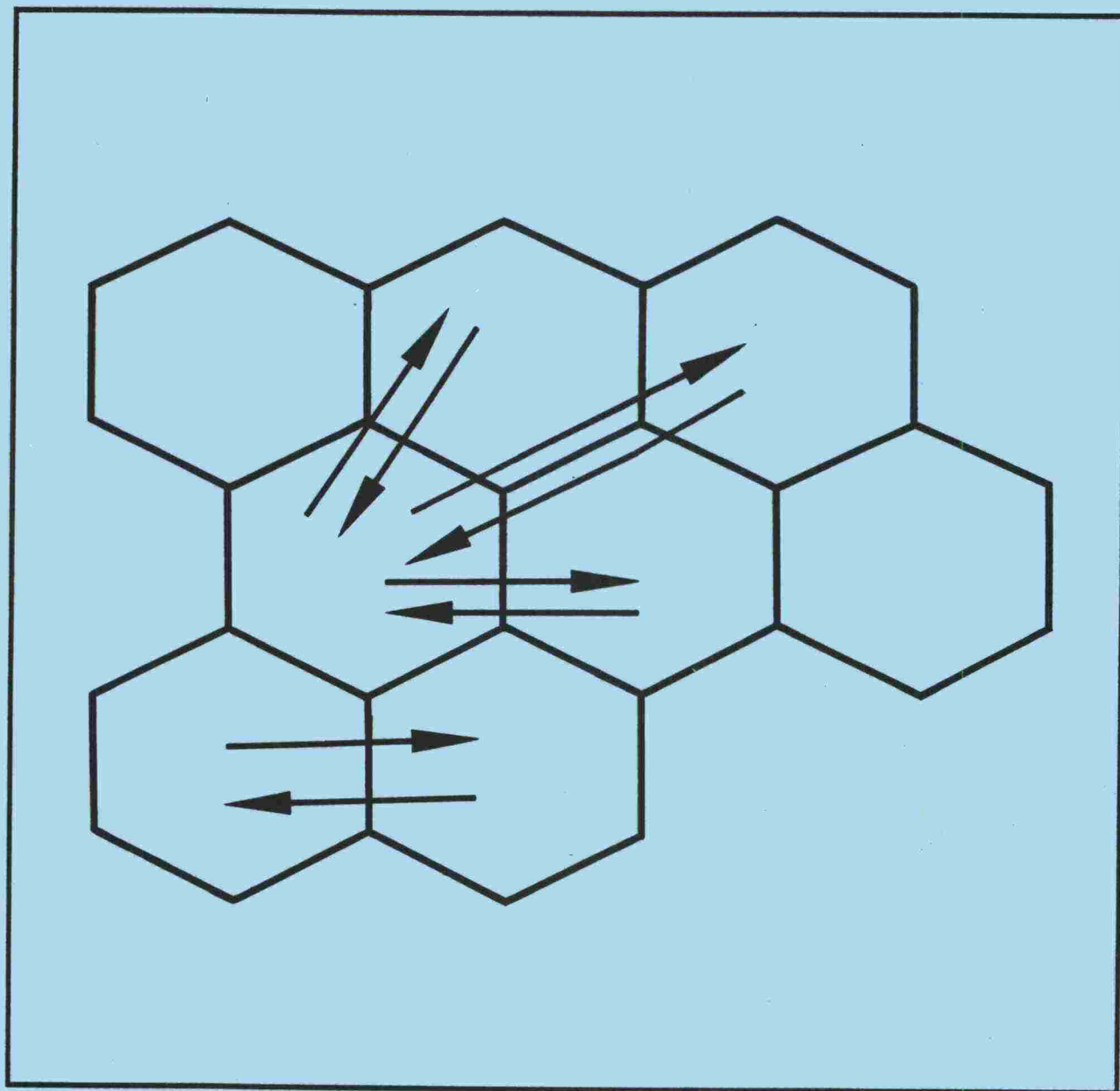


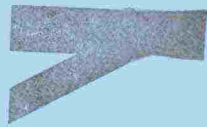
KUNTIEN VÄLINEN HENKILÖ- JA PAKETTIAUTOLIIKENNE LIIKENNEMALLI JA LIIKENNEVERKKO

VÄLIRAPORTTI



TIEHALLITUS
SUUNNITTELUOSASTO-TUTKIMUSKESKUS
FINNMAP OY
HUHTIKUU 1990

08TIEH / K



Tielaitos
Tiehallituksen kirjasto

Doknro: 91 0263
Nidenro: 910265

JAKELU

LIIKENNEVIRTAPROJEKTIN VÄLIRAPORTTI

Tutkimuskeskuksessa on muodostettu henkilö- ja pakettiautojen kuntien välistä keskimääräistä arkivuo-rokausiliikennettä kuvaava malli ja rakennettu EMMA-järjestelmään kuvaus koko maan tieverkosta liikenteen simulointia varten. Oheisessa raportissa kuvataan sekä mallin että EMMA-verkon ominaisuuksia. Vaikka mallien ja EMMA-verkon kehittelyä jatketaan yhä, tähän mennessä saatuja tuloksia voidaan jo soveltaa.

Tutkimuskeskus ylläpitää koko maan EMMA-muotoista perusverkkoa. Verkko on käytettävissä tielaitoksen tarpeisiin. Käytöstä on kuitenkin sovittava tutkimuskeskuksen kanssa. Tällä hetkellä käytettävissä on vuoden 1989 tierekisterin mukainen verkko.



Apulaisjohtaja
Tutkimuskeskus

Kirill Härkänen

LIITE

Liikennevirtaprojektin väliraportti

JAKELU

Pääjohtaja
Ylijohtaja
Kirjasto
T, Tr, Tp
S, Skk, Ssh, Sts, Sss
Härkänen, Ojajärvi
Pietilä, Parkko, Pitkänen
Manns, Helin, Rätty
Salovaara, Halla, Kokkarinen
Tie-DATA
LM/Talvitie
YM/Heikkonen
SM/Paasivirta
Finnmap Oy/Särkkä
Viatek Oy/Roine
Suunnittelukolmio Oy/Kojola
Liikennetekniikka Oy/Silferberg
Panplan Oy/Kuorikoski
Suunnittelukeskus Oy/Kauhanen
LTT Oy/Leskinen
VTT/Himanen
Tiepiirit

Pekka Rätty/ALa

SISÄLLYSLUETTELO

SIVU

Alkusanat	
Tiivistelmä	1
1 Johdanto	4
2 Liikenneverkot	5
2.1 Yleistä	5
2.2 Osa-aluejako	5
2.3 Solmut ja linkit	5
3 Liikennemalli	8
3.1 Yleistä	8
3.2 Aineisto	8
3.2.1 Liikennevirta-aineisto	8
3.2.2 Liikennevirtamalli	9
4 Sijoittelu ja liikennematriisin päivitys	11
4.1 Yleistä	11
4.2 Sijoittelu	11
4.3 Kalibrointi	11
4.4 Pituusjakauma	12
4.5 Tulostus	13
5 Projektin jatko	14
5.1 Liikenneverkko	14
5.2 Liikennemallit	14
5.3 Kalibrointi ja sijoittelu	15
5.4 Liikenteen ennustaminen	15
Lähteet	16
Kuvat	
Liitteet	

ALKUSANAT

Keväällä 1989 aloitettiin TIEH:n tutkimuskeskuksessa liikennevirtaprojekti, jossa on tarkoituksena muodostaa kuvaus tieliikenteen kuntien välisistä virroista liikennemallien avulla. Työn kuluessa on muodostettu henkilö- ja pakettiautojen kuntien välistä liikennettä kuvaava suora gravitaatiotyyppinen malli. Malli on looginen mutta ei tarkka. Sen perusteella voidaan kuitenkin tutkia kuntien välisiä liikenteellisiä vuorovaikutussuhteita.

Mallilla lasketut liikennevirrat on sijoitettu EMMA-järjestelmään rakennetulle koko maan tieverkolle. Sijoittelun yhteydessä liikennevirrat on kalibroitu vastaamaan poikkileikkauksissa vuoden 1988 yleisessä liikennelaskennassa havaittuja liikennemääriä. Ennen sijoittelua ja kalibrointia liikennemäärät on pakotettu matkojen pituusluokittain vastaamaan vuoden 1986 henkilöliikennetutkimuksessa havaittua jakaumaa.


Koska henkilöliikennetutkimuksessa ei ole eroteltu kuntien välistä ja kuntien sisäistä liikennettä toisistaan eikä kalibrointia ole voitu tehdä pelkästään kuntien rajoilla, tuloksena ei ole nykyvirtojen kunta-kunta -matriisi. Tässä työssä on kuitenkin löydetty periaatteet, joilla sellainen matriisi voidaan saada aikaan. Se vaatii kuitenkin vielä sekä mallien että EMMA-verkon kehittämistä. Nyt muodostetun mallin avulla voidaan tutkia tieverkon yhdistävyyttä ja se antaa varsin hyvän kokonaiskuvan tieverkon kuormituksesta.

Tässä väliraportissa on esitetty projektin nykyvaihe. Raportti on tarkoitettu nyt saadun matriisin ja EMMA-verkon hyväksikäyttäjille, jotta he voivat arvioida saamiensa tulosten käyttöalueen ja käyttökelpoisuuden.

Liikennevirtamallin, sijoittelut ja kalibroinnin on tutkimuskeskuksessa tehnyt ylitarkastaja Pekka Rätty. Työssä konsulttina toiminut Finnmap Oy on rakentanut EMMA-järjestelmään koko maan tieverkosta kuvan, jota on työssä käytetty liikenteen simulointiin. Mallilla luotu prior-matriisi on kalibroitu Ph.D. Heinz Spiessin kehittämällä gradienttimenetelmällä.

Helsingissä 8.5.1990

Apulaisjohtaja



Kirill Härkänen

KUNTIEN VÄLINEN HENKIÖ- JA PAKETTIAUTOLIIKENNE LIKENNEMALLI JA LIKENNEVERKKO

TIIVISTELMÄ

Keväällä 1989 TIEH:n Tutkimuskeskuksessa aloitettiin liikennevirtaprojekti, jossa on tarkoituksena muodostaa kuvaus tieliikenteen kuntien välisistä liikennevirroista liikennemallien avulla. Tavoitteena on saada aikaan malleja

1. Auerakenteen ja siihen liittyvän maankäytön tuottamista liikennevirroista
2. Liikkumistarpeen ja sitä kuvaavien liikennevirtojen muuttamisesta tulevaisuudessa aluerakenteen ja maankäytön muuttuessa

Liikennevirtoja käytetään

1. Tieverkon toimivuuden testaamiseen
2. Toimivuutta lisäävien verkkomuutosten suunnittelemiseen
3. Tulevaisuuden tieverkon suunnittelemiseen niin, että tieverkko vastaisi liikenteen kehitystä.

Työn tässä vaiheessa on tarkasteltu vain kuntien välisiä henkilö- ja pakettiautovirtoja. Tutkimuksen lähtökohtana on ollut kuntien maankäytön ja kuntien alueellisen sijainnin vaikutus liikenteeseen. Vaikka tähän asti onkin tutkittu vain autoliikennettä, on myöhemmin tarkoitus laajentaa tarkastelua koskemaan koko liikkumista ja siihen liittyvää eri liikennemuotojen välistä työnjakoa.

Keskeisenä työskentelyvälineenä on käytetty EMMA-järjestelmää. Työssä konsulttina toiminut Finnmap Oy on rakentanut EMMA-järjestelmään tieverkosta kuvan, jota on käytetty liikennevirtojen simulointiin. Verkkoon on otettu pääteiden lisäksi seudulliset tiet ja kokoojatiet. Verkon rakentamiseen tarvittut tiedot on poimittu tierekisteristä.

Mallien tekoon on saatu aineistoa useista eri lähteestä: liikenneaineisto on peräisin vuosina 1985 - 1988 tehdyistä määräraippatutkimuksista, kuntien maankäyttöä koskevat tiedot VTKK:n aluetietokannoista ja yhteysvälejä koskevat tiedot (kuntien väliset etäisyydet, matka-ajat ja matkakustannukset) on laskettu käyttäen hyväksi EMMA-järjestelmää. Auerakennetta kuvaa talousaluejako, joka vastaa melko tarkalleen Ympäristöministeriön ja Seutusunnittelun keskusliiton määrittelemää jakoa (Suomen aluerakenteen näköaloja seutusunnitelmien valtakunnallinen tiivistelmä vuoteen 2010).

Aineiston perusteella on muodostettu vuoden 1985 kuntien välistä liikennettä kuvaava tilastollinen malli. Malli on tyypiltään ns. suora gravitaatiomalli, mutta perusmallia on kehitelty ottamalla huomioon aluerakenteen vaikutus liikennevirtoihin. Mallissa ei ole erikseen otettu huomioon kilpailevia kuntia tai kilpailevia kulkumuotoja. Malli antaa kuntien i ja j välillä tehtävien matkojen summan.

Malli on muotoa

$$\begin{aligned} \log(\text{matkat}) = & 3.683 \\ & - 1.945 * \log(\text{matka-aika min.}) \\ & + 0.413 * \log(\text{asukkaat}_i * \text{asukkaat}_j) \\ & + 0.687 * 1\{\text{kunnat samalla alueella ja toinen kunnista on aluekeskus}\} \\ & + 0.987 * 1\{\text{molemmat aluekeskuksia}\} \end{aligned}$$

Mallin selitysteaste on 0.73.

Mallin avulla on muodostettu täydellinen kunta-kunta -matriisi, joka on sijoitettu tieverkolle. Sijoittelun yhteydessä vuoden 1985 virrat on kalibroitu vastaamaan poikkileikkauksissa vuonna 1988 havaittua yleisen liikennelaskennan antamaa liikennettä.

Mallia muodostettaessa on jouduttu tekemään ratkaisuja, jotka ovat vaikuttaneet työn lopputuloksiin:

1. Eri vuosilta olevat liikennemäärät on muunnettu yhteismitalliseksi käyttäen koko maan liikenteen keskimääräisiä kasvukertoimia
2. Malli on yksinkertainen. Logaritmoituna malli täyttää lineaarisen mallin oletukset mutta logaritmoimattomana mallin tarkkuus huononee matkan lyhetessä ja matkojen määrän kasvaessa. Mallia käytetään logaritmoimattomassa muodossa.
3. Linkeillä käytetyt viivytyksfunktiot ovat vakioita, joten iterointi ei jaa liikennettä usealle reitille. Sijoittelu verkolle on tehty periaatteella kaikki nopeimmalle reitille.
4. Kalibrointi on tehty koko tieverkon jokaisella linkillä lukuunottamatta taajama-alueita. Sijoiteltavana on ollut vain kuntien välinen liikenne, mutta kalibrointipisteissä ei ole voitu erottaa pitkän matkan liikennettä ja paikallista liikennettä toisistaan.

Työn tuloksena on syntynyt tilastollinen malli, joka antaa loogisen kuvan kuntien välisistä liikenteellisistä vuorovaikutussuhteista. Kuva ei kuitenkaan ole kovin tarkka. Mallia ei pitäisi käyttää yksittäisten liikennevirtojen laskemiseen vaan pikemminkin sitä voidaan käyttää kuntien välisten vuorovaikutussuhteiden ja tieverkon yhdistävyyden tutkimiseen.

Verrattaessa linkeillä liikennelaskennoissa havaittuja ja nyt niille mallinnettuja liikennemääriä huomataan, että tieverkon mallinnettu liikennekuormitus kokonaisuutena katsoen näyttää oikealta. Mallia ei kuitenkaan voi käyttää yksittäisten linkkien kuormitusten tai kapasiteettien laskemiseen.

Tähän mennessä saadut tulokset eivät vastaa työlle alunperin asetettuja tavoitteita, joten mallin ja sijoittelumenetelmien kehittämistä on jatkettava. Aluerakenteen vaikutusta liikennevirtoihin on myös syytä tutkia edelleen.

Tämä raportti on yksi työn väliraporteista. Se on tarkoitettu lähinnä nyt saadun nykyvirtojen matriisin ja muodostetun EMMA-verkon hyväksikäyttäjille, jotta he voivat arvioida saamiensa tulosten käyttöalueen ja käyttökelpoisuuden.

Liikennevirtatyöstä on työn kuluessa kirjoitettu aikaisemmin kaksi muuta väliraporttia: Riitta Viren kesäkuussa 1989 ja Pekka Rätty lokakuussa 1989.

1. JOHDANTO

Tieverkon ja liikennejärjestelmien kehittämistä varten tarvitaan jatkuvasti tietoa yksittäisten teosien liikennemäärien lisäksi tieverkon liikennevirroista. Tietoa tarvitaan nykytilanteesta, mutta erityisesti on voitava arvioida tulevaisuuden liikennettä.

Tähän saakka liikennemääristä ja liikennevirroista on saatu tietoa liikennelaskentojen ja määräpaikkatutkimusten avulla. Liikenne-ennusteet ovat perustuneet autokannan kasvuun ja auton käytön muuttumiseen, ja niin ollen on voitu esittää vain koko maan ja suuralueiden liikenteen keskimääräisiä kasvuprosentteja.

Keväällä 1989 Tutkimuskeskuksessa aloitettiin liikennevirtaprojekti, jossa selvitetään mahdollisuuksia tutkia liikennettä liikennevirtojen avulla. Tarkoituksena on ollut

1. muodostaa tilastollisia malleja, joilla voidaan tuottaa alueiden välisiä liikennevirtoja (nykytilanne, ennustaminen)
2. tutkia alueiden välisten liikennevirtojen sijoittumista tieverkolle.

Konsulttina työssä on toiminut Finnmap Oy. Työnjako on ollut seuraava: kaikki liikennemalleihin liittyvät työt on tehty Tutkimuskeskuksessa ja Finnmap Oy on rakentanut EMMA-järjestelmään käyttökelpoisen kuvan tieverkosta liikenteen simulointia varten. (EMMA eli EMME/2-järjestelmä on tieverkon ja liikenteen suunniteluohjelmisto, joka on kehitetty Montrealin yliopistossa)

Seuraavaksi käsitellään lyhyesti kutakin työvaihetta. Luvussa 2 esitetään liikenneverkkoon liittyviä asioita, luvussa 3 tarkastellaan liikennemallia ja luku 4 sisältää huomioita liikennevirtojen sijoittelusta ja virtamatriisin päivittämisestä. Luvussa 5 on pohdittu työn jatkumahdollisuuksia. Kuvassa 1 on esitetty kaaviona työn eri vaiheet.

2. LIIKENNEVERKOT

2.1 YLEISTÄ

Työskentely-ympäristönä ja -välineenä on käytetty EMMA-järjestelmää (EMME/2), joka on henkilöliikenteen analyysihin ja selvityksiin tarkoitettu monen kulkumuodon vuorovaikutteinen ATK-järjestelmä.

Tarkasteluissa tarvittava tieverkko on poimittu suoraan TIEH:n tierekisteristä. Vaikka tässä työssä on tutkittu vain maantieliikennettä, on projektin jatkoa ajatellen järjestelmään koodattu myös rautateiden ja lentoliikenteen verkot.

2.2 OSA-ALUEJAKO

Osa-aluejaoksi on valittu kuntajako, kuitenkin siten että Ahvenanmaata on pidetty yhtenä kuntana. Kuntien tunnuksina on käytetty KELA-koodeja.

Kuntien lisäksi järjestelmään on koodattu 22 ulkosityttöaluetta maan rajoille ja satamiin, vaikka tässä työssä ei olekaan tutkittu Suomen ja muiden maiden välistä henkilöautoliikennettä. Ulkomaan liikenteen lentokenttiä ei ole käsitelty ulkosityttöinä. Ulkosityötöt mukaanlukien osa-alueita on 487.

2.3 SOLMUT JA LINKIT

Solmut on luotu juoksevanumeroisesti käyttäen TIEH:n poimintaohjelmaa. Yhteensä solmuja on eri verkoilla seuraavasti:

- | | | |
|----|---------------------|------------------------------|
| 1. | tieverkko | 4200 (numerot 1100 - 5100) |
| 2. | rautatieverkko | 300 (numerot 6000 -) |
| 3. | lentoliikenneverkko | 150 (numerot 8000 -) |

Poiminnassa on jouduttu poistamaan n. 100 solmua käsin, sillä käytettävissä olleen EMMA-järjestelmän kapasiteetti oli osa-alueet mukaan lukien 5000 solmua.

Linkkitiedostoon on otettu seuraavat ominaisuudet:

alkusolmun numero
 loppusolmun numero
 piiri
 tien numero
 alkupisteen tieosa
 etäisyys
 loppupisteen tieosa
 etäisyys
 linkin pituus
 alkuosan x-koordinaatti
 y-koordinaatti
 loppuosan x-koordinaatti
 y-koordinaatti
 ajoratojen lukumäärä
 tienpitäjä
 tieluokka
 nopeusrajoitus
 liikennemäärä (kevyt ja raskas ajoneuvo)
 päällyste
 ajoradan leveys
 mäkisyys
 näkemäprosentti (460 m näkymät)
 onnettomuudet (henkilövahinko-onnettomuudet)
 tienopeus (laskettu)

EMMA:n linkkitiedostoon on ajettu joko suoraan tai muokattuina seuraavat tiedot:

pituus
 kaistamäärä (laskettu leveydestä)
 linkkityyppi
 vastusfunktio (ilmaisee nopeusrajoituksen)
 sallitut kulkumuodot
 kevyt liikenne (ha)
 raskas liikenne (ka)

Taulukossa 1 on esitetty sovitut linkkityypit.

Taulukko 1 : EMMA:n linkkityypit

TIEH-piirit

	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1)Lentoyht.	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1)Rautatiet	31	32	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
1)Yhdyslinkit	51	52	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
Valtatiet	101	102	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
Kantatiet	201	202	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214
Seud.tiet	301	302	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314
Kokoojatiet	401	402	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414
Yhdystiet	501	502	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514
1)Kaupunkien pääväylät	601	602	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614
2)Kadut	701	702	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714
3)Konnektorit	901	902	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914

1) Ei TIEH:n EMMA:ssa

2) TIEH:n EMMA:ssa kaikissa koodi 700

3) TIEH:n EMMA:ssa kaikissa koodi 998 tai 999 (998=ulkosyöttö 999=kuntasyöttö)

Käytetty linkkityypitys mahdollistaa jokaisen piirin poimimisen omaksi aliverkokseen. Vastusfunktiona on käytetty vakioviivytystä, joka on 90% nopeusrajoituksesta. Kuvassa 2 on esitetty käytetty tieverkko

Linja-autoliikenteen ja rautatieliikenteen ominaisuudet on saatu tie- ja rautatieverkon päälle koodatuista pikalinjoista ja junalinjoista. Lentoliikenteen linjastoa ei ole tarkasteltu tässä työssä.

3. LIIKENNEMALLI

3.1 YLEISTÄ

Työssä on tutkittu vain kuntien välistä liikennettä. Työn ensimmäisessä vaiheessa on muodostettu henkilö- ja pakettiautojen keskimääräistä arkivuorokausiliikennettä kuvaava malli. Tavaraliikenteen mallintamista on alettu tutkia syksyllä 1989.

Malleja muodostettaessa on erityisesti haluttu tarkastella aluerakenteen ja kuntien maankäytön vaikutusta liikenteeseen.

3.2 AINEISTO

Liikennevirtamalleja varten on tarvittu tietoja liikennevirroista, kuntien maankäytöstä ja yhteysväleistä. Liikennevirta-aineisto on koottu vuosina 1985 - 1988 tehdyistä määräraippatutkimuksista. Kuntien maankäyttötiedot on saatu aluetietokannoista (ALTIKA, ASTIKA) ja yhteysvälejä kuvaavat muuttujat (kuntien väliset etäisyydet, matka-ajat, matkakustannukset) on laskettu käyttäen hyväksi EMMA:n verkko- tai matriisilaskuria. Aluerakennetarkastelujen lähtökohtana on ollut ympäristöministeriön ja seutusuunnitelun keskusliiton määrittämä talousaluejako. (ks. julkaisua Suomen aluerakenteen näköaloja : Seutusuunnitelman valtakunnallinen tiivistelmä vuoteen 2010)

3.2.1 LIIKENNEVIRTA-AINEISTO

Mallityötä varten määräraippatutkimusrekisteristä on poimittu 290 virtaa eri puolilta maata. Mitään otantasuunnitelmaa ei poimintaa varten ole tehty. Kuntapari on valittu aineistoon, jos koko ko. kuntien välinen liikenne on havaittu haastattelupisteessä tai haastattelupisteen kiertäneellä osalla ei ole katsottu olevan merkitystä. Aineistoa on saatu sekä kehätutkimuksista että pistemäisistä tutkimuksista.

Eri vuosilta peräisin olevat tutkimukset on tehty yhteismitallisiksi käyttämällä koko maan keskimääräisiä liikenteen kasvukertoimia. Kaikki liikennemäärät on muunnettu vuoden 1985 tasoon, sillä siltä vuodelta on ollut parhaiten saatavissa kuntien maankäyttöä kuvaavia tietoja. Muunnoskertoimina on käytetty seuraavia lukuja

- 85 -> 85	1.000
- 86 -> 85	0.926
- 87 -> 85	0.890
- 88 -> 85	0.84

Kustakin kuntaparista on saatu vain kuntien välisen liikenteen kokonaismäärä (= molemmat suunnat yhteensä). Tämä on vaikuttanut oleellisesti muodostettujen mallien muotoon.

3.2.2 LIIKENNEVIRTAMALLI

Perusmalli on muotoa

$$(1) \quad T_{ij} + T_{ji} = M \cdot A \cdot V \frac{(AS_i \cdot AS_j)^C}{D^{r_{ij}}} \quad \text{kaikilla kunnilla } i, j$$

missä

T_{ij} = matkojen määrä kunnasta i kuntaan j

AS_i = kunnan i asukasluku

r_{ij} = matka-aika (min.) kunnasta i kuntaan j

M, A, V, C, D = vakioita

Keskeistä mallissa on se, että siinä on otettu huomioon talousalueiden vaikutus alueiden liikenteeseen. Käytössä ollut talousaluejako noudattaa Ympäristöministeriön ja Seutusuunnittelun keskusliiton käyttämää jakoa (ks. julkaisua Suomen aluerakenteen näköaloja: Seutusuunnitelmien valtakunnallinen tiivistelmä vuoteen 2010). Käytetty jako poikkeaa ko. jaosta vain siinä, että Uudenmaan läänistä on muodostettu vain yksi talousalue.

Talousalueiden keskuksiksi on määritelty seuraavat kaupungit: Helsinki, Turku, Hämeenlinna, Lahti, Kouvola, Kotka, Pori, Tampere, Jyväskylä, Mikkeli, Lappeenranta, Vaasa, Kokkola, Seinäjoki, Kuopio, Joensuu, Oulu, Kajaani, Kemi ja Rovaniemi.

Aluekeskukset on valittu samoin kuin TIEH:ssa käytetyssä tieverkon runkosuunnitelmassa vuodelle 2000. Joillakin talousalueilla on useita aluekeskuksia (Kymen, Vaasan ja Lapin alueet)

Aineiston perusteella kuntaparityypit jakautuvat kolmeen ryhmään:

1. Kunnat samalla alueella ja toinen kunnista on aluekeskus (A)
2. Molemmat parin kunnista ovat aluekeskuksia (M)
3. Muut kuntaparit

Ryhmien 1 ja 2 parien osalta asukaslukujen ja matka-aikojen perusteella laskettuja liikennemääriä on korjattava kertomalla ne sopivilla vakioilla. Mallissa (1) M ja A ovat aluekeskusvakioita.

Eräiden näkemysten mukaan kunnan kokoa kuvaavien muuttujien joustojen pitäisi olla ykkösiä. Tällainen rekursiivinen ajattelu ei välttämättä kuitenkaan ole oikea. Kunta kokonaisuena toimii eri tavalla kuin osat erikseen. Tässä mallissa asukaslukutermin eksponentti C on ykköstä pienempi luku. Etäisyystekijän jousto D on suunnilleen kaksi.

Koska useimmat maankäyttöä kuvaavat muuttujat korreloivat voimakkaasti keskenään, malliin ei malliteknisistä syistä ole otettu asukaslukujen lisäksi muita maankäyttöä kuvaavia muuttujia. Mallissa ei myöskään ole otettu huomioon kilpailevia kuntia tai kilpailevia kulkumuotoja.

Kaikkien matkojen malli on

$$\begin{aligned}
 (2) \log(\text{matkat}) = & 3.683 \\
 & - 1.945 * \log(\text{matka-aika min.}) \\
 & + 0.413 * \log(\text{Asukasluku}_i * \text{Asukasluku}_j) \\
 & + 0.687 * 1 \{ \text{kunnat samalla alueella ja toinen kunnista on aluekeskus} \} \\
 & + 0.987 * 1 \{ \text{molemmat aluekeskuksia} \}
 \end{aligned}$$

Mallin selitysaste on 0.73 ja eri selittävien muuttujien kertoimet ovat tilastollisesti nollassa poikkeavia ja etumerkeiltään loogisia. Liitteessä 1 on tarkempi analyysi mallista (2). Katso myös liite 2.

Tärkein mallin hyvyyden mitta on, että malli on looginen. Mallin selitysaste taas kertoo, kuinka suuren osan selitettävän muuttujan kokonaisvaihtelusta malli selittää.

Mallin hyvyyttä voidaan arvioida myös tutkimalla jäännöstermiä eli residuaalia (residuaali = havainnot - malli). Perusoletuksena on, että

1. residuaalit ovat toisistaan riippumattomia
2. residuaalien odotusarvo on 0
3. residuaalien varianssi on vakio
4. residuaalit ovat normaalisti jakautuneet

Kaikki edellä mainitut oletukset ovat tässä tapauksessa voimassa.

Logaritointi tarkoittaa sitä, että tutkitaan suhteellisia eroja. Mallia on kuitenkin tarkoitus käyttää logaritmoimattomana eli ollaan kiinnostuttu absoluuttisista eroista. Tällöin tulee esille kaksi ongelmaa.

1. Mallin tarkkuus huononee matkojen määrän kasvaessa
2. Mallin tarkkuus huononee matkan lyhetessä

(ks. kuvat 3 ja 4)

Mallia voidaan kuitenkin käyttää ns. priormatriisin luomiseen. Priormatriisia tarkennetaan liikennelaskennoissa havaituilla liikennemäärillä (= kalibrointi)

4. SIJOITTELU JA LIIKENNEMATRIISIN PÄIVITYS

4.1 YLEISTÄ

Koska malli perustuu vuoden 1985 liikenteeseen, sen avulla muodostettu liikennevirtamatriisi kuvaa nimenomaan vuoden 1985 liikennettä. Jotta saataisiin aikaan nykyliikenteen kuvaus, matriisi on päivitettävä. Päivitys tapahtuu parhaiten virtojen sijoittelun yhteydessä vertaamalla sopivissa verkon kohdissa sijoiteltuja ja havaittuja liikennemääriä.

Tässä työssä on sovellettu Ph.D. Heinz Spiessin kehittämää kalibrointialgoritmia, joka käyttää tehokkaasti hyväksi EMMA-järjestelmän ominaisuuksia. Algoritmissa hyödynnetään liikennelaskentojen lisäksi myös muuta saatavilla olevaa tietoa esim. matkojen pituusjakamaa. Heinz Spiess työskentelee Sveitsissä EMME/2 Support Centerissä ja on yksi EMMA-ohjelmiston pääkehittäjistä.

4.2 SIJOITTELU

Kun kyseessä on pitkän matkan liikenne, voidaan olettaa, että tieverkolla ei ole kapasiteettiongelmia. Sen takia liikennevirrat on voitu sijoitella periaatteella kaikki yhdelle reitille (nopein reitti). Samalla on välttytty ongelmalta määrittellä ruuhkan huomioon ottava vastusfunktio vuorokausiliikenteelle.

4.3 KALIBROINTI

Vertailupisteet on valittava siten, että niissä havaitaan mahdollisimman suuri osa liikenteestä. Koska tavoitteena on selvittää kuntien välinen liikenne, vertailu pitäisi tehdä sellaisissa kohdissa, joissa ei ole paikallista liikennettä tai liikennelaskennoissa pitäisi voida erottaa paikallinen liikenne ja pitkän matkan liikenne toisistaan.

Liikenneverkossa ei ollut käytössä tietoa kuntien rajoista, joten sopivia kalibrointipisteitä on vaikea osoittaa. Sen takia kalibrointi on tehty koko tieverkon kaikilla linkeillä lukuunottamatta taajama-alueita ja linkejä, joille ei sijoittunut lainkaan liikennettä

Taajama-alueet on jätetty pois poistamalla vertailupisteiden joukosta seuraavat linkit:

1. Linkit, joiden pituus on alle 2 km
2. Linkit, joiden liikennemäärä on yli 30000 autoa/vrk
3. Linkkityyppi 700 (kaupunkien keskustat)

Jäljelle jääneissä vertailupisteissä on kuitenkin vielä paikallista liikennettä.

4.4 PITUUSJAKAUMA

Mallilla laskettujen matkojen pituusjakaumaa voidaan verrata vuoden 1986 henkilöliikennetutkimuksessa havaittuun jakaumaan. (ks. Henkilöliikennetutkimus 1986 s. 28) Taulukossa 2 on esitetty pituusluokittain vuoden 1986 tutkimuksen havaittu matkojen pituusjakauma ja mallilla laskettu jakauma.

Taulukko 2 Mallin vertailu vuoden 1986 henkilöliikennetutkimukseen

Matkan pituusluokka km	V.1986 tutkimus		Rädyn malli	
	Matkoja (kpl)	Osuus (%)	Matkoja (kpl)	Osuus (%)
1 - 3	940337	20,6	10697	1,2
3 - 6	934010	20,5	10323	1,2
6 - 10	663526	14,6	95533	10,9
10 - 15	480499	10,5	88573	10,1
15 - 30	607801	13,3	161770	18,5
30 - 50	237358	5,2	121271	13,9
50 - 100	160774	3,5	157372	18
100 - 150	53457	1,2	81317	9,3
yli150	62141	1,4	146696	16,8

Mallissa

1. matkojen kokonaismäärä on n. 19 % vuoden 1986 tutkimuksen havaitusta
2. ajoneuvokilometrit ovat n. 95 % vuoden 1986 tutkimuksen havaitusta.

On kuitenkin huomattavana, että vuoden 1986 henkilöliikennetutkimus tehtiin postikyselynä ja siinä ei ole eroteltu paikallista ja pitkän matkan liikennettä.

Matkojen pituusjakauma ja kokonaissuorite on otettu mallissa huomioon siten, että mallimatriisi on pakotettu vastaamaan vuoden 1986 henkilöliikennetutkimuksessa havaittua jakaumaa. Pakotus on tehty siten, että pituusluokittain matkojen kokonaismäärät on asetettu samoiksi minkä jälkeen kokonaissuorite on vielä asetettu vastaamaan vuoden 1986 tasoa. Pakotusyhtälö on seuraava:

$$\begin{aligned} &(((s \geq 1) \text{ ja } (s < 3)) * 87.89839 + ((s \geq 3) \text{ ja } (s < 6)) * 90.47854 + \\ &((s \geq 6) \text{ ja } (s < 10)) * 7.39931 + ((s \geq 10) \text{ ja } (s < 15)) * 5.37435 + \\ &((s \geq 15) \text{ ja } (s < 30)) * 3.73377 + ((s \geq 30) \text{ ja } (s < 50)) * 1.90407 + \\ &((s \geq 50) \text{ ja } (s < 100)) * 1.02097 + ((s \geq 100) \text{ ja } (s < 150)) * 0.65611 + \\ &((s \geq 150) \text{ ja } (s < 9999)) * 0.42211) * m * 1.05631 \end{aligned}$$

missä s = matkan pituus
 m = matkojen määrä

4.5 TULOS

Kalibroinnin tuloksena koko verkon kuormituskuva on melko hyvä. Vain kaupunkien ympäristöissä on ongelmia, jotka johtuvat siitä, että mallissa ja sijoittelussa ei oteta huomioon paikallista liikennettä. Yhden reitin sijoittelu ei myöskään toimi kaupungeissa. Lisäksi on ongelmana katuverkon tarkkuus, mikä aiheutuu siitä, ettei tierekisterissä ole käsitelty tarkasti kaupunkien keskustoja. Sijoitellun ja linkeillä havaitun liikenteen korrelaatio on hyvä: selitysaste on 0.93. (ks. kuvat 5 ja 6) Yksittäisten linkkien kuormitusta ei mallin perusteella kuitenkaan voi laskea.

Kalibroinnin seurauksena:

1. Kokonaissuorite pienenee ja matkojen määrät pienenevät yleisesti. Matkojen kokonaismäärä on kalibroinnin jälkeen enää n. 69 % ja ajoneuvokilometrien määrä n. 79 % vuoden 1986 tutkimuksessa havaitusta (huom. kalibroinnissa ei ole mukana taajamia.)
2. Tuloksena ei ole nykyvirtojen kunta-kunta -matriisi.
3. Esim. aluekeskusten välisten matkojen määrät on pahasti aliarvioitu.

5. PROJEKTIN JATKO

Seuraavaksi esitellään luettelonomaisesti ehdotuksia mallien ja verkon kehittämiseksi.

5.1 LIIKENNEVERKKO

Jotta järjestelmästä saadaan toimiva, on kiinnitettävä huomiota seuraaviin asioihin:

1. Solmuille on saatava omat, säilyvät nimet (= numerot), jolloin aikasarjavertailu on mahdollinen ja verkon päivitys sujuu helposti. Solmuissa pitää olla tieto, missä kunnassa (millä osa-alueella) ne sijaitsevat.
2. Verkon yksinkertaistus - turhien solmujen poisto. Aluejakoon nähden verkko on liian tarkka.
3. Verkon pitää olla yhdistyvä myös kaupungeissa. Kaupunkien pääkadut pitää saada koodattua automaattisesti, sillä jokaisen kaupungin läpikäynti käsin vuosittain on liian suuri työ.
4. Eritasoliittymää tarkoittavien solmujen sijainti ja verkon yhdistettävyyttä täytyy olla yksiselitteinen.
5. Uusien tieyhteyksien analysointi ja testaus.
6. Tierakisteritiedon esittäminen ja analysointi.
7. Koko liikennejärjestelmän huomioon otettava suunnittelu: liikennemuotojen työnjako saatava näkyviin
8. Valmiin verkon tietojen päivitys, uusien tietolajien ajo jo olemassa olevaan verkkoon.

5.2 LIIKENNEMALLIT

Nyt käytössä olevaa mallia voitaneen parantaa

1. Ottamalla malliin mukaan uusia selittäjiä
2. Ottamalla malliin mukaan kilpailevat kulkumuodot
3. Siirtymällä Vorhees-tyyppiseen kenttämalliin

Kenttämalli ottaa huomioon kilpailevat kunnat. Siinä voidaan myös tarkastella lyhyen matkan liikennettä, jossa matka-aika ei ole merkitsevä tekijä. Kenttämallin toteuttamiseen tarvitaan kuitenkin paljon suurempi ja toisella tavalla kerätty aineisto kuin nyt on käytössä. Uusi aineisto saadaan kehätutkimuksista, joissa havaitaan kaikki kunnasta lähtevä tai sinne tuleva liikenne.

Aluerakenteen selvittämistä on syytä jatkaa.

5.3 KALIBROINTI JA SIJOITTELU

1. Liikennemääristä riippuvat vastusfunktiot, jolloin monireittisijoittelu on mahdollinen ainakin kaupunkin lähellä.
2. EMMA:n tietopankkiin seuraavan päivityksen yhteydessä on saatava tieto kuntien rajoista ja kalibrointi vain niissä.

5.4 LIIKENTEEN ENNUSTAMINEN

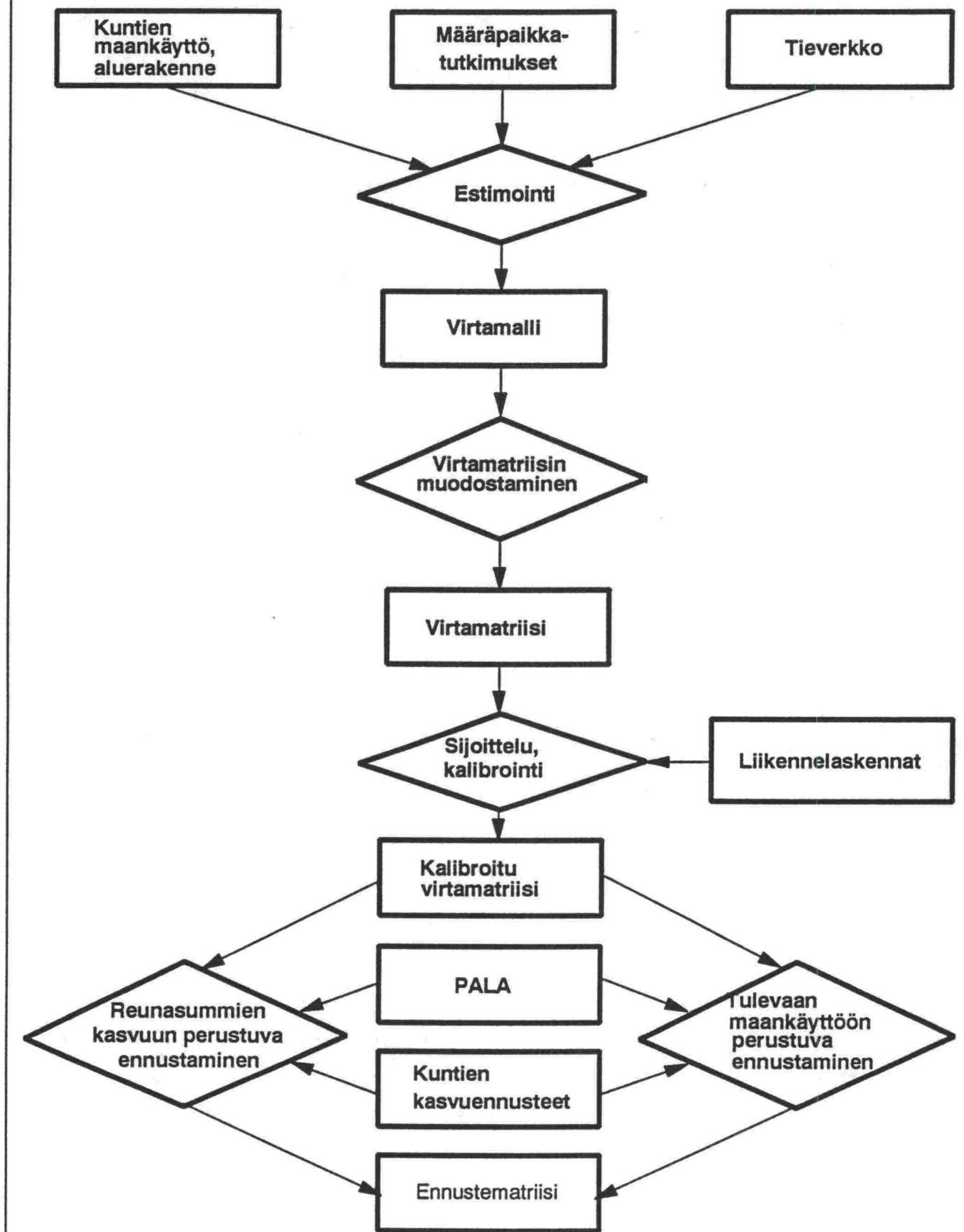
1. Reunasummien kasvuun perustuva ennustaminen
 - On arvioitava kunkin kunnan generointi ja attrahointi tulevaisuudessa
 - Liikenteen kokonaismäärä = PALA
 - Olemassa oleva matriis balansoidaan EMMA:ssa
 - Sijoittelu
2. Tulevaan maankäyttöön perustuva ennustaminen
 - Nykymalli
 - Tuleva maankäyttö tai autokanta
 - Tuleva verkko
 - Sijoittelu

Lähteet

1. Henkilötutkimus 1986: TVH Talousosasto tutkimustoimisto, Helsinki 1986
2. Suomen alueraketeen näköaloja- seutusuunnitelman valtakunnallinen tiivistelmä vuoteen 2010 : Ympäristöministeriö ja seutusuunnitelun keskusliitto, Forssa 1986
3. TIEH:n tierekisteri 1989
4. TIEH:n määräpaikkatutkimusrekisteri 1989
5. Valtion tietokonekeskuksen aluetietokannat ALTIKA ja ASTIKA 1989
6. EMME/2- users manual INRO 1989
7. Spiess, Heinz: Muistiinpanot kalibrointiongelmista 1989

LIIKENNEVIRTAMALLIT

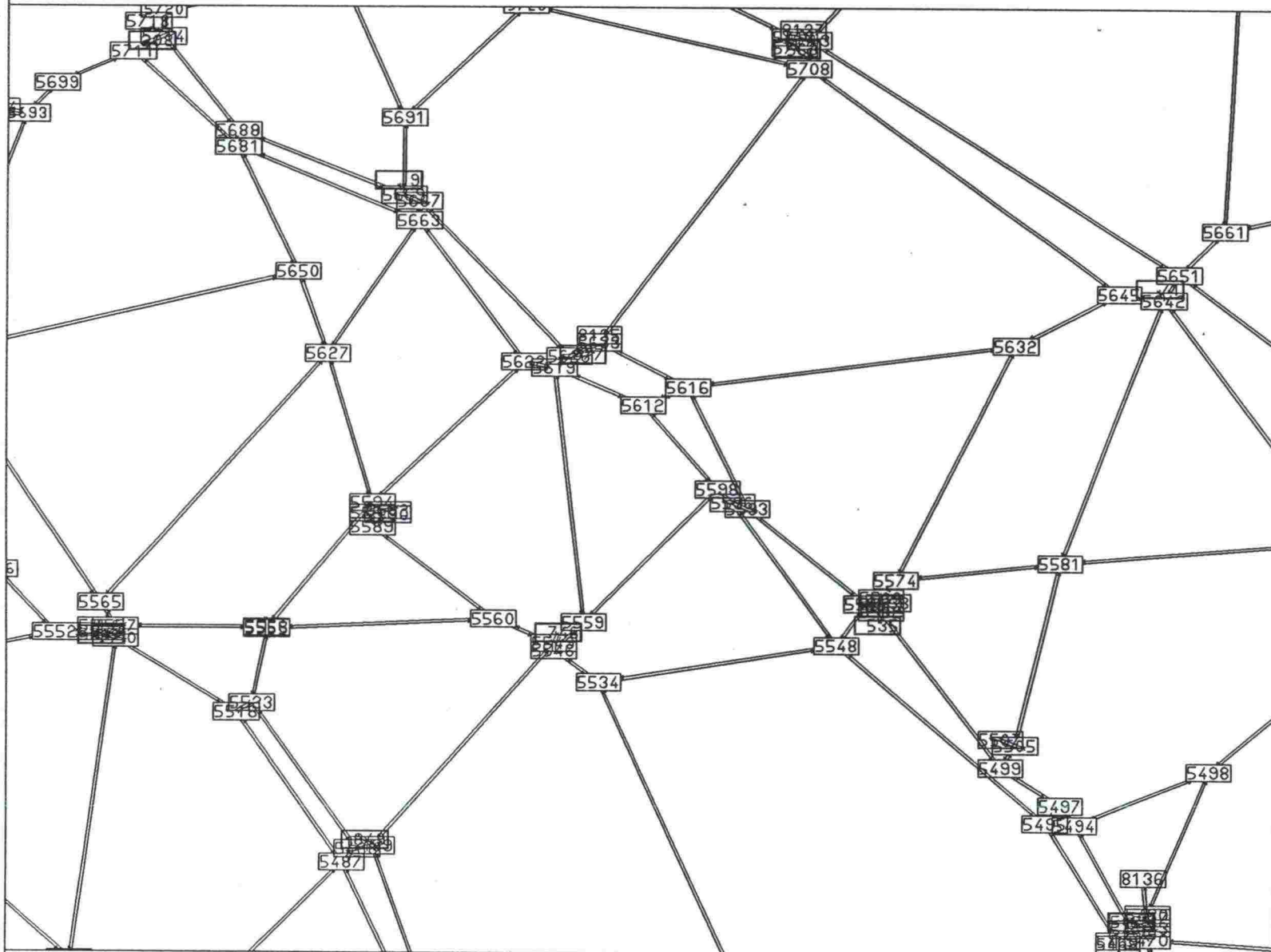
Kuva 1



BASE NETWORK

emme/2

LINKS:
ALL

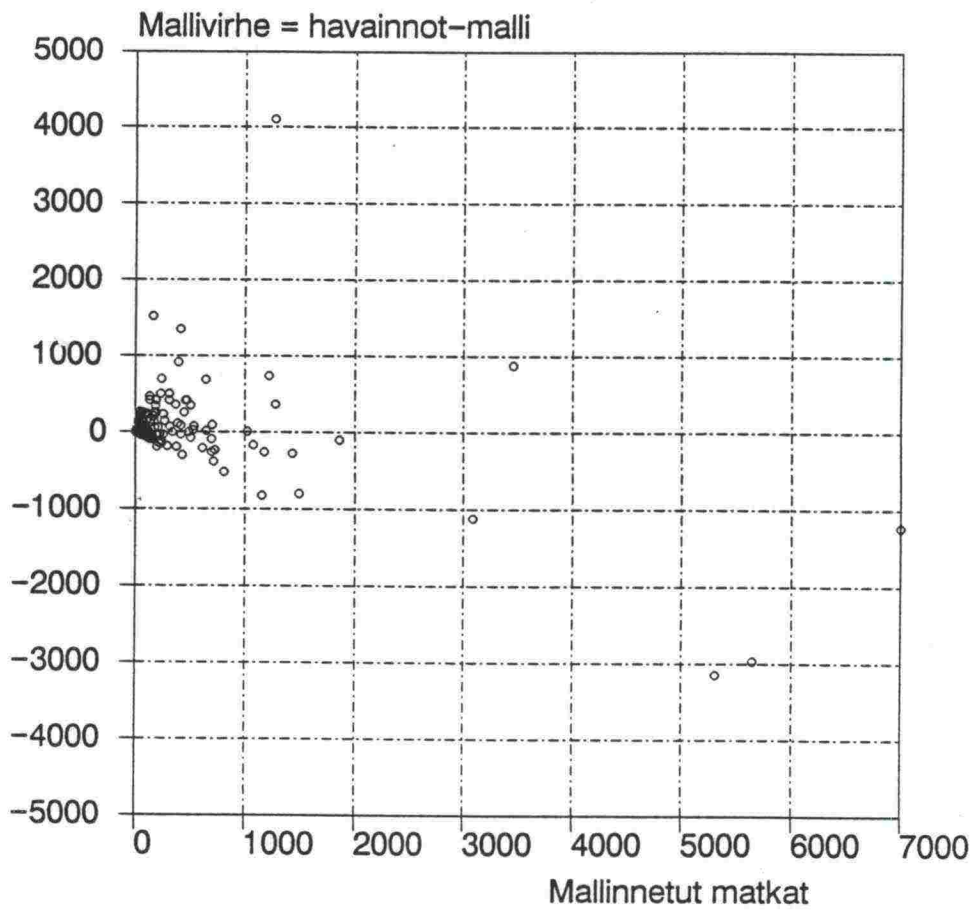


WINDOW:
3417.1/ 70711
4263.9/ 71347

EMME/2 PROJECT: TVH/Stk VALTAKUNNAN VERKKO: LIIKENNEVIRTAPROJEKTI
SCENARIO 1000: FINNISH ROAD NETWORK - BASE SCENARIO

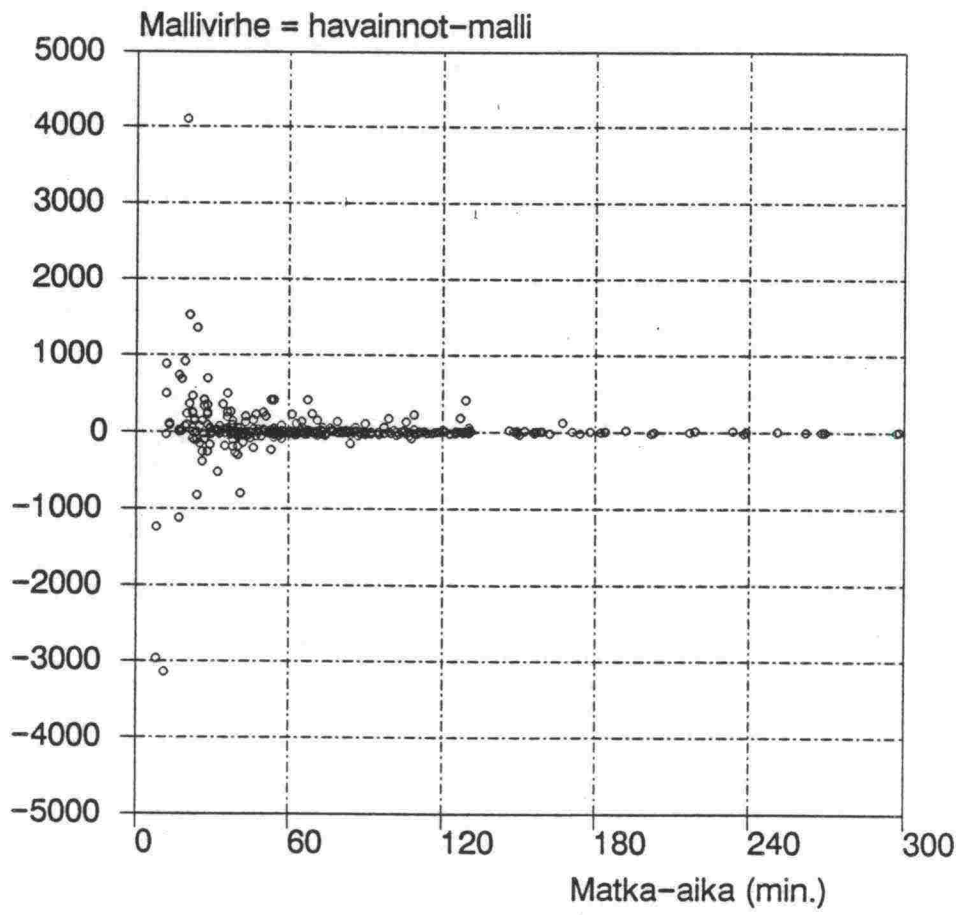
DATE: 90 04 23
MODULE: 2.13
TVH/TVL.....pr

Kuva 2



MALLIVIRHE MATKA-AJAN FUNKTIONA

Kuva 4

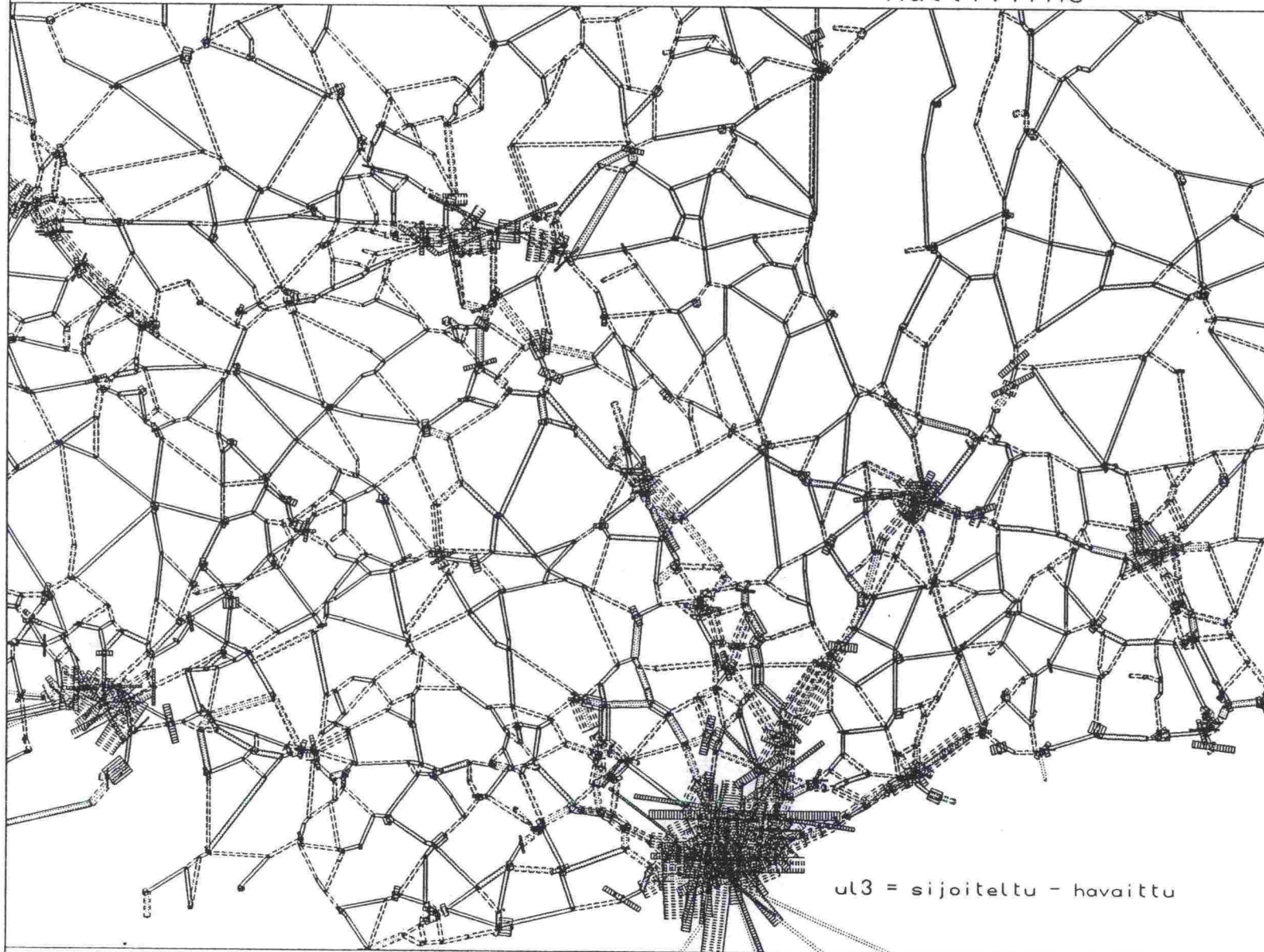


Verkon kuormitus

BASE NETWORK
USER DEFINED LINK DATA 3

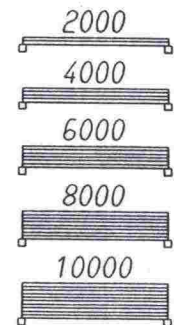
Mallivirhe

emme/2



LINKS:
ALL
THRESHOLD:
LOWER: -99999
UPPER: 99999

SCALE: 500



ul3 = sijoitettu - havaittu

WINDOW:
2164.6/ 66577
5098/ 68777

EMME/2 PROJECT: TVH/Stk VALTAKUNNAN VERKKO: LIIKENNEVIRTAPROJEKTI
SCENARIO 3000: Liikennevirrat 1988, sij+kalibr m3 6

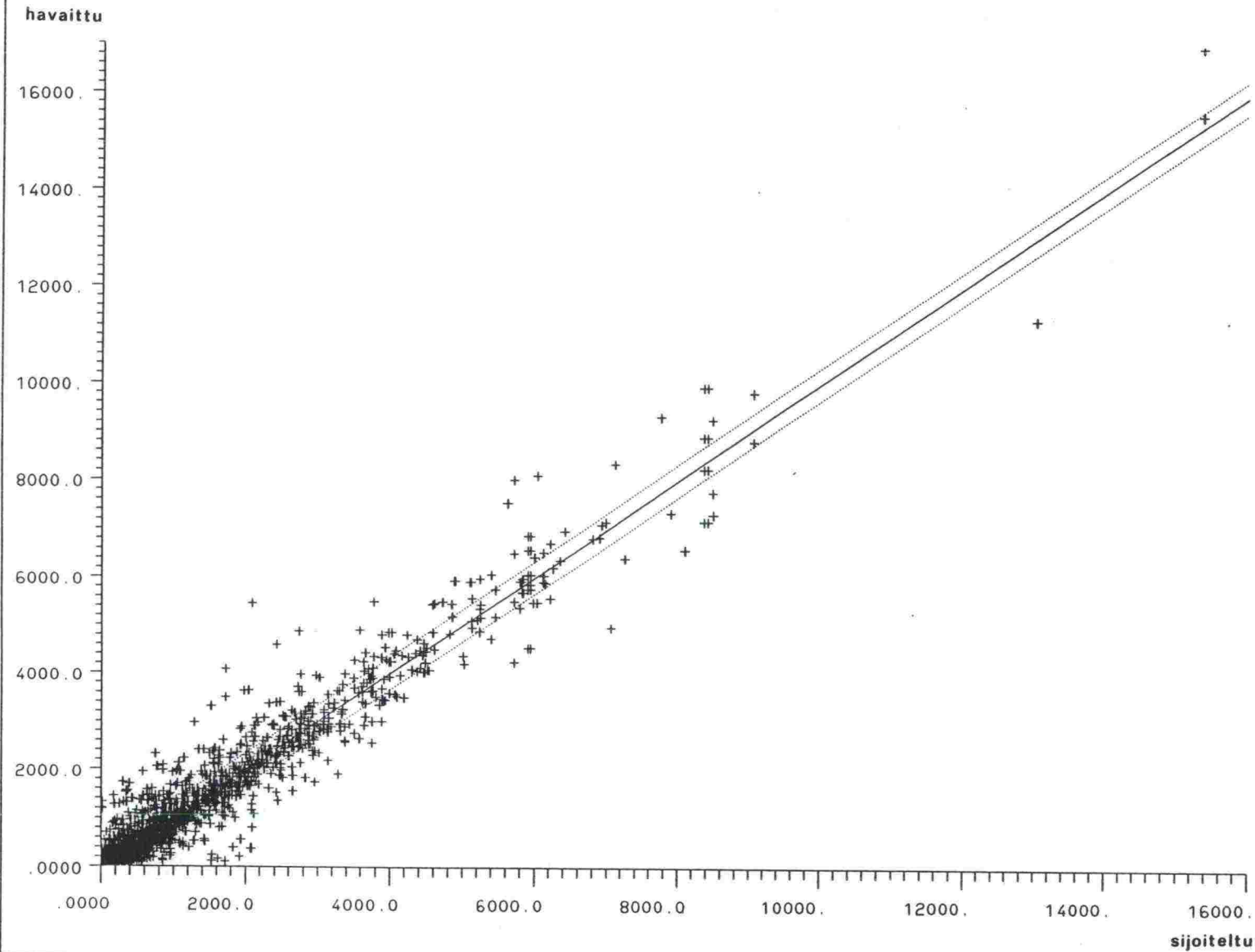
DATE: 90 03 05
MODULE: 2.13
TVH/TVL.....pr

Kuva 5

LINKEILLE SJOITELTUJEN JA NIILLÄ HAVAITTUJEN LIIKENNEMÄÄRIEN VERTAILU

emme/2

5707 LINKS:
IUL1=0
REGR: Y=A+BX
A= 10.24242
B= .995503
R2= .93613
STD= 336.95



EMME/2 PROJECT: TVH/Stk VALTAKUNNAN VERKKO: LIIKENNEVIRTAPROJEKTI
SCENARIO 3000: Liikennevirrat 1988. sij+kalibr mf3 6

DATE: 90 03 01
MODULE: 2.43
TVH/TVL.....pr

Liite 1: Liikennevirtamallin regressioanalyysi

Regression diagnostics on data AINEISTO: N=290
Regressand LMA § of regressors=5 (Constant term included)
Condition number of scaled X: k=43.6647
Variable Regr.coeff. Std.dev. t
Constant 3.6826624 0.6576374 5.5998
LAI -1.9452909 0.0827710 -23.502
LAS 0.4136671 0.0366482 11.288
A 0.6870736 0.1017335 6.7537
M 0.9872475 0.1339215 7.3718
Variance of regressand LMA=1.885495687 df=289
Residual variance=0.505261715 df=285
R=0.8578 R²=0.7357 Durbin-Watson=0.012

LAI = log(matka-aika minuutteina välillä ij)
LAS = log(asukkaat(i)*asukkaat(j))
A = 1{kunnat samalla alueella ja toinen kunnista on aluekeskus}
M = 1{molemmat kunnat ovat aluekeskuksia}

Residuaalien normaalisuustesti:

Tests for normality: Sample AINEISTO(RES) N=290
Mean=-0.000000 Std.dev.=0.705881
Skewness=-0.069582 Kurtosis=0.255655 (normal values=0)
Median=0.027496
D'Agostino D=0.279568 Y=-1.435 (0.2<P<0.8)
Anderson-Darling A=0.589 (P=0.125)

PR 17.5.1990

Liite 2: Huomautus mallin muuttamisesta logaritmoimattomaan muotoon

Kun tarkasteltavana oleva alkuperäinen funktio on muotoa

$$Y = BX_1^{B_1} \dots X_k^{B_k} e^u$$

missä $u \approx N(0, \sigma^2)$ $u \perp X_i$ (kuten nyt esillä olleessa mallissa on asian laita), tehdään mallin linearisoimiseksi yleensä logaritmuunnokset

$$\begin{aligned} y &= \log(Y) \\ x_i &= \log(X_i) \\ \pi_i &= \sum \beta_i X_i \\ \beta &= \log(B) \end{aligned}$$

Tällöin

$$Y = e^y = e^\beta e^\pi e^u$$

ja

$$E(Y|X) = Ae^\pi = Be^{\frac{1}{2}\sigma^2} e^\pi$$

missä vakiotermin keskiarvo on A ja mediaani B.

Logaritmin poisto käyttämällä pelkästään eksponenttimuunnosta ei kelpaa, sillä tällöin saadaan U:n

$$U = e^u$$

mediaani keskiarvon asemesta. U on nimittäin lognormaalisti jakautunut. Goldberger esittää artikkelissaan The Interpretation and Estimation of Cobb-Douglas Functions (Econometrica, Vol. 35, No. 3-4, 1968) funktiot, joiden avulla laskettujen kertoimien avulla saadaan vakiotermin keskiarvon ja mediaanin harhattomat estimaatit. Funktiot ovat muotoa

$$\begin{aligned} F_A &= \sum_{j=0}^{\infty} \frac{1}{j!} \left(\frac{\frac{1}{2}(1-m^{00})s^2}{\Gamma(\frac{1}{2}(1-m^{00}))s^2+j} \right)^j \\ F_B &= \sum_{j=0}^{\infty} \frac{1}{j!} \left(\frac{\frac{1}{2}(-\frac{1}{2}m^{00})s^2}{\Gamma(\frac{1}{2}(-\frac{1}{2}m^{00}))s^2+j} \right)^j \end{aligned}$$

missä m^{00} on matriisin $(X'X)^{-1}$ alkio (1,1) (X = logaritmoitu havaintomatriisi) ja s^2 on logaritmoidun mallin jäännösvarianssi.

Vakiotermin keskiarvon ja mediaanin harhattomat estimaatit ovat tällöin vastaavasti

$$\hat{A} = e^{b_{F_A}} \text{ ja } \hat{B} = e^{b_{F_B}}$$

missä b on log(B):n estimaatti. (Mallissa (2) $b = 3.683$)

Tässä tapauksessa kertoimet ovat

$$F_A = 1.037 \text{ tai } F_B = 0.805$$

Keskiarvo lienee tässä yhteydessä oikea valinta. Tässä väliraportissa ei ole tehty edellä esitettyä korjausta, vaan on käytetty pelkästään eksponenttimuunnosta.

