	73,0	63,8	-11,3
46	81,7	86,6	88,3	27,9	7,0	1,2	0,20	17,5	0,05	4400	51,2	280	100	100	0,33	221	161	94	1,2	71,5	56,1	+13,5
47	83,7	85,4	87,0	27,9	7,0	1,0	0,20	17,9	0,21	1600	36,0	370	100	100	0,55	365	317	169	2,1	88,2	37,8	-19,8
48	87,7	89,4	87,0	27,9	7,0	1,0	0,20	17,9	0,21	1600	40,3	280	100	100	0,39	239	219	102	1,2	90,2	44,5	+ 7,2
49	77,3	83,8	79,3	22,4	7,0	1,0	0,25	20,0	0,10	3300	73,6	200	80	80	0,65	326	233	135	1,8	60,6	25,3	- 8,7
50	75,7	82,1	79,3	22,4	7,0	1,0	0,25	20,0	0,10	3000	76,3	210	80	80	0,57	279	199	85	1,2	61,0	40,2	+ 8,7
53	79,3	90,3	82,0	28,7	7,0	1,2	0,25	17,5	0,10	3500	12,1	290	100	100	0,28	207	135	62	0,8	53,0	24,1	+18,3
54	75,4	82,7	82,0	28,7	7,0	1,2	0,25	17,5	0,10	3500	22,6	290	100	100	0,35	252	180	73	1,0	59,0	23,5	-21,3
55	81,9	88,8	82,5	25,1	7,0	1,2	0,25	21,0	0,08	5400	51,2	230	100	80	0,28	184	122	57	0,7	59,8	36,1	+23,1
56	76,7	82,1	82,5	25,1	7,0	1,2	0,25	21,0	0,08	5400	56,3	230	100	80	0,29	182	133	63	0,9	64,4	29,4	-13,6
57	58,7	59,5	25,5	5,3	6,0	-	0,50	30,1	2,84	100	100,0	40	50	30	0,08	48	37	18	0,3	63,6	32,2	- 8,9
58	58,0	62,8	25,5	5,3	6,0	-	0,50	30,1	2,84	100	100,0	60	50	30	0,09	50	37	19	0,3	54,1	37,0	+ 9,9
59	62,2	64,5	29,7	10,0	6,0	-	0,50	17,5	2,55	140	96,3	50	50	30	0,11	64	50	23	0,4	66,7	45,6	- 9,0
60	58,8	64,1	29,7	10,0	6,0	-	0,50	17,5	2,55	140	100,0	100	50	30	0,10	67	50	27	0,5	61,2	35,5	+ 9,0

II. Märrät tienpinnat

N:o	V <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> (H)	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>	Y <sub>5</sub>	Y <sub>6</sub>	Y <sub>7</sub>	Y <sub>8</sub>	Y <sub>9</sub>	Y <sub>10</sub>	Y <sub>13</sub>	Y <sub>14</sub>	Y <sub>15</sub>	Y <sub>16</sub>	Y <sub>17</sub>	Y <sub>18</sub>	Y <sub>19</sub>	Y <sub>20</sub>	Y <sub>21</sub>	Y <sub>22</sub>
61	82,2	86,8	80,5	23,1	7,0	1,0	0,25	26,4	0,42	800	78,6	170	80	70	0,56	292	227	115	1,5	75,4	81,3	+ 9,8
62	87,2	90,3	71,6	26,3	7,0	1,3	0,33	24,9	0,04	1300	40,0	180	80	70	0,42	287	256	119	1,4	85,8	35,6	+ 8,7
63	76,1	81,5	87,0	30,0	7,0	1,5	0,50	17,5	0	99999	0	590	80	100	0,21	170	124	54	0,7	59,2	28,2	- 4,6
64	77,2	82,7	87,0	30,0	7,0	1,5	0,50	17,5	0	99999	0	790	80	100	0,26	209	153	74	1,0	66,1	30,4	- 8,3
65	80,3	86,6	90,2	29,1	7,0	1,3	0,25	17,5	0	99999	11,3	270	80	100	0,27	206	157	74	1,0	69,4	26,7	+ 1,8
66	75,8	78,8	90,2	29,1	7,0	1,3	0,25	17,5	0	99999	6,7	380	80	100	0,27	206	154	73	1,0	69,2	22,2	- 1,8
67	73,3	77,7	76,7	23,6	7,0	1,3	0,25	22,8	0,13	3000	78,7	210	100	80	0,60	328	236	136	1,9	62,5	81,8	+10,8
68	79,1	82,1	76,7	23,6	7,0	1,3	0,25	22,8	0,13	3000	52,5	220	100	80	0,57	369	310	181	2,4	77,8	72,7	- 9,0
69	77,7	83,6	87,3	25,8	7,0	1,4	0,25	23,3	0,08	3000	46,8	220	100	80	0,52	350	280	108	1,5	75,9	38,1	- 5,3
70	76,2	81,0	61,0	16,4	7,1	0,5	0,25	26,1	0,99	450	100,0	110	80	50	0,62	205	163	70	1,0	77,6	65,9	- 7,7
71	70,8	73,3	61,0	16,4	7,1	0,5	0,25	26,1	0,99	450	92,3	120	80	50	0,58	214	163	93	1,4	74,2	75,8	+ 7,7
72	82,2	87,3	75,3	25,6	7,0	1,4	0,25	20,7	0,04	900	57,5	190	80	80	0,61	390	298	133	1,7	70,0	67,2	-

Liite 7. Regressioanalyysin muuttujat poikkileikkausnopeuden tutkimuksessa.

<u>Selitettävät:</u>		Keskiarvo <sup>1</sup>	Keski- hajonta
$\bar{V}_1$	Kaikkien ajoneuvojen aikajakautuman keskinopeus (km/h)	80,91	6,62
$V_1(H)$	Henkilöautojen -"- -"- (km/h)	85,98	7,07
$\bar{V}_{1s}$	Kaikkien ajoneuvojen matkajakautuman -"- (km/h)	77,44	6,50
$\bar{V}_{1s}(H)$	Henkilöautojen -"- -"- (km/h)	82,96	6,80
$S_1$	Kaikkien ajoneuvojen aikajakautuman keskihajonta (km/h)	16,69	2,00
$S_1(H)$	Henkilöautojen -"- -"- (km/h)	16,96	7,74
$V_1(R)$	Raskaiden ajoneuvojen -"- keskinopeus (km/h)	67,50	5,01
<u>Selittäjät:</u>			
$X_1$	Mittapisteen luokittelupisteluku (-)	78,47	17,20
$X_2$	-"- geometrisen pisteluku (-)	25,34	5,73
$X_3$	-"- ajoradan leveys (m)	6,93	0,27
$X_4$	-"- pientareen -"- (m)	1,28	0,45
$X_5$	-"- sisäluisikan kaltevuus (-)	0,36	0,20
$X_6$	-"- pituuskaltevuus (%)	0,43	1,31
$X_7$	-"- kaarresäde (m)	76540 <sup>2</sup>	42060 <sup>2</sup>
$X_8$	-"- sivukaltevuus (%)	0,76 <sup>3</sup>	1,91 <sup>3</sup>
$X_9$	-"- näkemä (m)	550	203
$X_{11}$	-"- leikkaussyvyys (m)	0,27	1,02
$X_{12}$	-"- pengerkorkeus (m)	1,25	0,98
$X_{13}$	Mittavälin yleisstandardin mukainen ohjenopeus (km/h)	85,93	13,67
$X_{14}$	Mittapisteen elementtien -"- -"- (km/h)	97,59	7,75
$X_{15}$	Käytösuhde (liikennemäärä/käytännöllinen välityskyky) (-)	0,39	0,18
$X_{16}$	Liikennemäärä molempiin suuntiin (haj/h)	262	107
$X_{17}$	-"- -"- -"- (ajon/h)	203	87,1
$X_{18}$	-"- mittaussuuntaan (ajon/h)	103	47,8
$X_{19}$	Liikennetiheys -"- (ajon/km)	1,33	0,61
$X_{20}$	Henkilöautojen osuus (%)	71,52	9,53
$X_{21}$	Vieraiden ajoneuvojen osuus (%)	61,38	18,09

<sup>1</sup> Painottamaton

<sup>2</sup> Suoralla asetettu R = 99999 m

<sup>3</sup> Tien reunojen korkeuksien mukaan

Liite 3. Poikkileikkausnopeuden regressioanalyysissä käytetyt arvot.

I. Kuivat tienpinnat

N:o	V <sub>1</sub>	M(H)	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>	X <sub>15</sub>	X <sub>16</sub>	X <sub>17</sub>	X <sub>18</sub>	X <sub>19</sub>	X <sub>20</sub>	X <sub>21</sub>
1	76	82	71,0	22,5	7,0	1,3	0,50	-1,25	99999	-	600	-	1,5	80	100	0,94	500	340	167	2,3	56,6	73,6
2	74	80	71,5	23,0	7,0	1,3	0,50	+1,38	99999	-	300	-	1,5	80	100	0,89	506	372	173	2,6	61,5	74,0
3	79	83	85,0	25,5	7,0	1,0	0,25	0	99999	-	460	-	1,5	80	100	0,44	274	223	125	1,6	74,5	70,3
6	83	85	70,0	30,0	7,0	1,3	0,33	0	99999	-	750	-	1,5	80	100	0,45	309	286	122	1,5	90,2	63,4
7	84	90	86,3	30,0	7,0	0,7	0,25	0	99999	-	800	-	1,0	80	100	0,38	271	217	97	1,2	76,3	44,1
8	92	97	85,0	30,0	7,0	1,4	0,25	0	99999	-	800	-	1,0	80	100	0,25	294	253	127	1,5	79,8	70,3
9	83	89	77,5	29,5	7,0	0,7	0,50	0	99999	-	550	-	2,0	80	100	0,45	259	179	97	1,3	65,8	52,8
10	83	85	75,0	26,0	7,0	0,7	0,50	+0,50	99999	-	740	-	2,0	80	100	0,45	270	247	122	1,6	89,7	41,5
11	77	83	80,0	22,8	7,0	1,4	0,50	+2,25	99999	-	440	-	1,0	80	100	0,16	106	71	33	0,4	60,4	47,8
12	85	92	91,0	30,0	7,0	1,4	0,33	0	5700	-	630	-	1,5	80	100	0,22	151	110	54	0,7	66,0	38,2
13	78	84	80,5	21,5	7,0	1,8	0,25	+5,00	3500	2,0	230	-	1,0	100	80	0,29	235	180	74	1,3	73,7	71,9
14	82	86	81,3	21,3	7,0	1,7	0,25	-0,75	3500	2,0	250	6,0	-	100	80	0,26	214	180	106	1,3	81,7	71,9
15	90	97	94,0	30,0	7,0	1,7	0,17	-1,50	99999	-	785	-	0,5	100	100	0,37	281	214	96	1,2	71,4	77,8
16	85	91	94,0	30,0	7,0	1,7	0,25	+1,50	99999	-	795	-	1,5	100	100	0,36	271	214	118	1,3	78,5	77,8
17	85	92	94,0	30,0	7,0	1,8	0,25	0	99999	-	800	-	1,5	100	100	0,30	255	190	96	1,2	70,6	83,4
18	87	94	94,0	30,0	7,0	1,8	0,25	0	99999	-	800	-	1,5	100	100	0,30	256	190	94	1,2	70,1	83,4
19	82	88	94,0	30,0	7,0	1,8	0,25	0	99999	-	800	-	1,5	100	100	0,27	239	179	79	1,1	71,7	78,9
20	84	90	94,0	30,0	7,0	1,8	0,25	0	99999	-	800	-	1,5	100	100	0,26	228	179	100	1,2	73,9	78,9
21	84	87	94,0	30,0	7,0	1,4	0,25	+0,75	99999	-	660	-	1,0	100	100	0,58	425	383	246	3,0	90,3	71,8
22	84	90	95,0	30,0	7,0	2,0	0,25	0	99999	-	585	-	5,0	90	100	0,38	333	256	107	1,3	74,5	67,3
23	88	92	95,5	28,5	7,0	2,0	0,25	0	99999	-	750	-	0	90	100	0,45	384	300	161	2,0	75,1	69,9
24	86	94	92,0	30,0	7,0	2,0	0,25	0	99999	-	800	-	1,2	90	100	0,38	285	202	92	1,2	69,8	75,5
25	85	88	91,0	30,0	7,0	2,0	0,25	0	99999	-	790	-	0,8	90	100	0,34	252	202	110	1,3	75,2	75,5
26	81	85	82,5	24,0	7,0	1,7	0,50	+2,75	99999	-	295	3,5	-	90	100	0,38	282	219	96	1,1	75,5	71,2
27	82	86	84,0	22,5	7,0	2,1	0,50	0	99999	-	800	3,0	-	90	100	0,39	290	219	123	1,5	73,7	71,2
28	82	87	87,0	30,0	7,0	2,0	1,00	0	1500	5,5	800	-	2,5	80	100	0,45	313	223	126	1,7	69,6	74,7
29	81	88	87,0	30,0	7,0	1,2	0,50	0	1500	5,5	595	-	2,0	80	100	0,44	308	223	97	1,2	66,4	74,7
30	81	86	79,8	25,3	7,0	1,2	0,50	+2,00	1100	3,5	325	-	2,0	80	100	0,44	328	260	135	1,7	75,4	73,7
31	84	88	79,5	25,3	7,0	1,2	0,50	+1,88	1100	3,5	370	1,0	-	80	100	0,43	320	260	125	1,5	96,6	73,7
32	75	79	54,0	20,3	6,8	1,1	0,50	+4,5	99999	-	345	1,0	-	80	100	0,30	116	85	42	0,6	73,0	74,2
33	71	77	52,0	18,8	6,8	0,8	0,25	+1,75	99999	-	180	-	0,5	80	70	0,28	114	85	43	0,6	71,3	54,3
34	79	82	69,0	22,0	7,0	1,4	0,20	-1,50	99999	-	325	-	2,5	80	100	0,55	378	306	147	2,1	75,7	74,8
35	79	84	69,0	22,0	7,0	1,4	0,25	+1,00	99999	-	520	-	3,0	80	100	0,56	389	306	159	2,0	68,6	74,8
36	78	83	69,0	22,0	7,0	1,4	0,25	+1,00	99999	-	520	-	3,0	80	100	0,56	389	306	159	2,0	68,6	74,8
37	84	90	86,5	29,5	7,1	1,4	0,25	+1,00	1100	5,00	645	-	1,5	80	100	0,61	413	323	166	2,1	69,8	64,5



N:o	V <sub>1</sub>	V <sub>1</sub> (H)	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>	X <sub>15</sub>	X <sub>16</sub>	X <sub>17</sub>	X <sub>18</sub>	X <sub>19</sub>	X <sub>20</sub>	X <sub>21</sub>
38	78	83	69,0	19,0	7,0	1,5	0,20	-0,88	99999	-	420	-	0,5	80	100	0,66	419	306	161	2,2	61,1	71,5
39	82	87	67,8	24,5	7,1	0,8	0,33	-1,25	99999	-	595	-	1,0	80	100	0,18	107	83	46	0,6	76,0	84,8
40	81	85	66,3	24,3	7,1	0,8	0,33	+1,25	99999	-	525	-	1,0	80	100	0,20	107	83	40	0,5	75,5	87,5
41	85	90	89,0	25,5	7,0	1,0	0,20	-0,75	99999	-	655	-	1,0	100	100	0,39	240	152	90	1,1	62,3	61,5
42	83	84	94,5	29,0	7,0	1,2	0,20	+0,75	99999	-	470	-	1,0	100	100	0,54	312	303	177	2,3	95,0	70,5
43	86	90	91,0	29,5	7,0	0,6	0,20	0,00	99999	-	610	-	1,0	100	100	0,40	267	195	115	1,4	73,0	63,8
44	86	91	84,5	28,0	7,0	1,0	0,20	+0,50	99999	-	425	-	1,5	100	100	0,33	221	161	94	1,2	71,5	56,1
45	91	93	89,5	29,5	7,0	1,9	0,20	-1,00	4500	0,25	630	-	1,0	100	100	0,55	365	219	102	1,2	90,2	44,5
46	89	91	90,0	30,0	7,0	0,9	0,20	+0,50	4500	0,25	670	-	0	100	100	0,39	239	317	169	2,1	88,2	37,8
47	84	92	82,8	25,0	7,0	1,0	1,00	+2,25	99999	-	340	-	2,5	80	100	0,65	326	233	135	1,8	60,6	25,3
48	78	85	83,5	24,5	7,0	1,0	0,25	+0,50	99999	-	370	-	2,0	80	100	0,57	279	199	85	1,2	61,8	40,2
51	79	89	81,3	27,0	7,0	1,2	0,25	-0,25	99999	-	685	-	1,3	100	100	0,28	207	135	62	0,8	53,0	24,1
52	78	87	90,0	30,0	7,0	1,2	1,00	0,00	3500	1,50	655	-	3,0	100	100	0,35	252	180	73	1,0	59,0	23,5
53	84	90	73,8	25,0	7,0	1,2	0,25	+1,00	99999	-	325	-	1,0	100	100	0,28	184	122	57	0,7	59,8	36,1
54	81	88	78,3	23,0	7,0	1,2	0,25	-1,00	99999	-	715	-	1,0	100	100	0,29	182	133	63	0,9	64,4	29,4
55	63	64	27,0	7,0	6,0	0,5	0,50	-1,50	850	10,00	180	-	-	50	70	0,08	48	37	18	0,3	63,6	32,2
56	61	67	25,5	5,5	6,0	0,7	0,50	+0,75	850	2,00	210	-	-	50	70	0,09	50	37	19	0,3	54,1	37,0
57	64	66	37,0	15,5	6,0	0,5	0,50	+0,50	99999	-	285	-	-	50	100	0,11	64	50	23	0,4	66,7	45,6
58	63	67	31,5	10,5	6,0	0,5	0,50	-0,50	99999	-	315	-	-	50	100	0,10	67	50	27	0,5	61,8	35,5

## II. Märat tienpinnat

N:o	V <sub>1</sub>	V <sub>1</sub> (H)	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>	X <sub>15</sub>	X <sub>16</sub>	X <sub>17</sub>	X <sub>18</sub>	X <sub>19</sub>	X <sub>20</sub>	X <sub>21</sub>
59	83	89	81,5	23,5	7,0	1,0	0,25	+0,75	99999	-	520	-	1,5	80	100	0,56	292	227	115	1,5	75,4	81,3
60	87	90	70,0	30,0	7,0	1,3	0,33	0	99999	-	750	-	1,5	80	100	0,42	287	256	119	1,4	85,8	35,6
61	81	87	87,0	30,0	7,0	1,5	0,50	0	99999	-	715	-	1,0	80	100	0,21	170	124	54	0,7	59,2	28,2
62	78	83	87,0	30,0	7,0	1,5	0,50	0	99999	-	800	-	1,0	80	100	0,26	209	153	74	1,0	66,1	30,4
63	80	87	92,0	28,5	7,0	1,4	0,25	0	99999	-	800	-	0,5	80	100	0,27	206	157	74	1,0	69,4	26,7
64	77	81	91,5	30,0	7,0	1,4	0,25	0	99999	-	760	-	0,5	80	100	0,27	206	154	73	1,0	69,2	22,0
65	78	81	81,0	24,8	7,0	1,1	1,00	-2,50	3000	2,5	520	-	2,5	100	100	0,60	328	236	136	1,9	62,5	81,8
66	83	86	81,5	24,5	7,0	1,1	1,00	-3,75	3000	2,5	555	-	2,5	100	100	0,57	369	310	181	2,4	77,8	72,7
67	83	90	94,0	30,0	7,2	1,4	0,25	-0,75	99999	-	730	-	1,0	100	100	0,52	250	280	108	1,5	75,9	38,1
68	71	75	63,3	18,0	7,1	0,5	0,25	0	99999	-	355	-	0,5	80	100	0,58	214	163	93	1,4	74,2	75,8
69	70	75	63,5	18,0	7,1	0,5	0,25	0	99999	-	340	-	0,5	80	100	0,62	205	163	70	1,0	77,6	65,9
70	80	87	73,0	24,5	7,0	1,3	0,25	+1,00	99999	-	300	-	1,0	80	100	0,58	390	298	133	1,7	70,0	67,2
71	83	89	73,0	24,5	7,0	1,3	0,25	+1,00	99999	-	300	-	1,0	80	100	0,58	390	298	133	1,7	70,0	67,2
72	81	85	71,5	23,5	7,0	1,3	0,25	-1,50	99999	-	800	-	1,0	80	100	0,58	388	298	165	2,1	73,3	67,2

TVH / Teknillistaloudellinen toimisto

# TIEVERKON LAATULUOKITTELU

## Luokitteluperusteet

### A. Luokittelupisteiden jakautuminen pääryhmittäin:

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

### B. Vähennyspisteitten jakautuminen arvostelukohteittain:

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

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

Maks. 100 (30)p.

### C. Laatuarvosteluperusteet:

