

SELVITYS ERITASOLIITTYMIEN VAIKUTUKSESTA
AJOAIKAAN JA POLTTOAINEENKULUTUKSEEN

TVH/TIENSUUNNITTELUTOIMISTO

DI OLAVI H. KOSKINEN

JOULUKUU 1984

08
TIE -



86 0185

0. JOHDANTO

Tämä selvitys on suoritettu Tie- ja vesirakennushallituksen suunniteluosaston tiensuunnittelutoimiston tilauksesta ja sen tarkoituksena on analysoida sitä, miten eritasoliittymät vaikuttavat tieliikenteen ajokustannuksiin. Vaikutusta ajokustannuksiin tutkitaan toisaalta polttoaineenkulutuksen ja toisaalta ajoajan muutoksen avulla. Polttoaineenkulutuksen avulla voidaan selittää paitsi itse polttoainekustannuksia myös muita muuttuvia ajoneuvokustannuksia ja ajoajan perusteella voidaan määrittää aikakustannukset. Eritasoliittymien vaikutuksen osalta mittauksia on toistaiseksi tehty vasta henkilöautolla, joten tämänkin selvityksen tulokset koskevat vain henkilöautoja.

Selvitys on suoritettu siten, että on valittu joukko eritasoliittymiä, joissa on Tie- ja vesirakennushallituksen talousosaston tutkimustoimiston käytössä olevalla TALBOT 1510-ajoanalyysointiautolla ajettu kaikki mahdolliset ajoreitit. Satunnaistekijöiden eliminoimiseksi näitä kokeita on toistettu useaan kertaan. Liittymät on valittu siten, että ne edustavat useaa eri tyyppiä. Vertailuarvojen saamiseksi on tarkasteluun otettu myös tasoliittymiä.

Ajoanalyysointori tallettaa tiedot matkasta, ajasta, kumulatiivisesta polttoainemäärästä sekä hetkellisestä nopeudesta halutuin aikaväleihin. Tässä selvityksessä aikaväliksi on valittu 2 sekuntia. Lisäksi tiedostoon voidaan syöttää manuaalisesti koodeja tarvittaessa.

Jokaisesta reittiajosta on laskettu mittaustulosten perusteella eräille keskeisille suureille arvot. Lisäksi on määritetty myös liittymien eri ajoreittien vertikaalista geometriaa mittaaville suureille arvot. Näistä suureiden arvoista on muodostettu tiedostot (selittävät ja selitettävät muuttujat), joita on analysoitu monimuuttujaregressioanalyysillä. Harkinnan perusteella on valittu alustavasti tietyt selittäjät mukaan, ja parhaimmat mallit on valittu lopulliseen tarkasteluun.

Malleja kehitettäessä on liittymäajoja tarkasteltu kahdella tavalla; 1) on tarkasteltu eri ajovaiheita liittymässä ja 2) on tarkasteltu läpi liittymän tapahtuvaa ajoa kokonaisuudessaan. Eri ajovaiheet ovat lähestyminen (hidastusvaihe), poistuminen liittymästä (kiihdytysvaihe) sekä lisäksi eritasoliittymässä ramppialajo.

Lopputuloksena on saatu matemaattiset mallit, joiden avulla voidaan määrittää liittymän vaikutukset henkilöautolla tapahtuvan ajon ajoaikaan ja polttoaineenkulutukseen. Näitä malleja soveltamalla on kehitetty myös tietokoneohjelma, jonka avulla vastaavat vaikutukset voidaan suoraan määrittää syöttämällä tarvittavat lähtötiedot. Tämän lisäksi kokonaistaloudellista hyötyä määritettäessä on lähtötietoina tunnettava liittymän fyysiset ominaisuudet ja liikennevirrat sekä eri ajokustannuskomponenttien yksikköarvot.

Selvitystyötä on Tie- ja vesirakennushallituksessa valvonut toimistoinsinööri Jukka Ristikartano, ja aineiston analysoinnin ja tulosten raportoinnin on suorittanut DI Olavi H. Koskinen.

1. HAVAINNOT JA TARKASTELEVAT MUUTTUJAT

Havainnot

Mittaukset ajoanalysointiautolla suoritettiin seuraavissa liittymisissä:

| Liittymän nimi | Liittyvät tiet | Ominaisuudet |
|----------------|----------------|-----------------------------|
| HARMAALINNA | 2, 2551 | 2-ramppinen eritasoliittymä |
| HAVASLAHTI | 9, 3041 | 3-ramppinen eritasoliittymä |
| INKOO | 51, 112 | 1-ramppinen eritasoliittymä |
| KANGAS | 2, 9 | 1-ramppinen eritasoliittymä |
| LINDKULLA | 148, 152 | 2-ramppinen eritasoliittymä |
| NUMMELANHARJU | 2, 53 | 1-ramppinen eritasoliittymä |
| PISPANTALLI | 3, 304 | 2-ramppinen eritasoliittymä |
| VANTAANKOSKI | 3, 50 | 4-ramp. valo-ohj. eritasol. |
| HARJAVALTA | 2, 219, 246 | tasoliittymä |
| NOORMARKKU | 23, 256, 2701 | tasoliittymä |

Edellä mainituista liittymistä jätettiin HARMAALINNA ja VANTAANKOSKI pois siinä vaiheessa, kun kerättiin tiedostot matemaattisten mallien muodostamista varten. Analysointia varten jäivät täten tiedot 6:n eritasoliittymän ja 2:n tasoliittymän ajoista.

Kun kaikki em. liittymät ovat 4-haaraisia, syntyy jokaisesta liittymästä 12 erilaista ajoreittiä. Jokainen reitti ajettiin 5 kertaa satunnaistekijöiden eliminoimiseksi. Tällöin saatiin periaatteessa havaintoja jokaisesta liittymästä 60 kpl eli yhteensä 8:sta liittymästä 480 kpl. Kaikki ajot eivät kuitenkaan täysin onnistuneet puutteellisen paikkakoodauksen vuoksi, minkä johdosta havaintojen lukumäärä eri tiedostoissa jäi jonkin verran alle teoreettisen arvon.

Liittymien eri ajovaiheille sekä yhtenäiselle liittymien läpiajolle muodostettiin tietojenkäsittelyn helpottamiseksi erilliset tiedostot. Muodostetut tiedostot ja niiden sisällöt ovat seuraavat:

Tiedosto ETAS01

Tiedosto sisältää mitatuille ja lasketuille muuttuja- ja funktiosuurille määritetyt arvot 6 eritasoliittymän lähestymisvaiheesta. Tämä vaihe alkaa siitä, kun liittymä alkaa vaikuttaa ajoon (yleensä joudutaan hiljentämään nopeutta) ja päättyy rampin alkukohtaan. Havaintojen lukumäärä on 392 kpl.

Tiedosto ETAS02

Tiedosto sisältää mitatuille ja lasketuille muuttuja- ja funktiosuurille määritetyt arvot 6 eritasoliittymän ramppiajovaiheesta. Tämä vaihe sisältää rampeilla tapahtuvan ajon tai ramppien liittymäpisteiden välin niissä tapauksissa, missä itse rampeja ei käytetä, jos ajo tapahtuu suoraan pitkin jompaakumpaa risteävää tietä. Havaintojen lukumäärä on 235 kpl.

Tiedosto ETAS03

Tiedosto sisältää mitatuille ja lasketuille muuttuja- ja funktiosuurille määritetyt arvot 6 eritasoliittymän poistumis- eli kiihdytysvaiheesta. Tämä vaihe alkaa rampin päättymiskohdasta ja päättyy silloin, kun on saavutettu sellainen tasainen nopeus, joka olisi ylläpidetty koko ajan, jos ko. liittymää ei olisi ollut lainkaan. Havaintojen lukumäärä on 407 kpl.

Tiedosto ETAS04

Tiedosto sisältää mitatuille ja lasketuille muuttuja- ja funktiosuurille määritetyt arvot 6 eritasoliittymän ja 2 tasoliittymän läpiajosta kokonaisuudessaan. Ajot alkavat siitä, kun edessä oleva liittymä alkaa vaikuttaa ajotapaan (samasta paikasta, mistä lähestymis-

vaihe alkaa) ja päättyy siihen, missä on saavutettu sellainen tasainen nopeus, joka olisi ylläpidetty koko ajan, jos ko. liittymää ei olisi ollut lainkaan (samaa paikkaan, mihin poistumisvaihe päättyy). Havainnot ovat järjestyksessä eritasoliittymät 360 kpl ja tasoliittymät 120 kpl, yhteensä 480 kpl.

Tiedosto TTAS01

Tiedosto sisältää mitatuille ja lasketuille muuttuja- ja funktiosuurille määritetyt arvot 2 tasoliittymän lähestymisvaiheesta. Tämä vaihe alkaa siitä, kun liittymä alkaa vaikuttaa ajoon (yleensä joudutaan hiljentämään nopeutta) ja päättyy itse liittymäpisteeseen. Havaintojen lukumäärä on 119 kpl.

Tiedosto TTAS02

Tiedosto sisältää mitatuille ja lasketuille muuttuja- ja funktiosuurille määritetyt arvot 2 tasoliittymän poistumis- eli kiihdytysvaiheesta. Tämä vaihe alkaa itse liittymäpisteestä ja päättyy silloin, kun on saavutettu sellainen tasainen nopeus, joka olisi ylläpidetty koko ajan, jos ko. liittymää ei olisi ollut lainkaan. Havaintojen lukumäärä on 119 kpl.

Tarkasteltavat muuttujat

Ajoanalysoija rekisteröi halutuun aikaväleihin (2 sekuntia) tiedot matkasta, ajasta, kumulatiivisesta polttoainemäärästä sekä hetkellisestä nopeudesta. Näistä tiedoista on laskettu kullekin reittiajolle lisättyinä liittymien vertikaaligeometria seuraavien suureiden arvot:

Funktiosuureet (selitettävät muuttujat)

No. Suure ja yksikkö

1. polttoaineen matkakulutus [l/100 km]
2. polttoaineen matkakulutus liikkeessä [l/100 km]
3. polttoaineen aikakulutus [l/h]
4. kumulatiivinen polttoainemäärä [m]

Muuttujasuureet (selittävät muuttujat)

No. Suure ja yksikkö

1. matka [m]
2. aika [s]
3. keskinopeus [km/h]
4. keskinopeus liikkeessä [km/h]
5. ajon nopeushajonta [km/h]
6. ajon miniminopeus [km/h]
7. ajon maksiminopeus [km/h]
8. ajon alkunopeus [km/h]
9. nopeuden kokonaisero [km/h] (ajon loppu- ja alkunopeuden ero)
10. ajon pysähdysten lukumäärä [kpl]
11. ajon pysähdysten kesto-aika [s]
12. ajoaika alle raja-arvonopeuden 20 km/h [s]
13. ajoreitin absoluuttinen noususumma [m]
14. ajoreitin absoluuttinen laskusumma [m]

Jokainen em. tiedosto sisältää ylläolevat muuttujat mainitussa järjestyksessä. Jokainen reittiajo vastaa kussakin tiedostossa yhtä havaintoa.

2. AJOVAIHEANALYYSIT

Ajovaiheanalyysillä on tarkoitus selvittää, miten liittymän eri ajovaiheissa polttoaineenkulutus ja keskinopeus riippuvat eri tekijöistä. Ajovaiheita ovat liittymän lähestyminen, liittymästä poistuminen sekä lisäksi eritasoliittymissä ramppiajo. Havaintomateriaalin avulla pystyttiin parhaiten selittämään absoluuttista polttoainemäärää sekä vastaavasti ajoaikaa. Muuttujista näitä parhaiten selittivät tie vertikaalista geometriaa, nopeuksia, nopeuden vaihteluita sekä pysähdyksiä tai melkein pysähdyksiä kuvaavat suureet.

Tien vertikaalisella geometrialla osoittautui olevan vaikutusta vain polttoaineenkulutukseen, mutta ei sensijaan ajoaikaan. Vertikaalisen geometrian vaikutusta selitettiin kahdella suureparilla 1) absoluuttisella nousu- ja laskusummalla sekä 2) nousu- ja laskuluvulla, mikä tarkoittaa sitä, että nousu- ja laskusumma on jaettu vastaavalla tieosan pituudella. Lähestymis- ja poistumisvaiheissa absoluuttiset nousu- ja laskusummat selittivät parhaiten, sen sijaan ramppiajovaiheissa nousu- ja laskuluvut osoittautuivat parhaimmiksi. Tasoliittymätapauksissa vain toinen (noususumma tai laskusumma vuorollaan ajosuunnasta riippuen) pystyi selittämään polttoaineenkulutusta. Tämä johtuu siitä, että ko. muuttujasuureen lähtöarvojen vaihteluväli sattuu tässä aineistossa niin pieneksi, ettei sillä saada tilastollisesti luotettavaa selitystä.

Nopeutta kuvaavista muuttujasuureista tutkittiin keskinopeuden sekä alku- ja loppunopeuden erilaisten yhdistelmien vaikutusta. Nopeuden vaihtelua taas kuvaavat nopeushajonta ja nopeusero (loppu- ja alkuopeuden erotus), joiden muuttujien vaikutusta myös tutkittiin. Nopeuden hajonnalla tarkoitetaan tässä yhteydessä tietyn ajon kahden sekunnin aikavälein havaittujen hetkellisten nopeuksien hajontaa. Määrätyt suureet riippuvat myös toisistaan, ja silloin niiden samanlainen käyttäminen mallissa ei ole mielekäästä. Jopa regressiokertoimien etumerkitkin saattavat tällöin muuttua epäloogiseksi.

Yleensä vain yhden nopeutta kuvaavan suureen käyttö mallissa onnistuu, muuten multikolinearisuus aiheuttaa epäloogiset mallit. Nopeushajonta ja nopeusero eivät myöskään yleensä sellaisinaan ja toisistaan riippumattomina sovi samaan malliin, sillä nopeushajonta riippuu selvästi nopeuserosta ja erityisesti sen itseisarvosta.

Pysähdyksillä ei osoittautunut olevan vaikutusta polttoaineenkulutukseen, mutta kylläkin ajoaikaan. Varsinaisia pysähdyksiä kuvattiin kahdella suureella, pysähdysten lukumäärällä ja pysähdysten kestoajalla, mutta lisäksi valittiin suure, joka kuvaa melkein pysähdystä. Tällainen suure on aika, jolloin nopeus on alle 20 km/h. Pysähdystä tai melkein pysähdystä kuvaavista suureista viimeksi mainittu selitti parhaiten ajoaikaa.

Matemaattisia malleja määritettäessä kokeiltiin ensin lineaarisia riippuvuuksia, mutta tarpeen vaatiessa yritettiin myös malleja parantaa kokeilemalla epälineaarisia riippuvuuksia. Epälineaarisina malleina tulivat useimmiten kysymykseen toisen asteen polynomit (parabelit). Mallit määritettiin myös kahdella tavalla siten, että 1) funktio määräytyi vapaasti havaintoaineiston perusteella ja 2) funktio pakotettiin kulkemaan origon kautta (vakio=0).

Ajovaiheanalyysien tarkoituksena oli tutkia erityisesti regressiokertoimien herkkyyttä. Tarkastelemalla tietyn ajovaiheen tiettyä muuttujaa varioimalla muita muuttujia saatiin selville juuri ko. muuttujan regressiokertoimen herkkyyys muiden tekijöiden suhteen, mistä voitiin päätellä myös ko. tekijän selittävyys luotettavuutta. Toisaalta pitämällä muuttujayhdistelmä vakiona voitiin tarkastella näiden muuttujien regressiokertoimien vaihtelua eri ajovaiheissa. Tällä tarkastelulla on erityistä merkitystä, kun pyritään määrittämään ns. yhdistetty malli, joka kuvaa ajoa läpi koko liittymän.

Parhaimmat lineaariset mallit ovat seuraavat:

ERITASOLIITTYMÄT:

Lähestymisvaihe

$$Y4 = -2.015 + 0.806 \cdot X13 - 0.488 \cdot X14 + 0.0618 \cdot X1 + 0.0138 \cdot X3 + 0.152 \cdot X9$$

$$R = 0.9656 \quad S = 3.54$$

$$X2 = 17.39 + 4.43E-2 \cdot X1 - 0.214 \cdot X8 - 0.059 \cdot X9 + 1.13 \cdot X12$$

$$R = 0.9901 \quad S = 1.12$$

Ramppiajovaihe

$$Y4 = 11.41 + 0.385 \cdot X13 / X1 - 0.0721 \cdot X14 / X1 + 7.90E-2 \cdot X1 - 0.229 \cdot X8 + 0.148 \cdot X9$$

$$R = 0.8376 \quad S = 3.94$$

$$X2 = 8.67 + 0.0656 \cdot X1 - 0.137 \cdot X8 - 0.080 \cdot X9 + 0.986 \cdot X12$$

$$R = 0.9183 \quad S = 1.41$$

Poistumisvaihe

$$Y4 = -15.2 + 1.34 \cdot X13 - 1.31 \cdot X14 + 0.0713 \cdot X1 + 0.172 \cdot X8 - 0.715 \cdot X9$$

$$R = 0.9772 \quad S = 4.71$$

$$X2 = 16.66 + 4.67E-2 \cdot X1 - 0.216 \cdot X8 - 0.134 \cdot X9 + 0.579 \cdot X12$$

$$R = 0.9815 \quad S = 1.53$$

TASOLIITTYMÄT:

Lähestymisvaihe

$$Y4 = 12.02 - 1.05 \cdot X14 + 0.0723 \cdot X1 - 0.268 \cdot X3 - 0.153 \cdot X9 + 0.254 \cdot X12$$

$$R = 0.9440 \quad S = 3.36$$

$$X2 = 23.81 + 0.0707 \cdot X1 - 0.47 \cdot X8 - 0.0800 \cdot X9 - 0.936 \cdot X12$$

$$R = 0.9849 \quad S = 2.32$$

Poistumisvaihe

$$Y4 = -16.33 + 1.39 \cdot X13 + 0.066 \cdot X1 + 0.197 \cdot X8 + 0.696 \cdot X9$$

$$R = 0.9742 \quad S = 5.68$$

$$X2 = 24.78 + 6.06E-2 \cdot X1 - 0.413 \cdot X8 - 0.326 \cdot X9 + 3.59 \cdot X11$$

$$R = 0.9455 \quad S = 2.47$$

missä:

Y4 = kumulatiivinen polttoainemäärä [ml]

X1 = matka [m]

X2 = aika [s]

X3 = keskinopeus [km/h]

X8 = ajon alkunopeus [km/h]

X9 = nopeuden kokonaisero [km/h] (ajon loppu- ja alkunopeuden ero)

X11 = ajon pysähdysten kesto aika [s]

X12 = ajo aika alle raja-arvonopeuden 20 km/h [s]

X13 = ajoreitin absoluuttinen noususumma [m]

X14 = ajoreitin absoluuttinen laskusumma [m]

R = kokonaiskorrelaatiokerroin

S = jäännöshajonta

Sovellettaessa malleja käytäntöön on muistettava, että selittäviksi muuttujiksi on valittava sellaiset suureet, joiden arvot ovat ennalta mitattavissa. Esimerkiksi keskinopeus (X3) ei ole sellainen. Nopeushajonta (X5) ei myöskään suoraan ole sellainen, mutta käytännössä sille voidaan määrittää funktio, missä se riippuu eräistä muista mitattavissa olevista suureista.

Kun otetaan huomioon em. vaatimukset ja toisaalta pyritään sellaisiin muuttujiin, jotka mahdollisimman hyvin kiinteänä lineaarisena yhdistelmänä selittävät kaikkia ajovaihteita, saadaan muuttujien kertoimille seuraavat arvot:

P O L T T O R I N E M Ä Ä R Ä [m1]

| Eritasoliittymät Ajovaihe/muuttujat | Vakio | X1 | X13 | X14 | X8 | X9 | R/S |
|--|--------|-------|-------|--------|---------|------|-----------|
| lähestyminen | -0.874 | .0624 | .787 | -.490 | -.00289 | .154 | .966/3.54 |
| | 0 | .0624 | .783 | -.493 | -.0132 | .153 | .992/3.54 |
| ramppiajo | 14.0 | .0693 | 1.222 | -.319 | -.230 | .151 | .832/4.00 |
| | 0 | .114 | 1.336 | -.154 | -.148 | .196 | .984/4.36 |
| poistuminen | -15.2 | .0713 | 1.341 | -1.309 | .172 | .714 | .977/4.71 |
| | 0 | .0713 | 1.277 | -1.404 | -.00860 | .544 | .995/5.34 |

| Tasoliittymät Ajovaihe/muuttujat | Vakio | X1 | X13 | X14 | X8 | X9 | R/S |
|-------------------------------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-----------|
| lähestyminen | 11.1 | .0882 | * | -1.166 | -.385 | .0121 | .883/4.66 |
| | 0 | .0994 | * | -1.166 | -.325 | .00904 | .983/5.41 |
| poistuminen | -16.3 | -.0660 | 1.389 | * | .197 | .696 | .974/5.68 |
| | 0 | .0508 | 1.366 | * | .0732 | .609 | .994/6.94 |

A J O A I K A [s]

| Eritasoliittymät Ajovaihe/muuttujat | Vakio | X1 | X8 | X9 | X12 | R/S |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| lähestyminen | 17.4 | .0443 | -.214 | -.059 | 1.130 | .990/1.12 |
| ramppiajo | 8.7 | .0656 | -.137 | -.048 | .986 | .918/1.41 |
| poistuminen | 16.7 | .0467 | -.216 | -.134 | .579 | .982/1.53 |

| Tasoliittymät Ajovaihe/muuttujat | Vakio | X1 | X8 | X9 | X12 | R/S |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|--------|------|-----------|
| lähestyminen | 23.8 | .0707 | -.470 | -.0800 | .936 | .985/2.32 |
| poistuminen | 23.3 | .0613 | -.389 | -.341 | .782 | .941/2.56 |

missä merkinnät ovat samat kuin edellä.

Yllä mainittuja malleja on käytetty edelleen jatkotyöskentelyssä apuna kehitettäessä koko liittymän läpiajoa kuvaavaa mallia.

3. LIITTYMÄAJONALYYSIT

Soveltamalla edellisessä luvussa määritettyä mallin muotoa voidaan vastaavat riippuvuudet määrittää myös koko liittymän läpi tapahtuvalle ajolle. Nämä määrittäykset voidaan tehdä kahdella tavalla 1) käytetään tiedoston ETAS04 tietoja ja määritetään mallit normaalilla tavalla regressioanalyysillä sekä 2) lasketaan regressiokertoimien painotetut keskiarvot eri ajovaiheiden mallien kertoimista painottamalla niitä vastaavien ajovaiheanalyysien havaintojen lukumäärillä. Polttoainemäärälle on lisäksi määritetty kaksi mallia; toinen on vapaasti määrättyvä ja toinen on ns. origon kautta kulkemaan pakotettu malli. Tällöin saadaan polttoainemäärälle ja ajoajalle seuraavat mallit:

| Muuttuja | P O L T T O A I N E M Ä Ä R Ä [ml] | | | | | | R/S |
|-------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|--------|------|-----------|
| | Vakio | X1 | X13 | X14 | X8 | X9 | |
| Määrittystapa | | | | | | | |
| tiedosto:ETAS04 | -11.0 | .0781 | 1.472 | -.230 | .123 | .626 | .868/14.6 |
| tiedosto:ETAS04 | 0 | .0759 | 1.498 | -.183 | .0125 | .573 | .988/14.7 |
| painotettu k-arvo | -3.1 | .0692 | 1.133 | -.813 | .0798 | .371 | |
| painotettu k-arvo | 0 | .0771 | 1.130 | -.814 | -.0573 | .316 | |

| Muuttuja | A J O A I K A [s] | | | | | R/S |
|-------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | Vakio | X1 | X8 | X9 | X12 | |
| Määrittystapa | | | | | | |
| tiedosto:ETAS04 | 37.5 | .0576 | -.504 | -.256 | 1.108 | .917/6.95 |
| painotettu k-arvo | 16.7 | .0531 | -.241 | -.109 | .876 | |

missä merkinnät ovat samat kuin edellä.

Edellä olevat mallit eivät kuitenkaan ole vielä lopullisia, vaan niitä voidaan kehittää edelleen. Näitä malleja voidaan kuitenkin hyödyntää siten, että vertikaalisen geometrian (muuttujat X13 ja X14) vaikutuksen eliminoimiseksi valitaan regressiokertoimet 1.13 muuttujalle X13 ja -.81 muuttujalle X14. Jatkokehittelyssä polttoainemäärästä vähennetään geometrian vaikutus näiden kertoimien ja vastaavien muuttujien arvojen avulla, ja jäännöstä selitetään sitten eri muuttujilla. Tällaiset mallit kuvaavat silloin polttoaineenkulutusta tasaisessa maastossa, jolloin ei esiinny vertikaalisen geometrian vaihteluita. Käytännön sovellutustilanteissa, missä vertikaalinen geometria luonnollisesti myös vaihtelee, on tästä johtuva polttoaineen lisäkulutus määritettävä erikseen vertikaaligeometriaa kuvaavien suureiden arvojen ja vastaavien em. regressiokertoimien avulla.

Idealisessa tilanteessa, jolloin vertikaalisen geometrian vaikutus on eliminoitu ja mukaan tarkasteluun on otettu vain ajot, joissa nopeuden hajonta (muuttuja X5) on enintään 2 km/h, saadaan polttoaineen aikakulutukselle seuraava yhtälö (kuva no. 1):

$$B_{ti} = 4.70 - .09838 \cdot V + .001236 \cdot V^2$$

$$R = .976 \text{ ja } S = .278$$

missä: B_{ti} = polttoaineen aikakulutus
 idealisessa tilanteessa [l/h]
 V = nopeus [km/h]

Kun polttoaineenkulutussmallia kehitetään yleistapausta varten, on otettava mukaan myös muita muuttujia. Eo. ideaalisen tilanteen malli soveltuu käyttöön silloin, kun paitsi että maasto on tasainen myös ajo tapahtuu tasaisella nopeudella. Nopeuden vaihtelut aiheuttavat polttoaineen lisäkulutusta, jota pyritään selittämään nopeuden vaihtelua kuvaavilla muuttujilla. Tällaisia muuttujia ovat nopeuden hajonta (muuttuja X5) sekä nopeusero (muuttuja X9), joka on ajon loppunopeuden ja alkunopeuden erotus. Tällöin varsinaista nopeutta kuvaava muuttuja voidaan korvata ajon alkunopeuden ja loppunopeuden keskiarvolla $(X8 + X9/2)$.

Kun havaitusta polttoaineenkulutuksesta eliminoidaan ensiksi tien vertikaalisen geometrian vaikutus ja toiseksi ideaalisten olosuhteiden mukainen polttoaineenkulutus, saadaan lisäpolttoaineenkulutus, jota pyritään selittämään nopeuserolla ja nopeuden hajonnalla. Graafisessa esityksessä on mahdollista kuvata vain yksi muuttuja kerrallaan, ja käyttämällä muuttujana nopeuseroa saadaan riippuvuus selvästi paremmin esille kuin käytettäessä muuttujana nopeuden hajontaa. Tämä riippuvuus on esitetty graafisesti kuvissa 2 ja 3. Havaintopisteiden hajonta piirretyn mallin ympärillä selittyy toisen muuttujan nopeuden hajonnan avulla. Toisaalta nopeuden hajonnalla ja nopeuserolla on myös keskinäistä riippuvuutta.

Kun edellä mainitut tekijät otetaan huomioon, voidaan polttoaineen aikakulutusmalli kehittää seuraavaan muotoon:

$$B_t = 4.76 + 0.002645 \cdot S_v + 0.031916 \cdot (V_1 - V_0) + 0.00027833 \cdot (V_1 - V_0)^2 - 0.04919 \cdot (V_0 + V_1) + 0.000309 \cdot (V_0 + V_1)^2$$

$$\text{jolloin } R = .790 \text{ ja } S = .527$$

missä: B_t = polttoaineen aikakulutus [l/h]

S_v = ajon nopeushajonta [km/h]

V_0 = ajon alkunopeus [km/h]

V_1 = ajon loppunopeus [km/h]

Sovellustilanteissa nopeuden hajonnan arvon määrittäminen on vaikeaa, sillä se ei ole mikään lähtötietona mitattavissa oleva suure. Toisaalta tämä seikka ei ole kuitenkaan mikään ongelma, sillä nopeuden hajontaa voidaan kuvata funktiolla, missä muuttujina ovat lähtötietoina mitattavat suureet. Tällaisia suureita ovat nopeuseron itseisarvo sekä ns. maksimi nopeuspoikkeama, joka tarkoittaa ajon alku- ja loppunopeuden keskiarvon sekä miniminopeuden erotusta $(X_8 + X_9 / 2 - X_6)$. Graafinen esitys tästä riippuvuudesta on esitetty kuvassa 4.

Nopeuden hajonnalle saadaan tällöin seuraava yhtälö:

$$S_v = .2203 \cdot |V_1 - V_0| + .3323 \cdot ((V_0 + V_1) / 2 - V_{\min}) - .0018558 \cdot |V_1 - V_0| \cdot ((V_0 + V_1) / 2 - V_{\min})$$

$$\text{jolloin } R = .996 \text{ ja } S = 1.74$$

missä: S_v = ajon nopeushajonta [km/h]

V_0 = ajon alkunopeus [km/h]

V_1 = ajon loppunopeus [km/h]

V_{\min} = ajon miniminopeus [km/h]

Toisena tavoitteena on määrittää liittymästä aiheutuva vaikutus ajoaikaan. Ajoaikaa kuvaava funktio on kehitetty seuraavaan muotoon:

$$T = 2 \cdot X / V_0 + 1.6 \cdot X / V_1 + .94 \cdot S_v - .313 \cdot |V_1 - V_0| + .384 \cdot T_{20}$$

$$\text{jolloin } R = .958 \text{ ja } S = 4.58$$

missä: T = ajoaika [s]

X = ajomatka [m]

V_0 = ajon alkunopeus [km/h]

V_1 = ajon loppunopeus [km/h]

S_v = ajon nopeushajonta [km/h]

T_{20} = aika [s], jonka nopeus on alle 20 km/h

Nopeuden hajontaa sekä aika, jonka nopeus on alle 20 km/h, ovat suureita, jotka eivät ole lähtötietoina mitattavissa. Nopeuden hajonnalle on kuitenkin kehitetty funktio, jossa muuttujina ovat sellaiset suureet, jotka voidaan lähtötietoina mitata (ks. edellä). Samanlainen funktio voidaan kehittää myös ajalle, jolloin nopeus on alle 20 km/h. Tämä riippuvuus on esitetty graafisesti kuvassa 5. Kun tämä funktio esitetään kertoimiltaan pyöristetyssä muodossaan, saadaan:

$$T_{20} = 10 - .5 \cdot V_{\min}, \text{ kun } V_{\min} \leq 20$$

$$T_{20} = 0, \text{ kun } V_{\min} > 20$$

missä: T_{20} = aika [s], jonka nopeus on alle 20 km/h

V_{\min} = ajon miniminopeus [km/h]

4. LOPPUTULOKSET

Edellä olevien funktioiden avulla voidaan hallita liittymän kautta tapahtuva ajo. Lähtötietoina tarvitaan ajon alku- ja loppunopeus sekä miniminopeus ajon aikana. Ajomatka on myös annettava lähtötietona.

Liittymäajon analysoimiseksi on em. funktioiden pohjalta kehitetty tietokoneohjelma (liite A), joka em. lähtötietojen funktiona tulostaa nopeuden hajonnan, ajoajan, kulutetun polttoainemäärän, polttoaineen keskimääräisen aika- ja matkakulutuksen ja keksinopeuden sekä vastaavien suureiden arvot sellaisessa tapauksessa, jolloin liittymää ei olisi lainkaan reitillä sekä lopuksi tähän tilanteeseen nähden liittymän aiheuttaman lisääajan ja lisäpolttoainemäärän. Tällä ohjelmalla voidaan määrittää yhtä hyvin niin tasoliittymän kuin eritasoliittymänkin vaikutus. Eritasoliittymätapauksessa on kuitenkin otettava huomioon ramppien johdosta pidentynyt ajomatka sekä eritasoliittymästä aiheutuva risteävien ajoratojen korkeusero. Viimeksimainittu tekijä on otettava vertikaalisen geometrian vaikutusta kuvaavan funktion avulla lisäksi huomioon.

Taulukossa 1 on esitetty tulostus eräistä esimerkkitapauksista. Näissä sekä alkunopeus että loppunopeus ovat vaihdelleet välillä 50 - 100 km/h 10 km/h portain. Miniminopeus vastaavasti soveltuvin osin on vaihdellut välillä 0 - 100 km/h 10 km/h portain.

Kuvissa 6, 7 ja 8 on esitetty liittymän aiheuttama lisäaika eri alkunopeuksilla ja miniminopeuksilla, kun loppunopeudet ovat vastaavasti 20 km/h pienemmät, yhtä suuret sekä 20 km/h suuremmat kuin alkunopeudet. Kuvissa 9, 10 ja 11 on esitetty edellistä vastaavissa tilanteissa liittymästä aiheutunut kulunut lisäpolttoainemäärä.

Liitteessä A on listattu ohjelma, jonka avulla liittymän vaikutus henkilöauton ajoaikaan ja polttoaineenkulutukseen voidaan määrittää.

Työvaiheen aikana syntynyt muu aineisto, joka käsittää havaintoaineiston kuvauksen sekä graafisesti että taulukkomuodossa tarkasteltuina sekä regressiomallien tietokoneajotulokset, on kerätty kahteen kansioon, jotka ovat tämän raportin liitteinä.

TAULUKKO 1.
LIITTYMÄÄ JOANALYYSI

Sivu 1

MATKA = 500 + 500 = 1000 m

| V0 | V1 | Vm | Sv | T | B | Bt | Bx | V | Ti | Bi | Bti | Bxi | E | R | O | T |
|------|------|------|----|----|-----|------|----------|------|----|----|------|----------|----|----|---|---|
| km/h | km/h | km/h | | s | ml | l/h | l/100 km | km/h | s | ml | l/h | l/100 km | s | ml | | |
| 50 | 50 | 0 | 17 | 91 | 76 | 2.97 | 7.56 | 39.4 | 72 | 59 | 2.93 | 5.86 | 19 | 17 | | |
| 50 | 50 | 10 | 13 | 86 | 71 | 2.97 | 7.12 | 41.7 | 72 | 59 | 2.93 | 5.86 | 14 | 13 | | |
| 50 | 50 | 20 | 10 | 81 | 67 | 2.96 | 6.68 | 44.2 | 72 | 59 | 2.93 | 5.86 | 9 | 8 | | |
| 50 | 50 | 30 | 7 | 78 | 64 | 2.95 | 6.41 | 46.0 | 72 | 59 | 2.93 | 5.86 | 6 | 5 | | |
| 50 | 50 | 40 | 3 | 75 | 61 | 2.94 | 6.13 | 47.9 | 72 | 59 | 2.93 | 5.86 | 3 | 3 | | |
| 50 | 50 | 50 | 0 | 72 | 59 | 2.93 | 5.86 | 50.0 | 72 | 59 | 2.93 | 5.86 | 0 | 0 | | |
| 50 | 60 | 0 | 19 | 86 | 83 | 3.49 | 8.30 | 42.0 | 66 | 57 | 3.11 | 5.70 | 20 | 26 | | |
| 50 | 60 | 10 | 16 | 81 | 78 | 3.48 | 7.81 | 44.6 | 66 | 57 | 3.11 | 5.70 | 15 | 21 | | |
| 50 | 60 | 20 | 13 | 76 | 73 | 3.47 | 7.32 | 47.4 | 66 | 57 | 3.11 | 5.70 | 10 | 16 | | |
| 50 | 60 | 30 | 10 | 73 | 70 | 3.46 | 7.02 | 49.3 | 66 | 57 | 3.11 | 5.70 | 7 | 13 | | |
| 50 | 60 | 40 | 7 | 70 | 67 | 3.45 | 6.72 | 51.4 | 66 | 57 | 3.11 | 5.70 | 4 | 10 | | |
| 50 | 60 | 50 | 4 | 67 | 64 | 3.44 | 6.42 | 53.7 | 66 | 57 | 3.11 | 5.70 | 1 | 7 | | |
| 50 | 70 | 0 | 22 | 81 | 93 | 4.11 | 9.28 | 44.3 | 62 | 58 | 3.37 | 5.77 | 20 | 35 | | |
| 50 | 70 | 10 | 19 | 77 | 87 | 4.11 | 8.73 | 47.0 | 62 | 58 | 3.37 | 5.77 | 15 | 30 | | |
| 50 | 70 | 20 | 16 | 72 | 82 | 4.10 | 8.18 | 50.1 | 62 | 58 | 3.37 | 5.77 | 10 | 24 | | |
| 50 | 70 | 30 | 13 | 69 | 78 | 4.09 | 7.85 | 52.1 | 62 | 58 | 3.37 | 5.77 | 7 | 21 | | |
| 50 | 70 | 40 | 10 | 66 | 75 | 4.08 | 7.52 | 54.3 | 62 | 58 | 3.37 | 5.77 | 5 | 17 | | |
| 50 | 70 | 50 | 7 | 64 | 72 | 4.08 | 7.19 | 56.7 | 62 | 58 | 3.37 | 5.77 | 2 | 14 | | |
| 50 | 80 | 0 | 25 | 78 | 105 | 4.86 | 10.47 | 46.4 | 59 | 60 | 3.68 | 5.98 | 19 | 45 | | |
| 50 | 80 | 10 | 22 | 73 | 98 | 4.85 | 9.85 | 49.3 | 59 | 60 | 3.68 | 5.98 | 15 | 39 | | |
| 50 | 80 | 20 | 19 | 69 | 92 | 4.85 | 9.22 | 52.5 | 59 | 60 | 3.68 | 5.98 | 10 | 32 | | |
| 50 | 80 | 30 | 16 | 66 | 89 | 4.84 | 8.86 | 54.6 | 59 | 60 | 3.68 | 5.98 | 7 | 29 | | |
| 50 | 80 | 40 | 14 | 63 | 85 | 4.83 | 8.50 | 56.9 | 59 | 60 | 3.68 | 5.98 | 5 | 25 | | |
| 50 | 80 | 50 | 11 | 61 | 81 | 4.82 | 8.14 | 59.3 | 59 | 60 | 3.68 | 5.98 | 2 | 22 | | |
| 50 | 90 | 0 | 27 | 74 | 118 | 5.72 | 11.82 | 48.4 | 56 | 63 | 4.03 | 6.28 | 18 | 55 | | |
| 50 | 90 | 10 | 24 | 70 | 111 | 5.72 | 11.12 | 51.4 | 56 | 63 | 4.03 | 6.28 | 14 | 48 | | |
| 50 | 90 | 20 | 22 | 66 | 104 | 5.71 | 10.41 | 54.8 | 56 | 63 | 4.03 | 6.28 | 10 | 41 | | |
| 50 | 90 | 30 | 19 | 63 | 100 | 5.70 | 10.02 | 56.9 | 56 | 63 | 4.03 | 6.28 | 7 | 37 | | |
| 50 | 90 | 40 | 17 | 61 | 96 | 5.70 | 9.62 | 59.2 | 56 | 63 | 4.03 | 6.28 | 5 | 33 | | |
| 50 | 90 | 50 | 14 | 58 | 92 | 5.69 | 9.23 | 61.7 | 56 | 63 | 4.03 | 6.28 | 2 | 30 | | |
| 50 | 100 | 0 | 29 | 71 | 133 | 6.70 | 13.30 | 50.4 | 54 | 66 | 4.43 | 6.64 | 17 | 67 | | |
| 50 | 100 | 10 | 27 | 67 | 125 | 6.70 | 12.51 | 53.5 | 54 | 66 | 4.43 | 6.64 | 13 | 59 | | |
| 50 | 100 | 20 | 24 | 63 | 117 | 6.69 | 11.72 | 57.1 | 54 | 66 | 4.43 | 6.64 | 9 | 51 | | |
| 50 | 100 | 30 | 22 | 61 | 113 | 6.68 | 11.29 | 59.2 | 54 | 66 | 4.43 | 6.64 | 7 | 47 | | |
| 50 | 100 | 40 | 19 | 59 | 109 | 6.68 | 10.87 | 61.5 | 54 | 66 | 4.43 | 6.64 | 5 | 42 | | |
| 50 | 100 | 50 | 17 | 56 | 104 | 6.67 | 10.44 | 63.9 | 54 | 66 | 4.43 | 6.64 | 2 | 38 | | |
| 60 | 50 | 0 | 19 | 84 | 67 | 2.85 | 6.67 | 42.7 | 66 | 57 | 3.11 | 5.70 | 18 | 10 | | |
| 60 | 50 | 10 | 16 | 79 | 63 | 2.84 | 6.27 | 45.3 | 66 | 57 | 3.11 | 5.70 | 13 | 6 | | |
| 60 | 50 | 20 | 13 | 75 | 59 | 2.83 | 5.87 | 48.3 | 66 | 57 | 3.11 | 5.70 | 9 | 2 | | |
| 60 | 50 | 30 | 10 | 72 | 56 | 2.82 | 5.62 | 50.2 | 66 | 57 | 3.11 | 5.70 | 6 | -1 | | |
| 60 | 50 | 40 | 7 | 69 | 54 | 2.81 | 5.37 | 52.4 | 66 | 57 | 3.11 | 5.70 | 3 | -3 | | |
| 60 | 50 | 50 | 4 | 66 | 51 | 2.81 | 5.13 | 54.8 | 66 | 57 | 3.11 | 5.70 | -0 | -6 | | |
| 60 | 60 | 0 | 20 | 83 | 77 | 3.36 | 7.71 | 43.6 | 60 | 55 | 3.31 | 5.51 | 23 | 22 | | |
| 60 | 60 | 10 | 17 | 78 | 72 | 3.35 | 7.22 | 46.4 | 60 | 55 | 3.31 | 5.51 | 18 | 17 | | |
| 60 | 60 | 20 | 13 | 72 | 67 | 3.34 | 6.73 | 49.7 | 60 | 55 | 3.31 | 5.51 | 12 | 12 | | |
| 60 | 60 | 30 | 10 | 69 | 64 | 3.33 | 6.42 | 51.9 | 60 | 55 | 3.31 | 5.51 | 9 | 9 | | |
| 60 | 60 | 40 | 7 | 66 | 61 | 3.32 | 6.12 | 54.3 | 60 | 55 | 3.31 | 5.51 | 6 | 6 | | |
| 60 | 60 | 50 | 3 | 63 | 58 | 3.32 | 5.81 | 57.0 | 60 | 55 | 3.31 | 5.51 | 3 | 3 | | |
| 60 | 60 | 60 | 0 | 60 | 55 | 3.31 | 5.51 | 60.0 | 60 | 55 | 3.31 | 5.51 | -0 | 0 | | |
| 60 | 70 | 0 | 23 | 78 | 87 | 3.99 | 8.67 | 46.1 | 56 | 56 | 3.60 | 5.58 | 22 | 31 | | |
| 60 | 70 | 10 | 19 | 73 | 81 | 3.99 | 8.11 | 49.1 | 56 | 56 | 3.60 | 5.58 | 18 | 25 | | |
| 60 | 70 | 20 | 16 | 68 | 76 | 3.98 | 7.56 | 52.6 | 56 | 56 | 3.60 | 5.58 | 13 | 20 | | |
| 60 | 70 | 30 | 13 | 65 | 72 | 3.97 | 7.22 | 55.0 | 56 | 56 | 3.60 | 5.58 | 10 | 16 | | |
| 60 | 70 | 40 | 10 | 63 | 69 | 3.96 | 6.88 | 57.6 | 56 | 56 | 3.60 | 5.58 | 7 | 13 | | |
| 60 | 70 | 50 | 7 | 60 | 65 | 3.95 | 6.54 | 60.4 | 56 | 56 | 3.60 | 5.58 | 4 | 10 | | |
| 60 | 70 | 60 | 4 | 57 | 62 | 3.94 | 6.20 | 63.6 | 56 | 56 | 3.60 | 5.58 | 1 | 6 | | |
| 60 | 80 | 0 | 25 | 74 | 98 | 4.75 | 9.82 | 48.3 | 52 | 58 | 3.97 | 5.78 | 22 | 40 | | |
| 60 | 80 | 10 | 22 | 70 | 92 | 4.74 | 9.18 | 51.6 | 52 | 58 | 3.97 | 5.78 | 17 | 34 | | |
| 60 | 80 | 20 | 19 | 65 | 86 | 4.73 | 8.55 | 55.3 | 52 | 58 | 3.97 | 5.78 | 13 | 28 | | |
| 60 | 80 | 30 | 16 | 62 | 82 | 4.72 | 8.17 | 57.8 | 52 | 58 | 3.97 | 5.78 | 10 | 24 | | |

TAULUKKO 1. (jatk.)

LIITTYMÄAJONAALYYSI

MATKA = 500 + 500 = 1000 m

| V0 | V1 | Vm | Sv | T | B | Bt | Bx | V | Ti | Bi | Bti | Bxi | E | R | O | T |
|------|------|------|----|----|-----|------|----------|------|----|----|------|----------|----|-----|---|---|
| km/h | km/h | km/h | | s | ml | l/h | l/100 km | km/h | s | ml | l/h | l/100 km | s | ml | | |
| 60 | 80 | 40 | 13 | 60 | 78 | 4.71 | 7.80 | 60.5 | 52 | 58 | 3.97 | 5.78 | 7 | 20 | | |
| 60 | 80 | 50 | 10 | 57 | 74 | 4.71 | 7.42 | 63.4 | 52 | 58 | 3.97 | 5.78 | 4 | 16 | | |
| 60 | 80 | 60 | 7 | 54 | 70 | 4.70 | 7.05 | 66.7 | 52 | 58 | 3.97 | 5.78 | 1 | 13 | | |
| 60 | 90 | 0 | 27 | 71 | 111 | 5.61 | 11.12 | 50.5 | 50 | 61 | 4.38 | 6.08 | 21 | 50 | | |
| 60 | 90 | 10 | 25 | 67 | 104 | 5.61 | 10.40 | 53.9 | 50 | 61 | 4.38 | 6.08 | 17 | 43 | | |
| 60 | 90 | 20 | 22 | 62 | 97 | 5.60 | 9.68 | 57.8 | 50 | 61 | 4.38 | 6.08 | 12 | 36 | | |
| 60 | 90 | 30 | 19 | 60 | 93 | 5.59 | 9.26 | 60.4 | 50 | 61 | 4.38 | 6.08 | 10 | 32 | | |
| 60 | 90 | 40 | 16 | 57 | 88 | 5.59 | 8.85 | 63.1 | 50 | 61 | 4.38 | 6.08 | 7 | 28 | | |
| 60 | 90 | 50 | 14 | 54 | 84 | 5.58 | 8.43 | 66.1 | 50 | 61 | 4.38 | 6.08 | 4 | 24 | | |
| 60 | 90 | 60 | 11 | 52 | 80 | 5.57 | 8.02 | 69.5 | 50 | 61 | 4.38 | 6.08 | 2 | 19 | | |
| 60 | 100 | 0 | 29 | 68 | 125 | 6.60 | 12.53 | 52.7 | 48 | 64 | 4.83 | 6.45 | 20 | 61 | | |
| 60 | 100 | 10 | 27 | 64 | 117 | 6.59 | 11.72 | 56.3 | 48 | 64 | 4.83 | 6.45 | 16 | 53 | | |
| 60 | 100 | 20 | 24 | 60 | 109 | 6.59 | 10.91 | 60.4 | 48 | 64 | 4.83 | 6.45 | 12 | 45 | | |
| 60 | 100 | 30 | 22 | 57 | 105 | 6.58 | 10.46 | 62.9 | 48 | 64 | 4.83 | 6.45 | 9 | 40 | | |
| 60 | 100 | 40 | 19 | 55 | 100 | 6.57 | 10.00 | 65.7 | 48 | 64 | 4.83 | 6.45 | 7 | 36 | | |
| 60 | 100 | 50 | 17 | 52 | 96 | 6.57 | 9.55 | 68.7 | 48 | 64 | 4.83 | 6.45 | 4 | 31 | | |
| 60 | 100 | 60 | 14 | 50 | 91 | 6.56 | 9.10 | 72.1 | 48 | 64 | 4.83 | 6.45 | 2 | 27 | | |
| 70 | 50 | 0 | 22 | 79 | 62 | 2.84 | 6.22 | 45.6 | 62 | 58 | 3.37 | 5.77 | 17 | 5 | | |
| 70 | 50 | 10 | 19 | 74 | 58 | 2.83 | 5.84 | 48.5 | 62 | 58 | 3.37 | 5.77 | 13 | 1 | | |
| 70 | 50 | 20 | 16 | 70 | 55 | 2.82 | 5.45 | 51.8 | 62 | 58 | 3.37 | 5.77 | 8 | -3 | | |
| 70 | 50 | 30 | 13 | 67 | 52 | 2.81 | 5.22 | 53.9 | 62 | 58 | 3.37 | 5.77 | 5 | -5 | | |
| 70 | 50 | 40 | 10 | 64 | 50 | 2.81 | 4.99 | 56.2 | 62 | 58 | 3.37 | 5.77 | 2 | -8 | | |
| 70 | 50 | 50 | 7 | 61 | 48 | 2.80 | 4.76 | 58.8 | 62 | 58 | 3.37 | 5.77 | -0 | -10 | | |
| 70 | 60 | 0 | 23 | 77 | 72 | 3.36 | 7.20 | 46.6 | 56 | 56 | 3.60 | 5.58 | 21 | 16 | | |
| 70 | 60 | 10 | 19 | 72 | 67 | 3.35 | 6.72 | 49.8 | 56 | 56 | 3.60 | 5.58 | 17 | 11 | | |
| 70 | 60 | 20 | 16 | 67 | 63 | 3.34 | 6.26 | 53.4 | 56 | 56 | 3.60 | 5.58 | 12 | 7 | | |
| 70 | 60 | 30 | 13 | 65 | 60 | 3.33 | 5.97 | 55.8 | 56 | 56 | 3.60 | 5.58 | 9 | 4 | | |
| 70 | 60 | 40 | 10 | 62 | 57 | 3.32 | 5.68 | 58.5 | 56 | 56 | 3.60 | 5.58 | 6 | 1 | | |
| 70 | 60 | 50 | 7 | 59 | 54 | 3.31 | 5.40 | 61.4 | 56 | 56 | 3.60 | 5.58 | 3 | -2 | | |
| 70 | 60 | 60 | 4 | 56 | 51 | 3.31 | 5.11 | 64.7 | 56 | 56 | 3.60 | 5.58 | -0 | -5 | | |
| 70 | 70 | 0 | 23 | 77 | 86 | 3.99 | 8.55 | 46.7 | 51 | 56 | 3.93 | 5.61 | 26 | 29 | | |
| 70 | 70 | 10 | 20 | 72 | 80 | 3.98 | 7.98 | 49.9 | 51 | 56 | 3.93 | 5.61 | 21 | 24 | | |
| 70 | 70 | 20 | 17 | 67 | 74 | 3.97 | 7.40 | 53.7 | 51 | 56 | 3.93 | 5.61 | 16 | 18 | | |
| 70 | 70 | 30 | 13 | 64 | 70 | 3.96 | 7.04 | 56.3 | 51 | 56 | 3.93 | 5.61 | 12 | 14 | | |
| 70 | 70 | 40 | 10 | 61 | 67 | 3.96 | 6.68 | 59.2 | 51 | 56 | 3.93 | 5.61 | 9 | 11 | | |
| 70 | 70 | 50 | 7 | 58 | 63 | 3.95 | 6.32 | 62.4 | 51 | 56 | 3.93 | 5.61 | 6 | 7 | | |
| 70 | 70 | 60 | 3 | 55 | 60 | 3.94 | 5.97 | 66.0 | 51 | 56 | 3.93 | 5.61 | 3 | 4 | | |
| 70 | 70 | 70 | 0 | 51 | 56 | 3.93 | 5.61 | 70.0 | 51 | 56 | 3.93 | 5.61 | 0 | -0 | | |
| 70 | 80 | 0 | 26 | 73 | 97 | 4.75 | 9.69 | 49.0 | 48 | 58 | 4.35 | 5.82 | 25 | 39 | | |
| 70 | 80 | 10 | 23 | 69 | 90 | 4.74 | 9.03 | 52.5 | 48 | 58 | 4.35 | 5.82 | 20 | 32 | | |
| 70 | 80 | 20 | 19 | 64 | 84 | 4.73 | 8.38 | 56.5 | 48 | 58 | 4.35 | 5.82 | 16 | 26 | | |
| 70 | 80 | 30 | 16 | 61 | 80 | 4.72 | 7.98 | 59.2 | 48 | 58 | 4.35 | 5.82 | 13 | 22 | | |
| 70 | 80 | 40 | 13 | 58 | 76 | 4.72 | 7.58 | 62.2 | 48 | 58 | 4.35 | 5.82 | 10 | 18 | | |
| 70 | 80 | 50 | 10 | 55 | 72 | 4.71 | 7.18 | 65.6 | 48 | 58 | 4.35 | 5.82 | 7 | 14 | | |
| 70 | 80 | 60 | 7 | 52 | 68 | 4.70 | 6.78 | 69.3 | 48 | 58 | 4.35 | 5.82 | 4 | 10 | | |
| 70 | 80 | 70 | 4 | 49 | 64 | 4.69 | 6.38 | 73.5 | 48 | 58 | 4.35 | 5.82 | 1 | 6 | | |
| 70 | 90 | 0 | 28 | 70 | 110 | 5.62 | 10.98 | 51.2 | 46 | 61 | 4.82 | 6.12 | 25 | 49 | | |
| 70 | 90 | 10 | 25 | 66 | 102 | 5.62 | 10.23 | 54.9 | 46 | 61 | 4.82 | 6.12 | 20 | 41 | | |
| 70 | 90 | 20 | 22 | 61 | 95 | 5.61 | 9.48 | 59.1 | 46 | 61 | 4.82 | 6.12 | 15 | 34 | | |
| 70 | 90 | 30 | 19 | 58 | 90 | 5.60 | 9.04 | 62.0 | 46 | 61 | 4.82 | 6.12 | 12 | 29 | | |
| 70 | 90 | 40 | 16 | 55 | 86 | 5.59 | 8.60 | 65.1 | 46 | 61 | 4.82 | 6.12 | 10 | 25 | | |
| 70 | 90 | 50 | 13 | 53 | 82 | 5.58 | 8.15 | 68.5 | 46 | 61 | 4.82 | 6.12 | 7 | 20 | | |
| 70 | 90 | 60 | 10 | 50 | 77 | 5.58 | 7.71 | 72.3 | 46 | 61 | 4.82 | 6.12 | 4 | 16 | | |
| 70 | 90 | 70 | 7 | 47 | 73 | 5.57 | 7.27 | 76.6 | 46 | 61 | 4.82 | 6.12 | 1 | 12 | | |
| 70 | 100 | 0 | 30 | 67 | 124 | 6.62 | 12.37 | 53.5 | 44 | 65 | 5.34 | 6.48 | 24 | 59 | | |
| 70 | 100 | 10 | 27 | 63 | 115 | 6.61 | 11.53 | 57.3 | 44 | 65 | 5.34 | 6.48 | 19 | 50 | | |
| 70 | 100 | 20 | 25 | 58 | 107 | 6.60 | 10.69 | 61.8 | 44 | 65 | 5.34 | 6.48 | 15 | 42 | | |
| 70 | 100 | 30 | 22 | 56 | 102 | 6.59 | 10.20 | 64.6 | 44 | 65 | 5.34 | 6.48 | 12 | 37 | | |
| 70 | 100 | 40 | 19 | 53 | 97 | 6.59 | 9.71 | 67.8 | 44 | 65 | 5.34 | 6.48 | 9 | 32 | | |
| 70 | 100 | 50 | 16 | 50 | 92 | 6.58 | 9.23 | 71.3 | 44 | 65 | 5.34 | 6.48 | 7 | 27 | | |

TAULUKKO 1. (jatk.)
LIITTYMÄRAJOANALYYSI

MATKA = 500 + 500 = 1000 m

| V0 | V1 | Vm | Sv | T | B | Bt | Bx | V | Ti | Bi | Bti | Bxi | E R O T |
|------|------|------|----|----|-----|------|----------|------|----|----|------|----------|---------|
| km/h | km/h | km/h | | s | ml | l/h | l/100 km | km/h | s | ml | l/h | l/100 km | s ml |
| 70 | 100 | 60 | 14 | 48 | 87 | 6.57 | 8.74 | 75.2 | 44 | 65 | 5.34 | 6.48 | 4 23 |
| 70 | 100 | 70 | 11 | 45 | 83 | 6.56 | 8.26 | 79.5 | 44 | 65 | 5.34 | 6.48 | 2 18 |
| 80 | 50 | 0 | 25 | 75 | 61 | 2.95 | 6.10 | 48.3 | 59 | 60 | 3.68 | 5.98 | 16 1 |
| 80 | 50 | 10 | 22 | 70 | 57 | 2.94 | 5.72 | 51.4 | 59 | 60 | 3.68 | 5.98 | 12 -3 |
| 80 | 50 | 20 | 19 | 66 | 53 | 2.93 | 5.33 | 54.9 | 59 | 60 | 3.68 | 5.98 | 7 -6 |
| 80 | 50 | 30 | 16 | 63 | 51 | 2.92 | 5.11 | 57.2 | 59 | 60 | 3.68 | 5.98 | 4 -9 |
| 80 | 50 | 40 | 14 | 60 | 49 | 2.92 | 4.89 | 59.7 | 59 | 60 | 3.68 | 5.98 | 2 -11 |
| 80 | 50 | 50 | 11 | 58 | 47 | 2.91 | 4.66 | 62.4 | 59 | 60 | 3.68 | 5.98 | -1 -13 |
| 80 | 60 | 0 | 25 | 73 | 70 | 3.47 | 7.02 | 49.4 | 52 | 58 | 3.97 | 5.78 | 20 12 |
| 80 | 60 | 10 | 22 | 68 | 65 | 3.46 | 6.55 | 52.9 | 52 | 58 | 3.97 | 5.78 | 16 8 |
| 80 | 60 | 20 | 19 | 63 | 61 | 3.45 | 6.08 | 56.8 | 52 | 58 | 3.97 | 5.78 | 11 3 |
| 80 | 60 | 30 | 16 | 61 | 58 | 3.45 | 5.80 | 59.4 | 52 | 58 | 3.97 | 5.78 | 8 0 |
| 80 | 60 | 40 | 13 | 58 | 55 | 3.44 | 5.53 | 62.2 | 52 | 58 | 3.97 | 5.78 | 5 -3 |
| 80 | 60 | 50 | 10 | 55 | 52 | 3.43 | 5.25 | 65.3 | 52 | 58 | 3.97 | 5.78 | 3 -5 |
| 80 | 60 | 60 | 7 | 52 | 50 | 3.42 | 4.97 | 68.8 | 52 | 58 | 3.97 | 5.78 | -0 -8 |
| 80 | 70 | 0 | 26 | 73 | 83 | 4.11 | 8.31 | 49.5 | 48 | 58 | 4.35 | 5.82 | 25 25 |
| 80 | 70 | 10 | 23 | 68 | 77 | 4.10 | 7.74 | 53.0 | 48 | 58 | 4.35 | 5.82 | 20 19 |
| 80 | 70 | 20 | 19 | 63 | 72 | 4.09 | 7.17 | 57.1 | 48 | 58 | 4.35 | 5.82 | 15 13 |
| 80 | 70 | 30 | 16 | 60 | 68 | 4.09 | 6.82 | 59.9 | 48 | 58 | 4.35 | 5.82 | 12 10 |
| 80 | 70 | 40 | 13 | 57 | 65 | 4.08 | 6.47 | 63.0 | 48 | 58 | 4.35 | 5.82 | 9 6 |
| 80 | 70 | 50 | 10 | 54 | 61 | 4.07 | 6.12 | 66.5 | 48 | 58 | 4.35 | 5.82 | 6 3 |
| 80 | 70 | 60 | 7 | 51 | 58 | 4.06 | 5.78 | 70.3 | 48 | 58 | 4.35 | 5.82 | 3 -0 |
| 80 | 70 | 70 | 4 | 48 | 54 | 4.05 | 5.43 | 74.6 | 48 | 58 | 4.35 | 5.82 | 0 -4 |
| 80 | 80 | 0 | 27 | 74 | 100 | 4.87 | 9.99 | 48.8 | 45 | 60 | 4.80 | 6.00 | 29 40 |
| 80 | 80 | 10 | 23 | 69 | 93 | 4.86 | 9.29 | 52.3 | 45 | 60 | 4.80 | 6.00 | 24 33 |
| 80 | 80 | 20 | 20 | 64 | 86 | 4.85 | 8.59 | 56.5 | 45 | 60 | 4.80 | 6.00 | 19 26 |
| 80 | 80 | 30 | 17 | 61 | 82 | 4.84 | 8.16 | 59.4 | 45 | 60 | 4.80 | 6.00 | 16 22 |
| 80 | 80 | 40 | 13 | 57 | 77 | 4.84 | 7.72 | 62.6 | 45 | 60 | 4.80 | 6.00 | 12 17 |
| 80 | 80 | 50 | 10 | 54 | 73 | 4.83 | 7.29 | 66.2 | 45 | 60 | 4.80 | 6.00 | 9 13 |
| 80 | 80 | 60 | 7 | 51 | 69 | 4.82 | 6.86 | 70.2 | 45 | 60 | 4.80 | 6.00 | 6 9 |
| 80 | 80 | 70 | 3 | 48 | 64 | 4.81 | 6.43 | 74.8 | 45 | 60 | 4.80 | 6.00 | 3 4 |
| 80 | 80 | 80 | 0 | 45 | 60 | 4.80 | 6.00 | 80.0 | 45 | 60 | 4.80 | 6.00 | 0 -0 |
| 80 | 90 | 0 | 29 | 71 | 113 | 5.75 | 11.28 | 51.0 | 43 | 63 | 5.34 | 6.30 | 28 50 |
| 80 | 90 | 10 | 26 | 66 | 105 | 5.74 | 10.49 | 54.7 | 43 | 63 | 5.34 | 6.30 | 23 42 |
| 80 | 90 | 20 | 23 | 61 | 97 | 5.73 | 9.70 | 59.1 | 43 | 63 | 5.34 | 6.30 | 18 34 |
| 80 | 90 | 30 | 19 | 58 | 92 | 5.73 | 9.22 | 62.1 | 43 | 63 | 5.34 | 6.30 | 15 29 |
| 80 | 90 | 40 | 16 | 55 | 87 | 5.72 | 8.73 | 65.5 | 43 | 63 | 5.34 | 6.30 | 12 24 |
| 80 | 90 | 50 | 13 | 52 | 83 | 5.71 | 8.25 | 69.2 | 43 | 63 | 5.34 | 6.30 | 10 20 |
| 80 | 90 | 60 | 10 | 49 | 78 | 5.70 | 7.77 | 73.3 | 43 | 63 | 5.34 | 6.30 | 7 15 |
| 80 | 90 | 70 | 7 | 46 | 73 | 5.69 | 7.30 | 78.0 | 43 | 63 | 5.34 | 6.30 | 4 10 |
| 80 | 90 | 80 | 4 | 43 | 68 | 5.68 | 6.82 | 83.3 | 43 | 63 | 5.34 | 6.30 | 1 5 |
| 80 | 100 | 0 | 31 | 68 | 127 | 6.75 | 12.69 | 53.2 | 41 | 67 | 5.92 | 6.66 | 27 60 |
| 80 | 100 | 10 | 28 | 63 | 118 | 6.74 | 11.80 | 57.1 | 41 | 67 | 5.92 | 6.66 | 22 51 |
| 80 | 100 | 20 | 25 | 58 | 109 | 6.73 | 10.91 | 61.7 | 41 | 67 | 5.92 | 6.66 | 18 42 |
| 80 | 100 | 30 | 22 | 56 | 104 | 6.73 | 10.37 | 64.8 | 41 | 67 | 5.92 | 6.66 | 15 37 |
| 80 | 100 | 40 | 19 | 53 | 98 | 6.72 | 9.84 | 68.2 | 41 | 67 | 5.92 | 6.66 | 12 32 |
| 80 | 100 | 50 | 16 | 50 | 93 | 6.71 | 9.32 | 72.0 | 41 | 67 | 5.92 | 6.66 | 9 27 |
| 80 | 100 | 60 | 13 | 47 | 88 | 6.70 | 8.79 | 76.3 | 41 | 67 | 5.92 | 6.66 | 7 21 |
| 80 | 100 | 70 | 10 | 44 | 83 | 6.69 | 8.26 | 81.0 | 41 | 67 | 5.92 | 6.66 | 4 16 |
| 80 | 100 | 80 | 7 | 42 | 77 | 6.69 | 7.74 | 86.4 | 41 | 67 | 5.92 | 6.66 | 1 11 |
| 90 | 50 | 0 | 27 | 71 | 62 | 3.17 | 6.23 | 50.8 | 56 | 63 | 4.03 | 6.28 | 15 -0 |
| 90 | 50 | 10 | 24 | 66 | 58 | 3.16 | 5.84 | 54.2 | 56 | 63 | 4.03 | 6.28 | 10 -4 |
| 90 | 50 | 20 | 22 | 62 | 54 | 3.16 | 5.45 | 58.0 | 56 | 63 | 4.03 | 6.28 | 6 -8 |
| 90 | 50 | 30 | 19 | 60 | 52 | 3.15 | 5.22 | 60.3 | 56 | 63 | 4.03 | 6.28 | 4 -11 |
| 90 | 50 | 40 | 17 | 57 | 50 | 3.14 | 5.00 | 62.9 | 56 | 63 | 4.03 | 6.28 | 1 -13 |
| 90 | 50 | 50 | 14 | 55 | 48 | 3.14 | 4.78 | 65.6 | 56 | 63 | 4.03 | 6.28 | -1 -15 |
| 90 | 60 | 0 | 27 | 69 | 71 | 3.70 | 7.10 | 52.1 | 50 | 61 | 4.38 | 6.08 | 19 10 |
| 90 | 60 | 10 | 25 | 65 | 66 | 3.69 | 6.62 | 55.8 | 50 | 61 | 4.38 | 6.08 | 15 5 |
| 90 | 60 | 20 | 22 | 60 | 61 | 3.68 | 6.14 | 60.0 | 50 | 61 | 4.38 | 6.08 | 10 1 |
| 90 | 60 | 30 | 19 | 57 | 59 | 3.68 | 5.86 | 62.7 | 50 | 61 | 4.38 | 6.08 | 7 -2 |

TAULUKKO 1. (jatk.)
 LIITTYMÄRAJONALYYSI

MATKA = 500 + 500 = 1000 m

| V0 | V1 | Vm | Sv | T | B | Bt | Bx | V | Ti | Bi | Bti | Bxi | E | R | O | T |
|------|------|------|----|----|-----|----------|-------|------|----|----|------|----------|----|-----|---|---|
| km/h | km/h | km/h | s | ml | l/h | l/100 km | km/h | km/h | s | ml | l/h | l/100 km | s | ml | | |
| 90 | 60 | 40 | 16 | 55 | 56 | 3.67 | 5.59 | 65.7 | 50 | 61 | 4.38 | 6.08 | 5 | -5 | | |
| 90 | 60 | 50 | 14 | 52 | 53 | 3.66 | 5.31 | 68.9 | 50 | 61 | 4.38 | 6.08 | 2 | -8 | | |
| 90 | 60 | 60 | 11 | 50 | 50 | 3.66 | 5.04 | 72.6 | 50 | 61 | 4.38 | 6.08 | -0 | -10 | | |
| 90 | 70 | 0 | 28 | 69 | 83 | 4.35 | 8.33 | 52.2 | 46 | 61 | 4.82 | 6.12 | 23 | 22 | | |
| 90 | 70 | 10 | 25 | 64 | 78 | 4.34 | 7.75 | 56.0 | 46 | 61 | 4.82 | 6.12 | 19 | 16 | | |
| 90 | 70 | 20 | 22 | 60 | 72 | 4.33 | 7.17 | 60.4 | 46 | 61 | 4.82 | 6.12 | 14 | 11 | | |
| 90 | 70 | 30 | 19 | 57 | 68 | 4.32 | 6.83 | 63.3 | 46 | 61 | 4.82 | 6.12 | 11 | 7 | | |
| 90 | 70 | 40 | 16 | 54 | 65 | 4.32 | 6.48 | 66.6 | 46 | 61 | 4.82 | 6.12 | 8 | 4 | | |
| 90 | 70 | 50 | 13 | 51 | 61 | 4.31 | 6.14 | 70.2 | 46 | 61 | 4.82 | 6.12 | 6 | 0 | | |
| 90 | 70 | 60 | 10 | 49 | 58 | 4.30 | 5.79 | 74.2 | 46 | 61 | 4.82 | 6.12 | 3 | -3 | | |
| 90 | 70 | 70 | 7 | 46 | 55 | 4.29 | 5.45 | 78.7 | 46 | 61 | 4.82 | 6.12 | 0 | -7 | | |
| 90 | 80 | 0 | 29 | 70 | 100 | 5.11 | 9.95 | 51.4 | 43 | 63 | 5.34 | 6.30 | 28 | 37 | | |
| 90 | 80 | 10 | 26 | 65 | 92 | 5.10 | 9.25 | 55.2 | 43 | 63 | 5.34 | 6.30 | 23 | 29 | | |
| 90 | 80 | 20 | 23 | 60 | 85 | 5.10 | 8.54 | 59.7 | 43 | 63 | 5.34 | 6.30 | 18 | 22 | | |
| 90 | 80 | 30 | 19 | 57 | 81 | 5.09 | 8.11 | 62.7 | 43 | 63 | 5.34 | 6.30 | 15 | 18 | | |
| 90 | 80 | 40 | 16 | 54 | 77 | 5.08 | 7.68 | 66.1 | 43 | 63 | 5.34 | 6.30 | 12 | 14 | | |
| 90 | 80 | 50 | 13 | 51 | 73 | 5.07 | 7.25 | 69.9 | 43 | 63 | 5.34 | 6.30 | 9 | 10 | | |
| 90 | 80 | 60 | 10 | 49 | 68 | 5.06 | 6.83 | 74.2 | 43 | 63 | 5.34 | 6.30 | 6 | 5 | | |
| 90 | 80 | 70 | 7 | 46 | 64 | 5.05 | 6.40 | 79.0 | 43 | 63 | 5.34 | 6.30 | 3 | 1 | | |
| 90 | 80 | 80 | 4 | 43 | 60 | 5.05 | 5.98 | 84.4 | 43 | 63 | 5.34 | 6.30 | 0 | -3 | | |
| 90 | 90 | 0 | 30 | 72 | 120 | 6.00 | 11.99 | 50.0 | 40 | 66 | 5.92 | 6.57 | 32 | 54 | | |
| 90 | 90 | 10 | 27 | 67 | 111 | 5.99 | 11.13 | 53.8 | 40 | 66 | 5.92 | 6.57 | 27 | 46 | | |
| 90 | 90 | 20 | 23 | 62 | 103 | 5.98 | 10.27 | 58.2 | 40 | 66 | 5.92 | 6.57 | 22 | 37 | | |
| 90 | 90 | 30 | 20 | 59 | 97 | 5.97 | 9.74 | 61.3 | 40 | 66 | 5.92 | 6.57 | 19 | 32 | | |
| 90 | 90 | 40 | 17 | 56 | 92 | 5.96 | 9.21 | 64.7 | 40 | 66 | 5.92 | 6.57 | 16 | 26 | | |
| 90 | 90 | 50 | 13 | 52 | 87 | 5.95 | 8.68 | 68.6 | 40 | 66 | 5.92 | 6.57 | 12 | 21 | | |
| 90 | 90 | 60 | 10 | 49 | 82 | 5.94 | 8.15 | 72.9 | 40 | 66 | 5.92 | 6.57 | 9 | 16 | | |
| 90 | 90 | 70 | 7 | 46 | 76 | 5.93 | 7.62 | 77.8 | 40 | 66 | 5.92 | 6.57 | 6 | 10 | | |
| 90 | 90 | 80 | 3 | 43 | 71 | 5.93 | 7.10 | 83.5 | 40 | 66 | 5.92 | 6.57 | 3 | 5 | | |
| 90 | 90 | 90 | 0 | 40 | 66 | 5.92 | 6.57 | 90.0 | 40 | 66 | 5.92 | 6.57 | 0 | 0 | | |
| 90 | 100 | 0 | 32 | 69 | 134 | 7.00 | 13.42 | 52.2 | 38 | 69 | 6.57 | 6.94 | 31 | 65 | | |
| 90 | 100 | 10 | 29 | 64 | 125 | 6.99 | 12.46 | 56.1 | 38 | 69 | 6.57 | 6.94 | 26 | 55 | | |
| 90 | 100 | 20 | 26 | 59 | 115 | 6.98 | 11.50 | 60.7 | 38 | 69 | 6.57 | 6.94 | 21 | 46 | | |
| 90 | 100 | 30 | 23 | 56 | 109 | 6.98 | 10.92 | 63.9 | 38 | 69 | 6.57 | 6.94 | 18 | 40 | | |
| 90 | 100 | 40 | 19 | 53 | 103 | 6.97 | 10.33 | 67.4 | 38 | 69 | 6.57 | 6.94 | 15 | 34 | | |
| 90 | 100 | 50 | 16 | 50 | 97 | 6.96 | 9.75 | 71.4 | 38 | 69 | 6.57 | 6.94 | 12 | 28 | | |
| 90 | 100 | 60 | 13 | 47 | 92 | 6.95 | 9.17 | 75.8 | 38 | 69 | 6.57 | 6.94 | 9 | 22 | | |
| 90 | 100 | 70 | 10 | 45 | 86 | 6.94 | 8.59 | 80.8 | 38 | 69 | 6.57 | 6.94 | 7 | 16 | | |
| 90 | 100 | 80 | 7 | 42 | 80 | 6.93 | 8.01 | 86.6 | 38 | 69 | 6.57 | 6.94 | 4 | 11 | | |
| 90 | 100 | 90 | 4 | 39 | 74 | 6.93 | 7.43 | 93.2 | 38 | 69 | 6.57 | 6.94 | 1 | 5 | | |
| 100 | 50 | 0 | 29 | 67 | 66 | 3.51 | 6.58 | 53.4 | 54 | 66 | 4.43 | 6.64 | 13 | -1 | | |
| 100 | 50 | 10 | 27 | 63 | 62 | 3.50 | 6.16 | 56.9 | 54 | 66 | 4.43 | 6.64 | 9 | -5 | | |
| 100 | 50 | 20 | 24 | 59 | 57 | 3.50 | 5.74 | 60.9 | 54 | 66 | 4.43 | 6.64 | 5 | -9 | | |
| 100 | 50 | 30 | 22 | 57 | 55 | 3.49 | 5.51 | 63.3 | 54 | 66 | 4.43 | 6.64 | 3 | -11 | | |
| 100 | 50 | 40 | 19 | 55 | 53 | 3.49 | 5.28 | 66.0 | 54 | 66 | 4.43 | 6.64 | 1 | -14 | | |
| 100 | 50 | 50 | 17 | 52 | 51 | 3.48 | 5.06 | 68.8 | 54 | 66 | 4.43 | 6.64 | -2 | -16 | | |
| 100 | 60 | 0 | 29 | 66 | 74 | 4.05 | 7.38 | 54.8 | 48 | 64 | 4.83 | 6.45 | 18 | 9 | | |
| 100 | 60 | 10 | 27 | 61 | 69 | 4.04 | 6.88 | 58.7 | 48 | 64 | 4.83 | 6.45 | 13 | 4 | | |
| 100 | 60 | 20 | 24 | 57 | 64 | 4.03 | 6.38 | 63.2 | 48 | 64 | 4.83 | 6.45 | 9 | -1 | | |
| 100 | 60 | 30 | 22 | 55 | 61 | 4.03 | 6.10 | 66.0 | 48 | 64 | 4.83 | 6.45 | 7 | -3 | | |
| 100 | 60 | 40 | 19 | 52 | 58 | 4.02 | 5.82 | 69.1 | 48 | 64 | 4.83 | 6.45 | 4 | -6 | | |
| 100 | 60 | 50 | 17 | 50 | 55 | 4.01 | 5.54 | 72.4 | 48 | 64 | 4.83 | 6.45 | 2 | -9 | | |
| 100 | 60 | 60 | 14 | 47 | 53 | 4.01 | 5.26 | 76.1 | 48 | 64 | 4.83 | 6.45 | -1 | -12 | | |
| 100 | 70 | 0 | 30 | 66 | 86 | 4.70 | 8.57 | 54.9 | 44 | 65 | 5.34 | 6.48 | 22 | 21 | | |
| 100 | 70 | 10 | 27 | 61 | 80 | 4.69 | 7.97 | 58.9 | 44 | 65 | 5.34 | 6.48 | 17 | 15 | | |
| 100 | 70 | 20 | 25 | 57 | 74 | 4.69 | 7.36 | 63.6 | 44 | 65 | 5.34 | 6.48 | 13 | 9 | | |
| 100 | 70 | 30 | 22 | 54 | 70 | 4.68 | 7.02 | 66.7 | 44 | 65 | 5.34 | 6.48 | 10 | 5 | | |
| 100 | 70 | 40 | 19 | 51 | 67 | 4.67 | 6.67 | 70.1 | 44 | 65 | 5.34 | 6.48 | 8 | 2 | | |
| 100 | 70 | 50 | 16 | 49 | 63 | 4.66 | 6.32 | 73.8 | 44 | 65 | 5.34 | 6.48 | 5 | -2 | | |
| 100 | 70 | 60 | 14 | 46 | 60 | 4.66 | 5.97 | 78.0 | 44 | 65 | 5.34 | 6.48 | 2 | -5 | | |

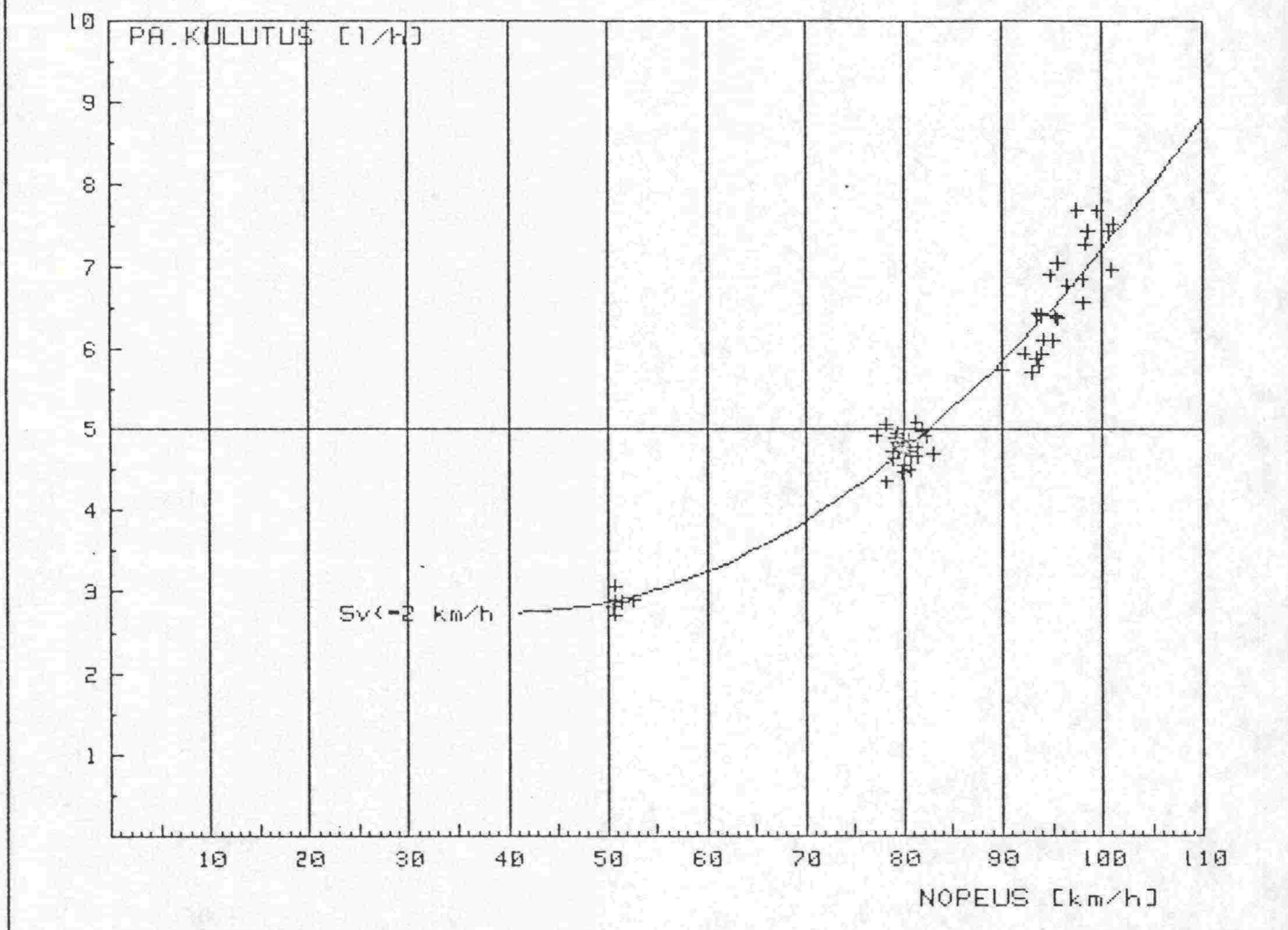
TAULUKKO 1. (jatk.)

LIITTYMÄAJONAALYYSI

MATKA = 500 + 500 = 1000 m

| V0 | V1 | Vm | Sv | T | B | Bt | Bx | V | Ti | Bi | Bti | Bxi | E R O T |
|------|------|------|----|----|-----|----------|-------|-------|----|-----|----------|------|---------|
| km/h | km/h | km/h | s | ml | l/h | l/100 km | km/h | s | ml | l/h | l/100 km | s | ml |
| 100 | 70 | 70 | 11 | 44 | 56 | 4.65 | 5.63 | 82.6 | 44 | 65 | 5.34 | 6.48 | -0 -9 |
| 100 | 80 | 0 | 31 | 67 | 101 | 5.47 | 10.14 | 54.0 | 41 | 67 | 5.92 | 6.66 | 26 35 |
| 100 | 80 | 10 | 28 | 62 | 94 | 5.46 | 9.41 | 58.1 | 41 | 67 | 5.92 | 6.66 | 21 27 |
| 100 | 80 | 20 | 25 | 57 | 87 | 5.46 | 8.69 | 62.8 | 41 | 67 | 5.92 | 6.66 | 17 20 |
| 100 | 80 | 30 | 22 | 55 | 83 | 5.45 | 8.25 | 66.0 | 41 | 67 | 5.92 | 6.66 | 14 16 |
| 100 | 80 | 40 | 19 | 52 | 78 | 5.44 | 7.82 | 69.6 | 41 | 67 | 5.92 | 6.66 | 11 12 |
| 100 | 80 | 50 | 16 | 49 | 74 | 5.43 | 7.39 | 73.5 | 41 | 67 | 5.92 | 6.66 | 8 7 |
| 100 | 80 | 60 | 13 | 46 | 70 | 5.43 | 6.96 | 77.9 | 41 | 67 | 5.92 | 6.66 | 6 3 |
| 100 | 80 | 70 | 10 | 43 | 65 | 5.42 | 6.54 | 82.9 | 41 | 67 | 5.92 | 6.66 | 3 -1 |
| 100 | 80 | 80 | 7 | 41 | 61 | 5.41 | 6.11 | 88.5 | 41 | 67 | 5.92 | 6.66 | 0 -6 |
| 100 | 90 | 0 | 32 | 69 | 121 | 6.36 | 12.12 | 52.5 | 38 | 69 | 6.57 | 6.94 | 31 52 |
| 100 | 90 | 10 | 29 | 64 | 112 | 6.35 | 11.24 | 56.5 | 38 | 69 | 6.57 | 6.94 | 26 43 |
| 100 | 90 | 20 | 26 | 59 | 104 | 6.35 | 10.37 | 61.2 | 38 | 69 | 6.57 | 6.94 | 21 34 |
| 100 | 90 | 30 | 23 | 56 | 98 | 6.34 | 9.84 | 64.4 | 38 | 69 | 6.57 | 6.94 | 18 29 |
| 100 | 90 | 40 | 19 | 53 | 93 | 6.33 | 9.31 | 68.0 | 38 | 69 | 6.57 | 6.94 | 15 24 |
| 100 | 90 | 50 | 16 | 50 | 88 | 6.32 | 8.78 | 72.0 | 38 | 69 | 6.57 | 6.94 | 12 18 |
| 100 | 90 | 60 | 13 | 47 | 82 | 6.31 | 8.25 | 76.5 | 38 | 69 | 6.57 | 6.94 | 9 13 |
| 100 | 90 | 70 | 10 | 44 | 77 | 6.30 | 7.72 | 81.6 | 38 | 69 | 6.57 | 6.94 | 6 8 |
| 100 | 90 | 80 | 7 | 41 | 72 | 6.30 | 7.20 | 87.5 | 38 | 69 | 6.57 | 6.94 | 3 3 |
| 100 | 90 | 90 | 4 | 38 | 67 | 6.29 | 6.67 | 94.3 | 38 | 69 | 6.57 | 6.94 | 0 -3 |
| 100 | 100 | 0 | 33 | 71 | 146 | 7.37 | 14.55 | 50.6 | 36 | 73 | 7.28 | 7.28 | 35 73 |
| 100 | 100 | 10 | 30 | 66 | 135 | 7.36 | 13.50 | 54.5 | 36 | 73 | 7.28 | 7.28 | 30 62 |
| 100 | 100 | 20 | 27 | 61 | 125 | 7.35 | 12.46 | 59.0 | 36 | 73 | 7.28 | 7.28 | 25 52 |
| 100 | 100 | 30 | 23 | 58 | 118 | 7.34 | 11.80 | 62.2 | 36 | 73 | 7.28 | 7.28 | 22 45 |
| 100 | 100 | 40 | 20 | 55 | 112 | 7.33 | 11.15 | 65.8 | 36 | 73 | 7.28 | 7.28 | 19 39 |
| 100 | 100 | 50 | 17 | 52 | 105 | 7.33 | 10.50 | 69.7 | 36 | 73 | 7.28 | 7.28 | 16 32 |
| 100 | 100 | 60 | 13 | 48 | 99 | 7.32 | 9.86 | 74.2 | 36 | 73 | 7.28 | 7.28 | 12 26 |
| 100 | 100 | 70 | 10 | 45 | 92 | 7.31 | 9.21 | 79.3 | 36 | 73 | 7.28 | 7.28 | 9 19 |
| 100 | 100 | 80 | 7 | 42 | 86 | 7.30 | 8.57 | 85.2 | 36 | 73 | 7.28 | 7.28 | 6 13 |
| 100 | 100 | 90 | 3 | 39 | 79 | 7.29 | 7.92 | 92.0 | 36 | 73 | 7.28 | 7.28 | 3 6 |
| 100 | 100 | 100 | 0 | 36 | 73 | 7.28 | 7.28 | 100.0 | 36 | 73 | 7.28 | 7.28 | 0 0 |

Kuva 1 POLTTORINEENKULUTUKSEN RIIPPUVUUS NOPEUDESTA IDEALISISSA OLOSUHTEISSA



2000 Trans: $Y = (Y(K,P) - 1.13 * X(K,13) + .814 * X(K,14)) / X(K,2) * 3.6$

2010 Trans: $U(1) = X(K,3)$

2020 $U(2) = U(1)^2$

2021 Ret: RETURN

TIEDOSTO: ETAS04 Funktion tunnus 4

MUUTTUJA

KERROIN

0 4.70341271

1 -.098380702

2 .001236143335

KOKONAISKORRELATIOKERROIN= .976364138167 T-ARVO= 33.8054428228

JÄÄNNÖSHAJONTA= .278142907416

HAVAINTO

Y

Y est

ERO

%

310

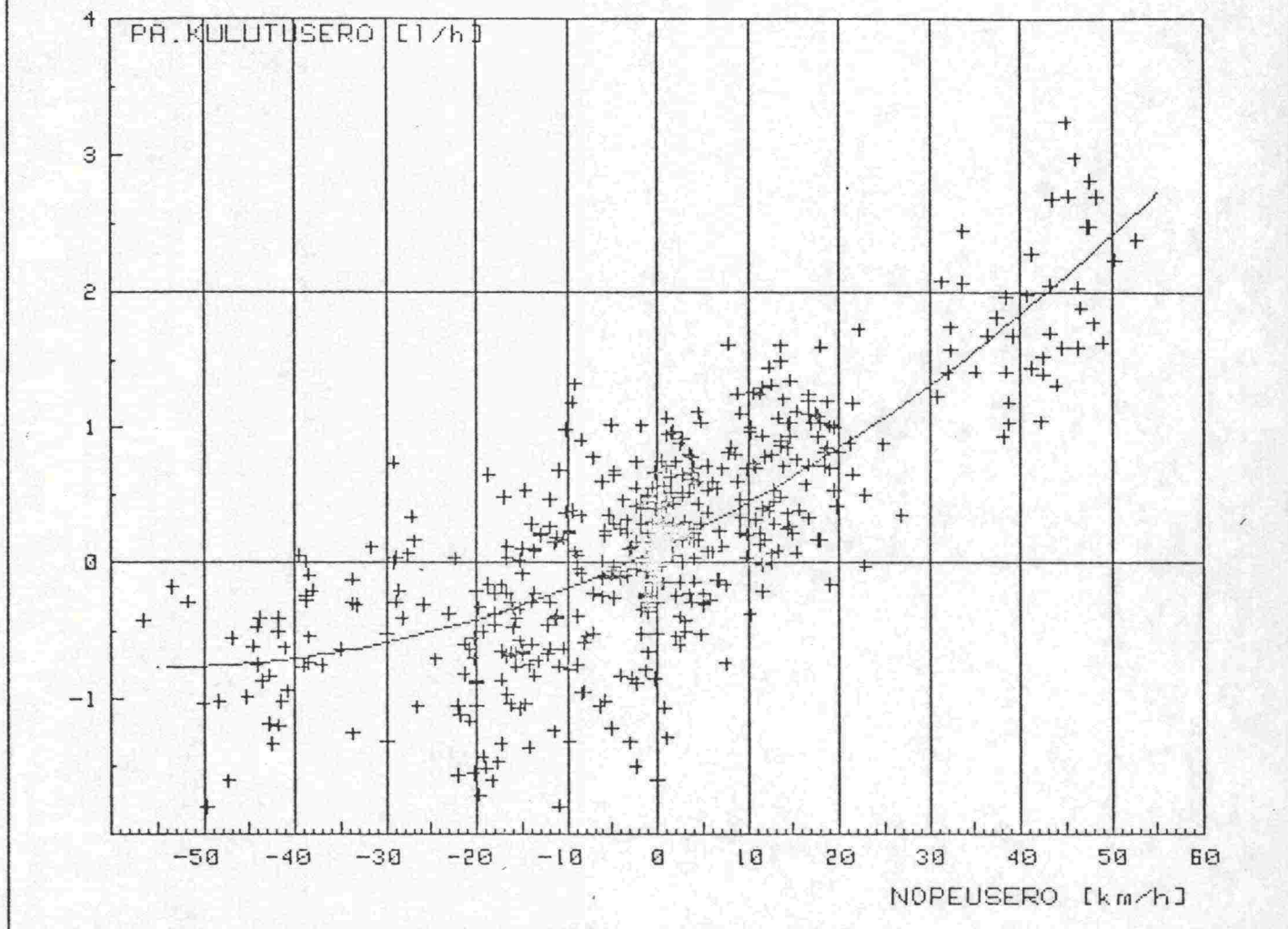
7.69167

6.85933

-.83234

-10.8

Kuva 2 PA.KULUTUSERON RIIPPUVUUS NOPEUSEROSTA



2000 Trans: $Y = (Y(K,P) - 1.13 * X(K,13) + .814 * X(K,14)) / X(K,2) * 3.6 + .09838 * (X(K,8) + .5 * X(K,9)) - 1.236E-3 * (X(K,8) + .5 * X(K,9))^2 - 4.70$

2010 Trans: $U(1) = X(K,9)$

2020 $U(2) = U(1)^2$

2021 Ret: RETURN

TIEDOSTO: ETAS04

Funktion tunnus 4

MUUTTUJA

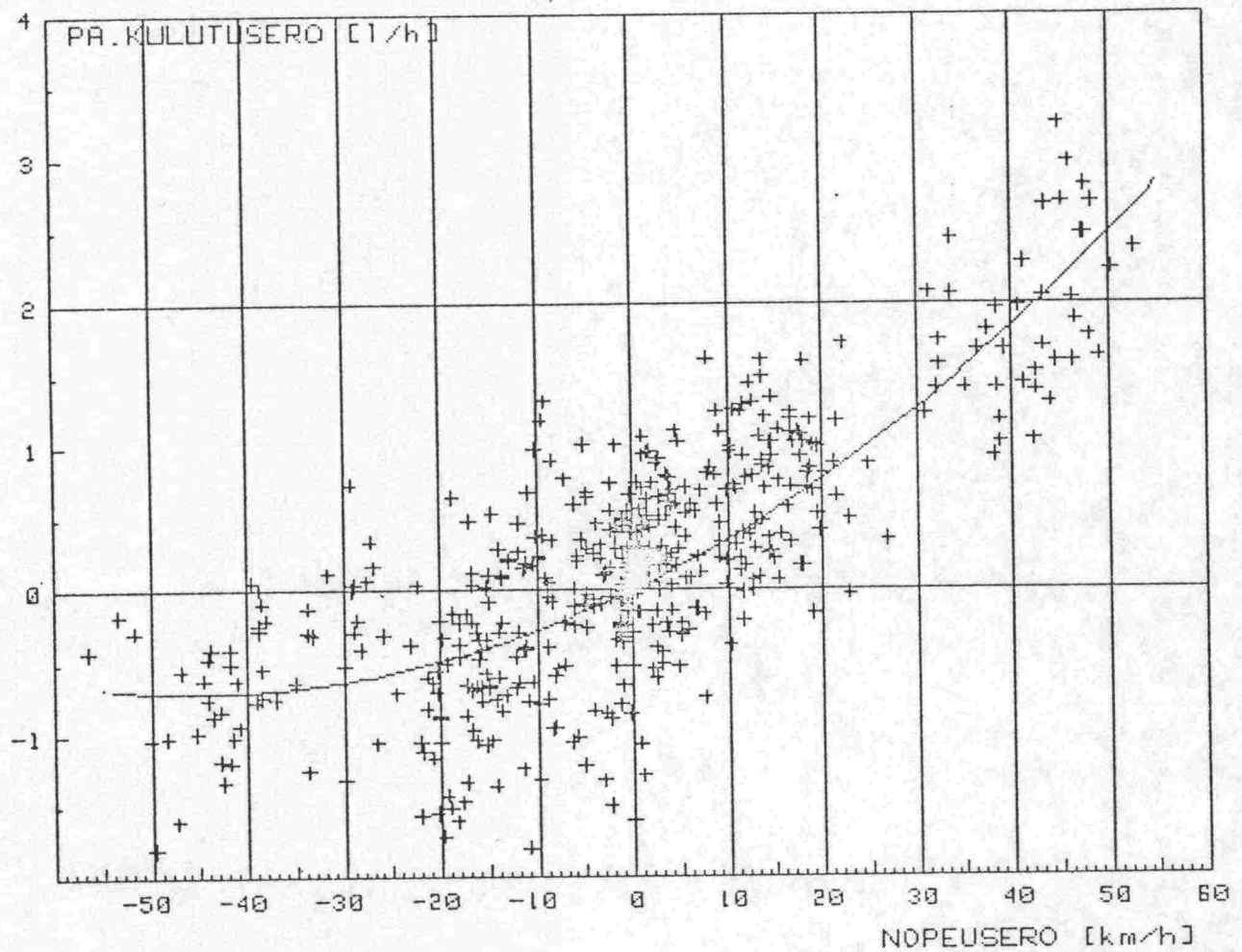
KERROIN

| | |
|---|-------------------|
| 0 | .100217533734 |
| 1 | 3.18533704547E-02 |
| 2 | 2.90320473338E-04 |

KOKONAISKORRELAATIOKERROIN= .789078137506 T-ARVO= 28.0839703588

JÄÄNNÖSHAJONTA= .527474354489

Kuva 3 PA.KULUTUSERON RIIPPUVUUS NOPEUSEROSTA



2000 Trans: $Y = (Y(K,P) - 1.13 * X(K,13) + 0.814 * X(K,14)) / X(K,2) * 3.6 + 0.09838 * (X(K,8) + 0.5 * X(K,9)) - 1.236E-3 * (X(K,8) + 0.5 * X(K,9))^2 - 4.70$

2010 Trans: $U(1) = X(K,9)$

2020 $U(2) = U(1)^2$

2021 Ret: RETURN

TIEDOSTO: ETAS04

Funktion tunnus 4

MUUTTUJA

KERROIN

0

0

1

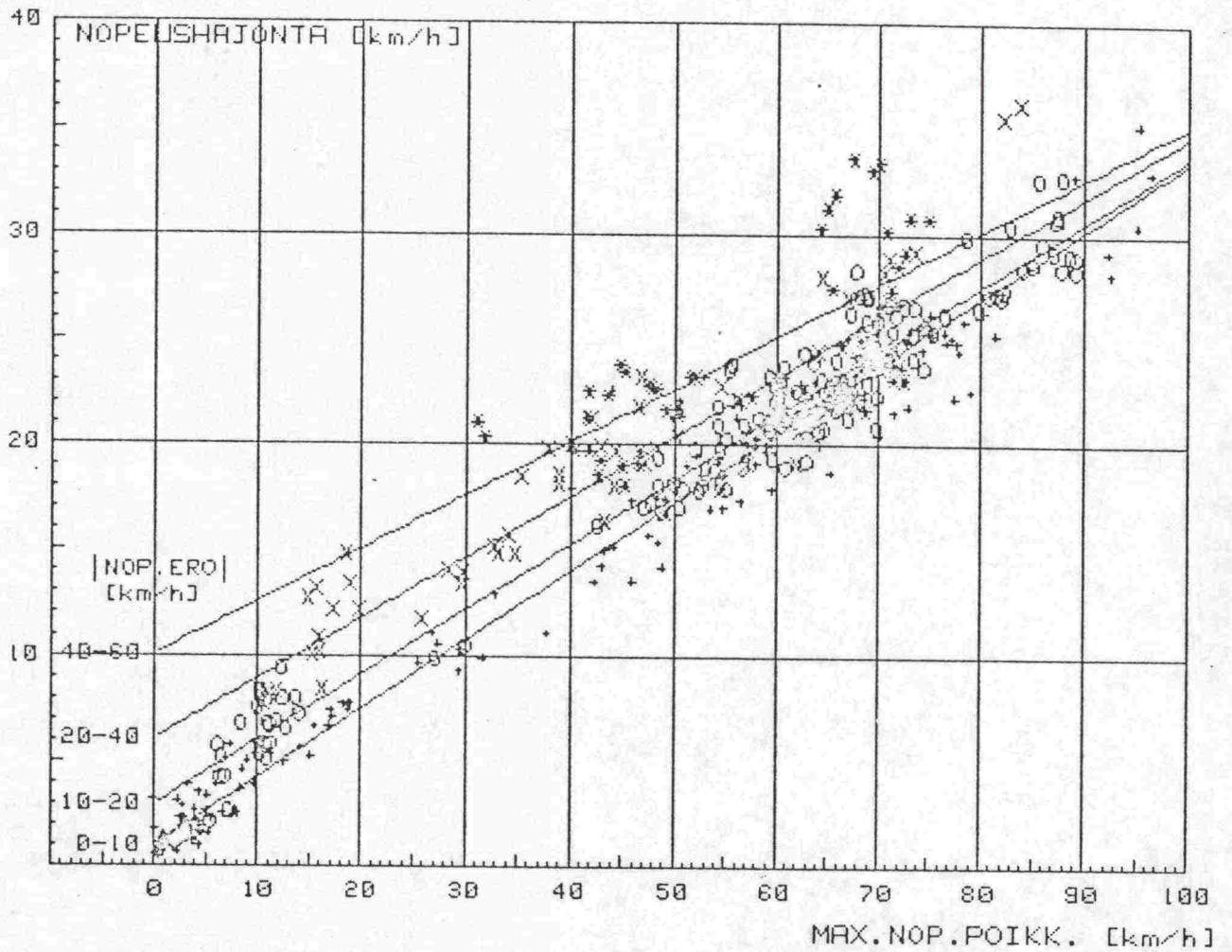
3.18379592007E-02

2

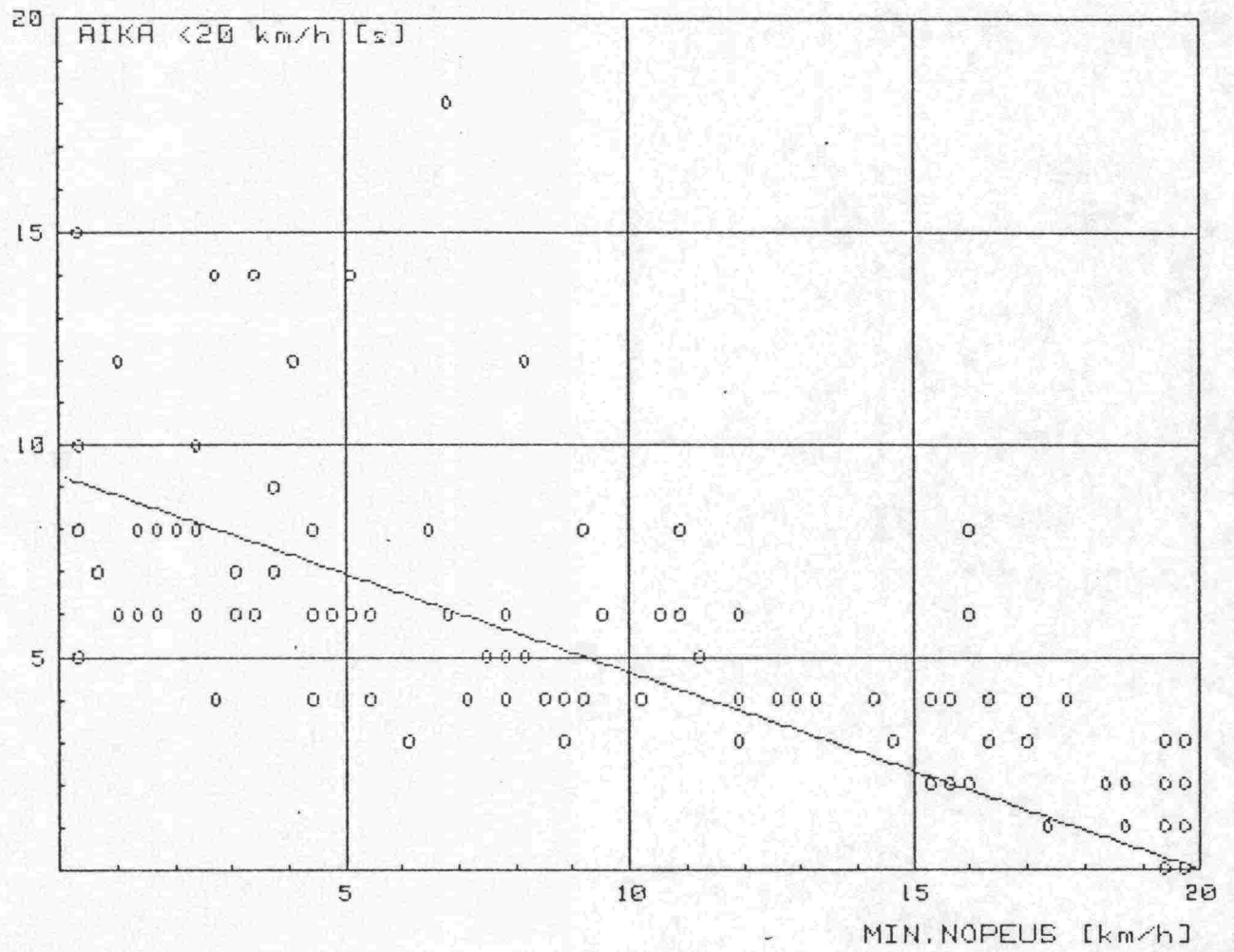
3.54704003634E-04

KOKONAISKORRELAATIOKERROIN= .794706821437 T-ARVO= 28.6244316875
 JÄÄNNÖSHAJONTA= .53430834883

Kuva 4 NOPEUSHAJONNAN RIIPPUVUUS MAX. NOPEUSPOIKKEAMASTA JA NOPEUSERON ITSEISARVOSTA

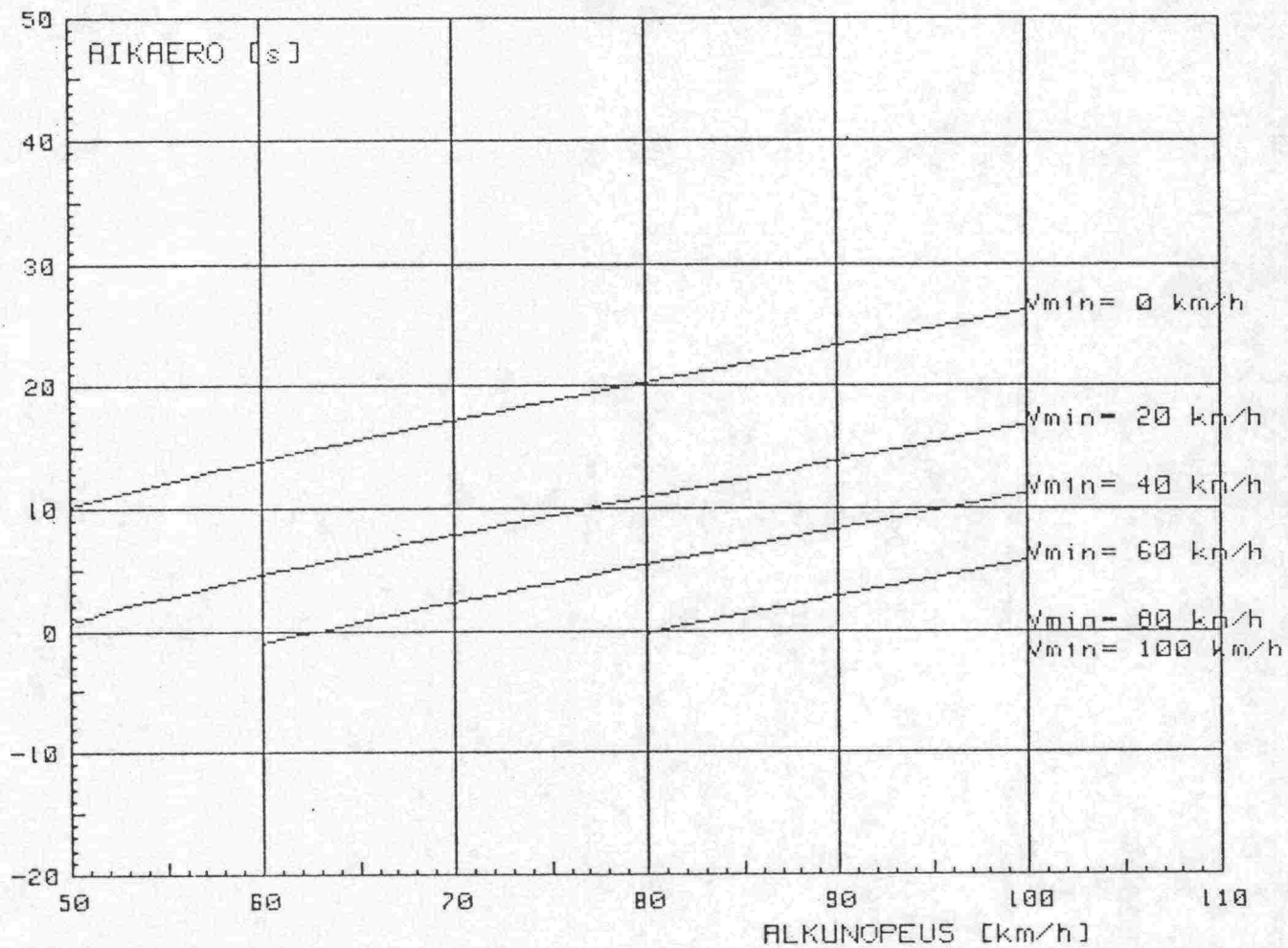


Kuva 5 AJORJAN KUN NOPEUS < 20 km/h RIIPPUVUUS MINIMINOPEUDESTA



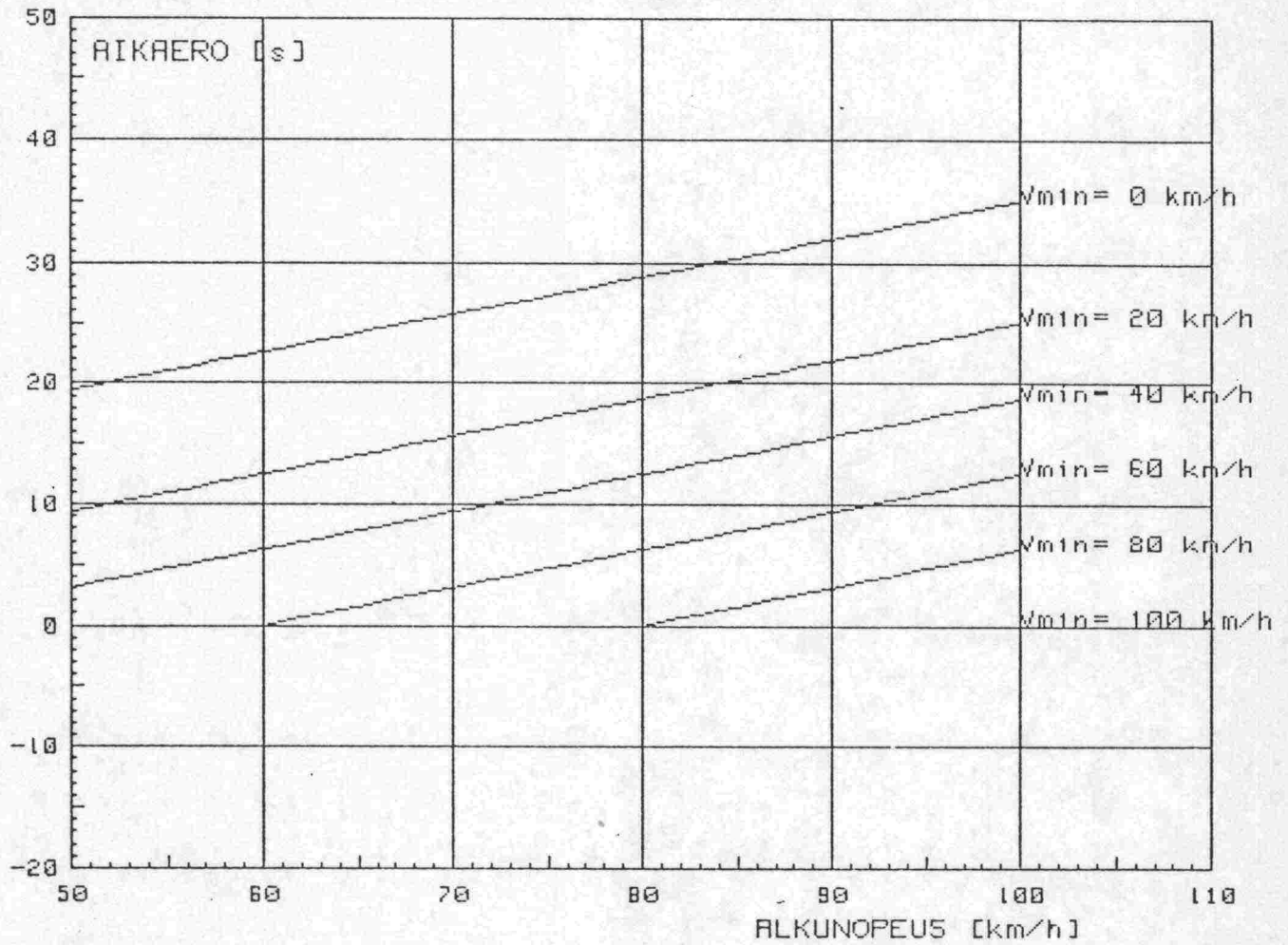
Kuva 6 LIITTYMÄN VAIKUTUS AJOAIKAAN

NOPEUSERO = -20 km/h MATKA = 1000 m



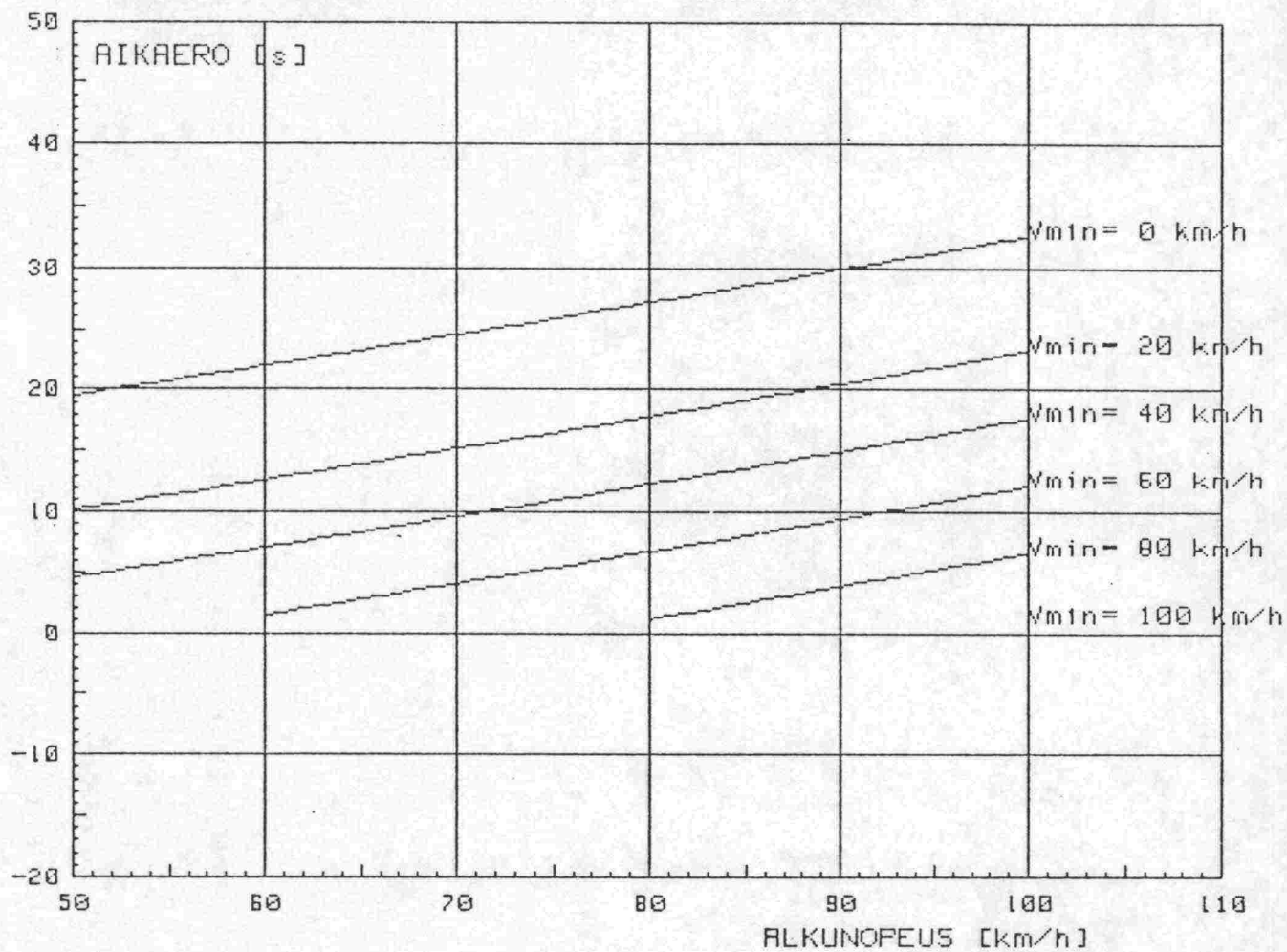
Kuva 7 LIITTYMÄN VAIKUTUS AJORIKAAN

NOPEUSERO = 0 km/h MATKA = 1000 m



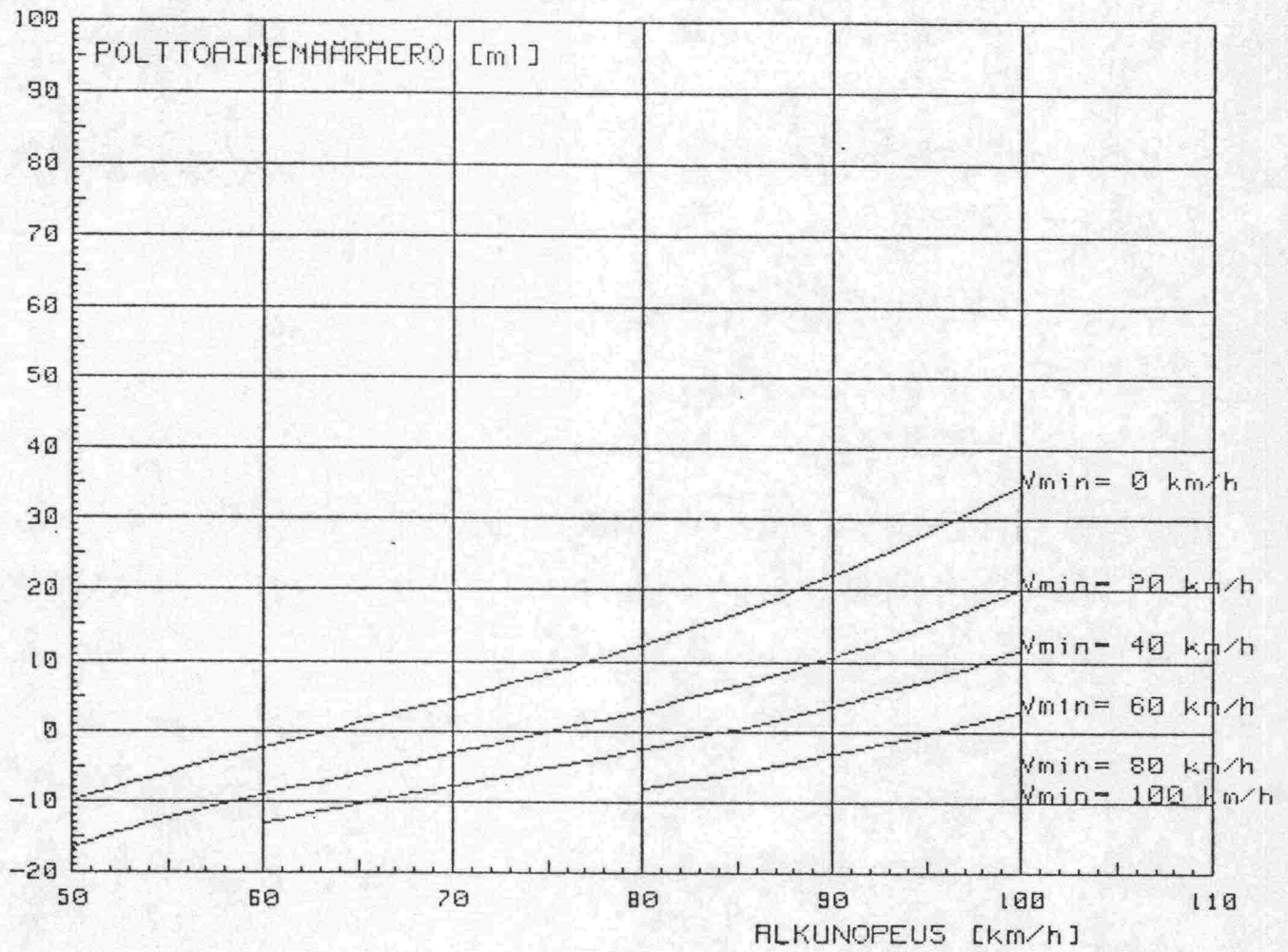
Kuva 8 LIITTYMÄN VAIKUTUS AJORIKAAN

NOPEUSERO = 20 km/h MATKA = 1000 m



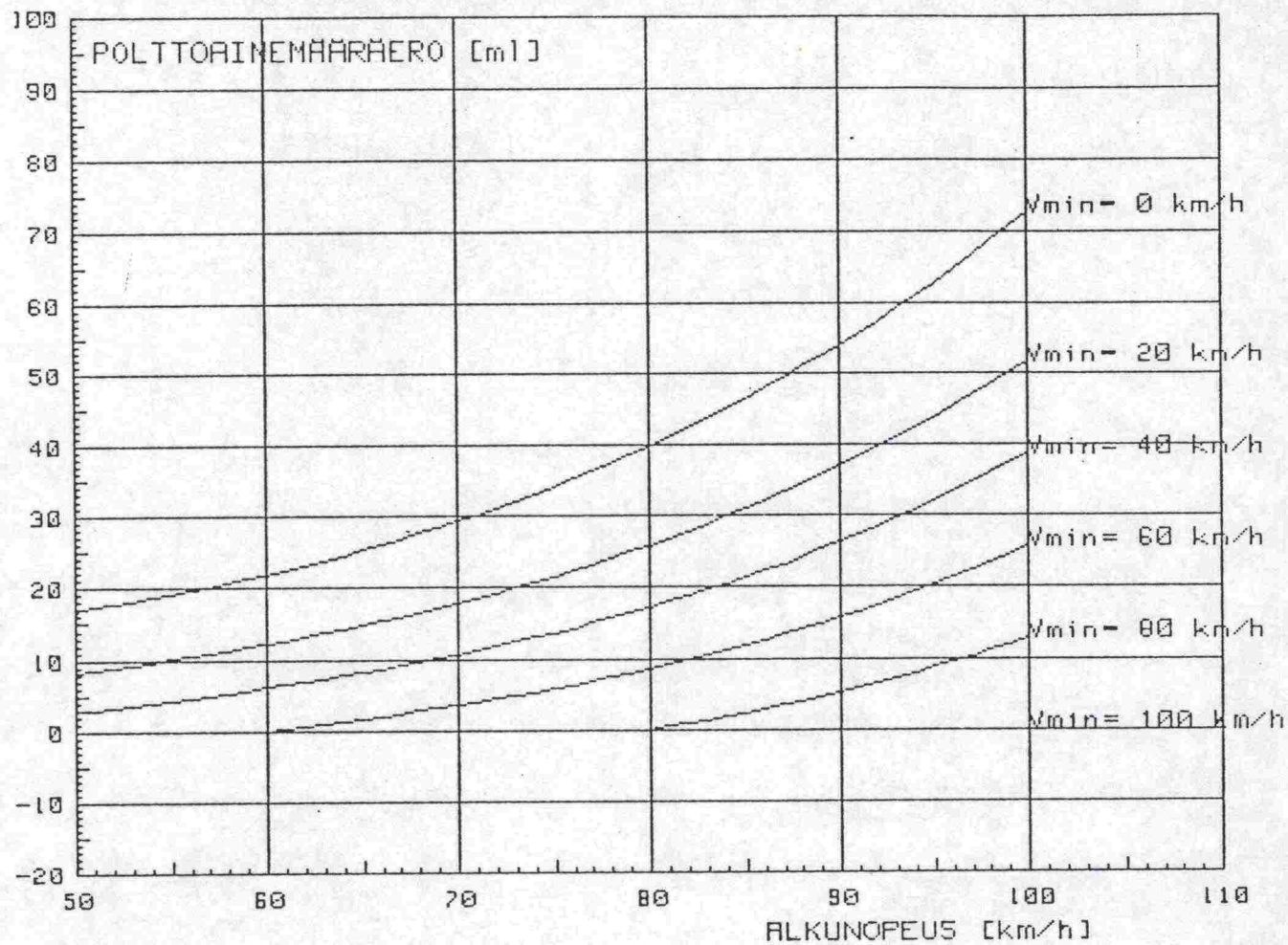
Kuva 9 LIITTYMÄN VAIKUTUS POLTTOAINEMÄÄRÄÄN

NOPEUSERO = -20 km/h MATKA = 1000 m



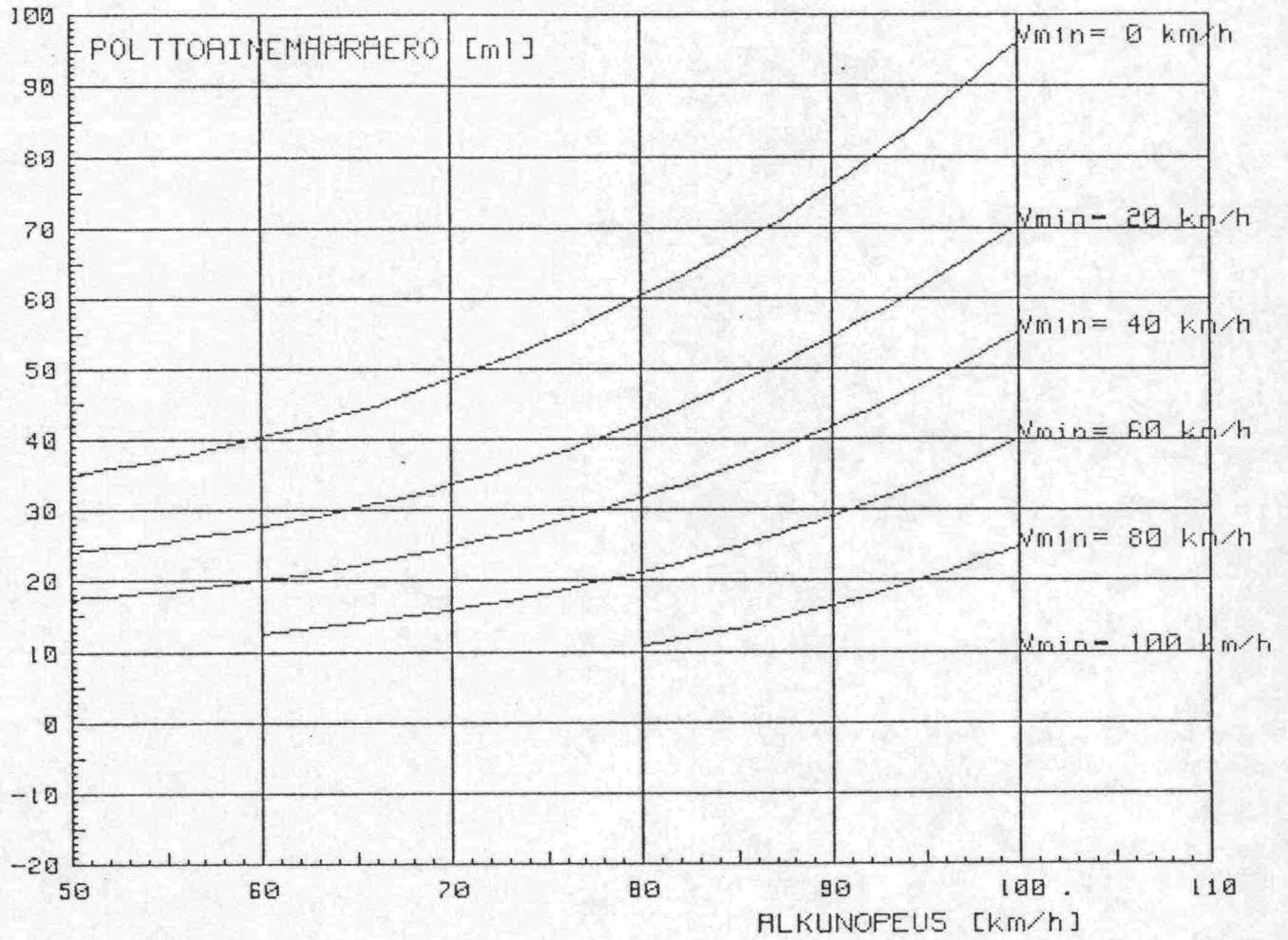
Kuva. 10 LIITTYMÄN VAIKUTUS POLTTOAINEMÄÄRÄÄN

NOPEUSERO = 0 km/h MATKA = 1000 m



Kuva 11 LIITTYMÄN VAIKUTUS POLTTOAINEMÄÄRÄÄN

NOPEUSERO = 20 km/h MATKA = 1000 m



HEWLETT-PACKARD 9845B

```

10 ! ERITASOLIITTYMÄÄNÄLYYSI OHK 1984-12-03
20 DIM X#[40],Y#[40],O#[60]
30 DEF FNSv(V0,V1,Vmi)=.2203*ABS(V1-V0)+.3323*((V0+V1)/2-Vmi)-1.8558E-3*ABS(V
1-V0)*((V0+V1)/2-Vmi)
40 DEF FNT(X,Sv,V0,V1,T20)=2*X/V0+1.6*X/V1+.94*Sv-.313*ABS(V1-V0)+.384*T20
50 DEF FNBt(Sv,V0,V1)=4.76+.002645*Sv+3.1916E-2*(V1-V0)+2.7833E-4*(V1-V0)^2-.
09838*(V0+V1)/2+1.236E-3*(V0+V1)^2/4
60 DEF FNBy(Y1,Y2)=1.13*Y1-.814*Y2
70 INPUT "TAULUKKOTULOSTUS:ei=0,kyllä=1",Taulukko
80 INPUT "KUVA:ei=0,kyllä=1",Kuva
90 INPUT "ALKUMATKA [m]",X0
100 INPUT "LOPPUMATKA [m]",X1
110 INPUT "LISÄMATKA [m]",Xd
120 IF Xd THEN
130 INPUT "NOUSUSUMMA,LASKUSUMMA [m]",Y1,Y2
140 ELSE
150 Y1=Y2=0
160 END IF
170 IF Taulukko=0 THEN Kuva
180 INPUT "RIVIEN LUKUMÄÄRÄ SIVULLA",Sivu
190 INPUT "ALKUNOPEUS:alku,loppu,väli",V0a,V0l,V0v
200 INPUT "LOPPUNOPEUS:alku,loppu,väli",V1a,V1l,V1v
210 INPUT "MINIMINOPEUS:alku,loppu,väli",Vma,Vml,Vmv
220 Sno=0
230 GOSUB Otsikko
240 IMAGE 6(4D),2(3DZ.2D),4DZ.D,"|",2(4D),2(3DZ.2D),2X,"|",2(4D)
250 R=0
260 FOR V0=V0a TO V0l STEP V0v
270 FOR V1=V1a TO V1l STEP V1v
280 FOR Vmi=Vma TO Vml STEP Vmv
290 GOSUB Lasku
300 IF Vmi<=MIN(V0,V1) THEN
310 PRINT USING 240;V0,V1,Vmi,Sv,T,B,Bt*3.6,Bt*T/X*100,V_,Ti*3.6,Bi,Bi
/Ti,Bi/X*100,T-Ti*3.6,B-Bi
320 R=R+1
330 END IF
340 IF R MOD Sivuu THEN 370
350 PRINT PAGE
360 GOSUB Otsikko
370 NEXT Vmi
380 NEXT V1
390 NEXT V0
400 Kuva:IF Kuva=0 THEN STOP
410 GRAPHICS
420 INPUT "KEHIKKO:ei=0,kyllä=1",Kehikko
430 IF Kehikko THEN GOSUB Kehikko
440 INPUT "ALKUNOPEUS:alku,loppu,väli",V0a,V0l,V0v
450 INPUT "MINIMINOPEUS:alku,loppu,väli",Vma,Vml,Vmv
460 INPUT "NOPEUSERO",Vero
470 MOVE Xmin+.04*(Xmax-Xmin),Ymin+1.03*(Ymax-Ymin)
480 CSIZE Akoko
490 LABEL "NOPEUSERO=";Vero;"km/h MATKA =";X0+X1;"m";
500 IF Xd=0 THEN LABEL
510 IF Xd THEN LABEL "LISÄMATKA =";Xd;"m"
520 FOR Vmi=Vma TO Vml STEP Vmv
530 FOR V0=V0a TO V0l STEP V0v
540 V1=V0+Vero
550 GOSUB Lasku
560 SELECT Y$
570 CASE "AIKAERO [s]"
580 IF Vmi<=MIN(V0,V1) THEN PLOT V0,T-Ti*3.6
590 CASE "POLTTOAINEMÄÄRÄERO [ml]"
600 IF Vmi<=MIN(V0,V1) THEN PLOT V0,B-Bi
610 END SELECT
620 NEXT V0
630 CSIZE 2.8
640 LABEL "Vmin=";Vmi;"km/h"
650 NEXT Vmi
660 END
670 Lasku:T20=(Vmi<=20)*(10-.5*Vmi)

```

```

680 Sv=FNSv(V0,V1,Vmi)
690 Si=FNSv(V0,V1,MIN(V0,V1))
700 T=FNT(X0+X1+Xd,Sv,V0,V1,T20)
710 Bt=FNBt(Sv,V0,V1)/3.6+FNBy(Y1,Y2)/T
720 B=Bt*T
730 X=X0+X1+Xd
740 V=X/T*3.6
750 Bi=FNBt(Si,V0,V0)*X0/V0+FNBt(Si,V1,V1)*X1/V1
760 Ti=X0/V0+X1/V1
770 RETURN
780 Kehikko:GCLEAR
790 INPUT "ASTEIKKO:Xmin,Xmax,Ymin,Ymax",Xmin,Xmax,Ymin,Ymax
800 INPUT "AKSELIMERKIT:pienet(x,y),isot(x,y)",Xt,Yt,Xm,Ym
810 INPUT "AKSELIRUUDUKKO:x,y",Xr,Yr
820 INPUT "AKSELIEN LEIKKAUS:x,y",Xl,Yl
830 INPUT "AKSELINUMEROVÄLI:x,y",Xn,Yn
840 EDIT "X-akselin NIMI",X$
850 EDIT "Y-akselin NIMI",Y$
860 EDIT "KUVAN OTSIKKO",O$
870 INPUT "AKSELINUMEROIDEN KOKO",Nkoko
880 INPUT "AKSELINIMIEN KOKO",Akoko
890 INPUT "OTSIKON KOKO",Okoko
900 LIMIT 0,183,0,149
910 FRAME
920 LOCATE 10,115,10,90
930 SCALE Xmin,Xmax,Ymin,Ymax
940 AXES Xt,Yt,Xl,Yl,Xm/Xt,Ym/Yt
950 GRID Xr,Yr
960 CSIZE Nkoko
970 LORG 5
980 FOR U=Xmin TO Xmax STEP Xn
990 MOVE U,Yl
1000 LABEL LIN(1);U
1010 NEXT U
1020 LORG 8
1030 FOR U=Ymin TO Ymax STEP Yn
1040 MOVE Xl,U
1050 LABEL U
1060 NEXT U
1070 LORG 1
1080 CSIZE Akoko
1090 MOVE Xmin+.6*(Xmax-Xmin),Ymin-.08*(Ymax-Ymin)
1100 LABEL X$
1110 MOVE Xmin+.02*(Xmax-Xmin),Ymin+.95*(Ymax-Ymin)
1120 LABEL Y$
1130 CSIZE Okoko
1140 MOVE Xmin+.04*(Xmax-Xmin),Ymin+1.08*(Ymax-Ymin)
1150 LABEL O$
1160 RETURN
1170 Otsikko:Sno=Sno+1
1180 PRINT "L I I T T Y M Ä Ä J O A N Ä L Y Y S I";TAB(74);"Sivu";Sno
1190 PRINT "MATKA =";X0;"+";X1;"=";X0+X1;"m";
1200 IF Xd=0 THEN PRINT
1210 IF Xd THEN PRINT "LISÄMATKA =";Xd;"m"
1220 PRINT " V0 V1 Vm Sv T B Bt Bx V_ | Ti Bi Bti Bxi
| E R O T"
1230 PRINT " km/h km/h s ml l/h l/100 km km/h | s ml l/h l/100
km | s ml"
1240 RETURN

```