

## LIIKENNEONNETTOMUUKSIEN AIKASARJA- ENNUSTE VUODELLE 1988

TIE - JA VESIRAKENNUSHALLITUS  
TUTKIMUSKESKUS  
INSINÖÖRITOIMISTO PENTTI POLVINEN KY  
TVH 741863

HELSINKI 1988

08  
TIE



89 0375

LIIKENNEONNETTOMUUKSIEN AIKASARJAENNUSTE  
vuodelle 1988

Tie- ja vesirakennushallitus  
Tutkimuskeskus  
Insinööritoimisto Pentti Polvinen Ky

Helsinki 1988

ISBN-951-47-1629-9

## Alkusanat

Oheinen liikenneonnettomuuksien aikasarjaennuste on tehty tie- ja vesirakennushallituksen toimeksiannosta. Se seuraa ensimmäisenä vuosikatsauksena vuonna 1987 tehtyä tarkastelua "Aikasarjojen käyttö liikenneonnettomuustilastoissa" ja siinä suositeltuja suuntaviivoja.

Ennusteen on tehnyt Insinööritoimisto Pentti Polvinen Ky. Tilaajan puolesta työtä on valvonut dipl.ins. Mikko Oja-järvi.

## Sisällys

Alkusanat	i
Sisällys	ii
1. Johdanto	1
2. Kehitysennusteet vuodelle 1988	2
2.1 Kaikki yleisten teiden onnettomuudet	2
2.2 Auto-onnettomuudet	4
2.3 Kevyen liikenteen onnettomuudet	10
3. Valittujen aikasarjojen testisuureet ja testitulokset	12
Kirjallisuus	13

## 1. JOHDANTO

Tässä raportissa esitetyt yleisten teiden liikenneonnettomuuksien kehitysennusteet on tehty n.s. Box-Jenkins aikasarjamalleja käyttäen. Aikasarjamallit on tehty perustuen vuosien 1978-1987 onnettomuuslukuihin. Onnettomuusluvut sisältävät yleisillä teillä tapahtuneet poliisin tietoon tulleet onnettomuudet. Ne edustavat noin kolmannesta kai-kista liikenneonnettomuuksista.

Malleilla ennustetaan vuoden 1988 liikenneonnettomuudet kuukausittain perustuen 10 vuoden kehitykseen. Silloin kun kehitys on mallien mukainen, onnettomuusluvut sijoittuvat voimakkaimmin mallin lähetyville ja tasaisesti sen molem-min puolin. Heilahtelu mallin ympäristössä on täysin satun-naista eikä yksittäisen kuukauden onnettomuusluvun poikkeaa-man suunta ole sidottu edellisen vuoden poikkeamasuuntaan. Onnettomuusluvut pysyvät 50% ja 95% todennäköisyydellä mallien viereen laskettujen todennäköisyysrajojen välillä.

Kehitystrendi muuttuu silloin kun edellä kuvattu tasapaino-tila häiriytyy. Onnettomuusluvut eivät enää sijoitu tasai-sesti mallin ympärille, vaan niiden sijainti painottuu jom-paan kumpaankin suuntaan ja todennäköisyysrajat ylittyvät useammin kuin on laskettu.

Kunkin ennustetaulukon yhteydessä on esitetty siihen käy-tetty malli kaaviona  $ARIMA(p,d,q)_v$ . Sulkulausekkeen kir-jaimista p tarkoittaa autoregressioparametrien lukumäärää, q liukuvan keskiarvon parametrien lukumäärää ja d aikasar-jan differenttikertojen lukumäärää. Alaindeksi v tarkoittaa differentiointiväliä kuukausissa. Jos  $v=1$ , se on jätetty ilmoittamatta.

Aikasarjamallit on testattu useilla tilastollisilla menetelmillä. Testisuureet ja testien tulokset on esitetty liitteessä 1.

## 2. KEHITYSENNUSTEET VUODELLE 1988

### 2.1 Kaikki yleisten teiden onnettomuudet (kuva 1)

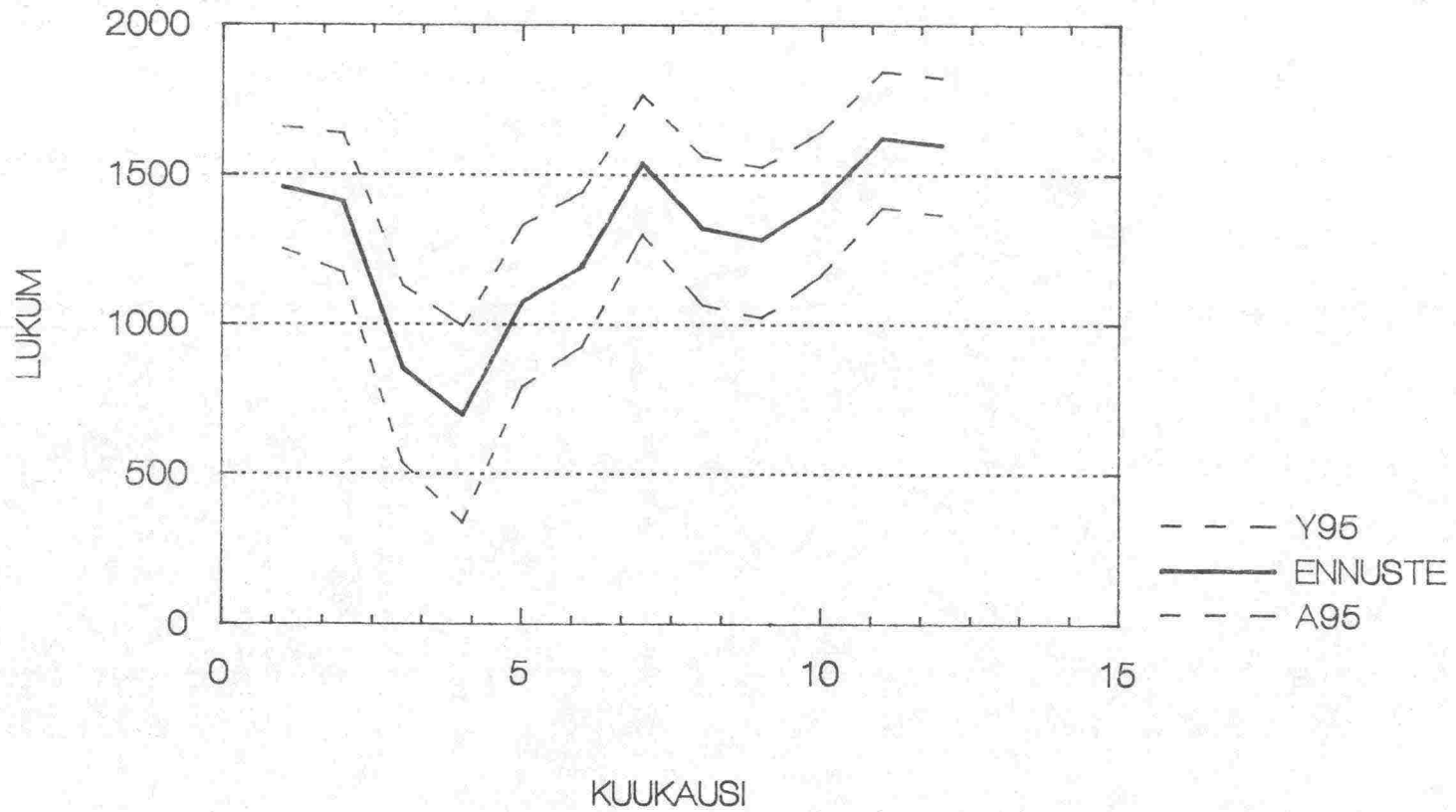
Malli A1 ARIMA (1,0,0)(1,1,1)<sub>12</sub>

Kuukausi	A95%	A50%	Ennus	Y50%	Y95%
Tammi	1251	1390	1461	1530	1660
Helmi	1171	1331	1411	1490	1637
Maalis	538	752	855	953	1130
Huhti	337	584	697	804	993
Touko	791	982	1076	1166	1332
Kesä	928	1108	1198	1285	1445
Heinä	1302	1461	1542	1621	1768
Elo	1065	1236	1323	1407	1561
Syys	1022	1196	1284	1369	1525
Loka	1166	1332	1416	1498	1649
Marras	1391	1547	1626	1703	1847
Joulu	1365	1521	1601	1679	1824
Summa	12326	14440	15489	16505	18371



# Kaikki yleisten teiden onnettomuudet

Ennuste ja 95% todennäköisyysrajat vuodelle 1988



Kuva 1

## 2.2 Auto-onnettomuudet

### 2.21 Kuolemaan johtaneet auto-onnettomuudet (kuva 2)

#### 2.211 Yksittäisönettomuudet

Malli B31 IMA (0,1,1)(0,1,1)<sub>12</sub>

Kuukausi	A95%	A50%	Ennuste	Y50%	Y95%
Tammi	0	1	1	2	6
Helmi	0	0	1	1	4
Maalis	0	0	1	1	4
Huhti	0	2	4	5	11
Touko	1	4	6	8	15
Kesä	2	6	9	12	19
Heinä	3	6	9	12	20
Elo	3	6	9	12	20
Syys	1	3	5	8	14
Loka	1	4	6	8	15
Marras	1	3	4	7	13
Joulu	0	2	3	5	10
Summa	13	37	57	83	151

#### 2.212 Muut kuolemaan johtaneet auto-onnettomuudet

Malli B32 ARIMA (1,0,0)(1,1,1)<sub>12</sub>

Kuukausi	A95%	A50%	Ennuste	Y50%	Y95%
Tammi	11	15	18	22	29
Helmi	6	10	12	15	21
Maalis	2	4	6	8	12
Huhti	3	5	7	9	13
Touko	4	7	9	11	17
Kesä	5	8	10	12	18
Heinä	5	9	11	14	19
Elo	5	8	10	12	18
Syys	7	11	14	17	23
Loka	6	10	12	15	21
Marras	12	18	21	25	33
Joulu	14	20	24	28	36
Summa	80	125	154	186	259

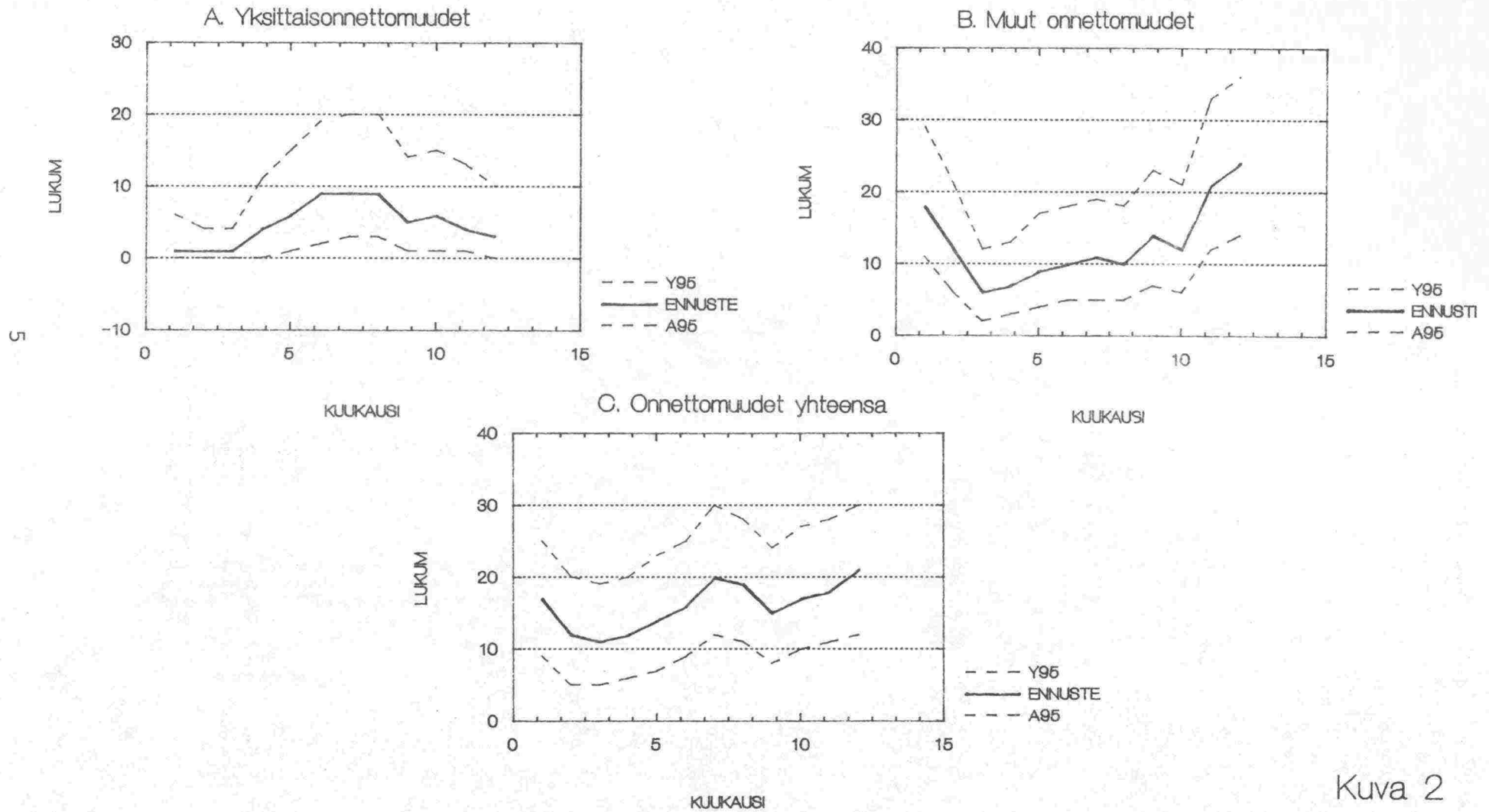
#### 2.213 Kuolemaan johtaneet auto-onnettomuudet yhteensä

Malli B33 IMA (0,0,1)(0,1,1)<sub>12</sub>

Kuukausi	A95%	A50%	Ennuste	Y50%	Y95%
Tammi	9	14	17	19	25
Helmi	5	9	12	14	20
Maalis	5	9	11	14	19
Huhti	6	9	12	14	20
Touko	7	12	14	17	23
Kesä	9	14	16	19	25
Heinä	12	17	20	24	30
Elo	11	16	19	22	28
Syys	8	13	15	18	24
Loka	10	15	17	20	27
Marras	11	16	18	22	28
Joulu	12	18	21	24	30
Summa	106	161	193	228	300

# Kuolemaan johtaneet auto-onnettomuudet

Ennuste ja 95% todennäköisyysrajat vuodelle 1988



Kuva 2

2.22 Henkilövahinkoihin johtaneet auto-onnettomuudet (kuva 3)

2.221 Yksittäisonnettomuudet

Malli B21 ARIMA (0,1,1)(1,0,1)<sub>12</sub>

Kuukausi	A95%	A50%	Ennuste	Y50%	Y95%
Tammi	20	49	65	82	114
Helmi	6	39	58	78	117
Maalis	7	46	69	92	138
Huhti	26	73	99	126	179
Touko	0	44	71	99	156
Kesä	25	81	112	143	206
Heinä	15	73	106	140	207
Elo	12	72	107	143	215
Syys	6	69	105	143	218
Loka	25	95	134	175	255
Marras	0	62	101	143	225
Joulu	0	55	97	140	225
Summa	141	758	1125	1504	2255

2.222 Muut henkilövahinkoihin johtaneet auto-onnettomuudet

Malli B22 ARIMA (1,0,1)(0,1,1)<sub>12</sub>

Kuukausi	A95%	A50%	Ennuste	Y50%	Y95%
Tammi	154	182	198	215	248
Helmi	116	143	158	173	205
Maalis	97	123	138	153	183
Huhti	52	72	84	97	123
Touko	68	91	104	117	145
Kesä	90	115	129	144	174
Heinä	122	150	165	182	214
Elo	101	127	141	157	188
Syys	85	110	124	138	168
Loka	90	115	129	144	174
Marras	92	117	131	146	176
Joulu	140	170	186	203	237
Summa	1206	1515	1688	1869	2235

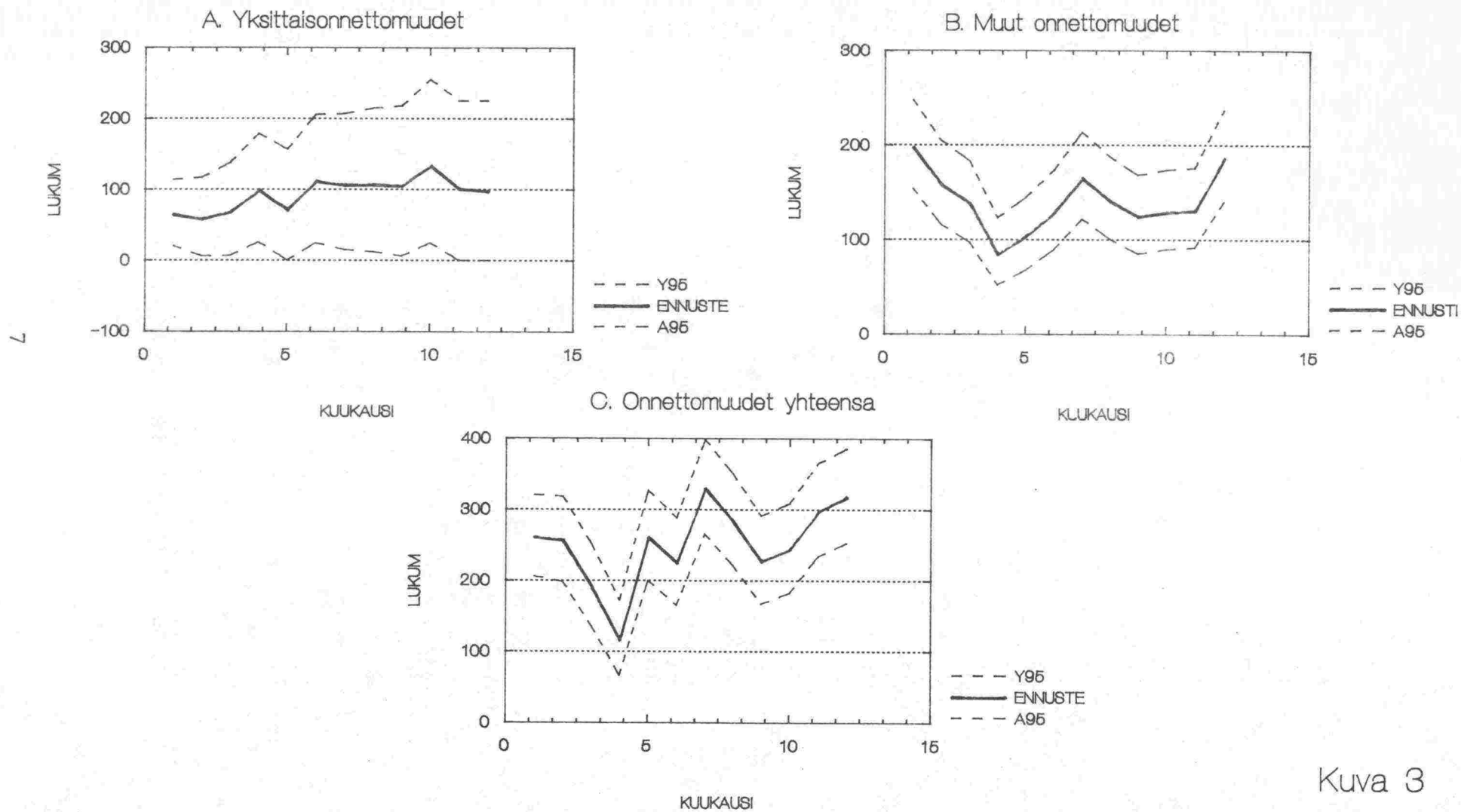
2.223 Henkilövahinkoihin johtaneet auto-onnettomuudet yhteensä

Malli B23 ARIMA (1,0,1)(0,1,1)<sub>12</sub>

Kuukausi	A95%	A50%	Ennuste	Y50%	Y95%
Tammi	206	242	262	282	321
Helmi	198	236	257	278	318
Maalis	135	171	191	211	251
Huhti	66	98	116	135	172
Touko	200	240	262	284	327
Kesä	165	204	225	246	288
Heinä	266	308	331	354	399
Elo	221	262	284	306	350
Syys	167	206	227	249	291
Loka	183	223	245	267	309
Marras	234	276	298	321	365
Joulu	253	295	318	341	386
Summa	2294	2763	3017	3274	3777

# Henkilovahinkoihin johtaneet auto-onnettomuudet

Ennuste ja 95% todennäköisyysrajat vuodelle 1988



Kuva 3

## 2.23 Kaikki auto-onnettomuudet (kuva 4)

### 2.231 Yksittäisonnettomuudet

Malli B11 IMA (0,1,2)(0,1,1)<sub>12</sub>

Kuukausi	A95%	A50%	Ennuste	Y50%	Y95%
Tammi	245	293	320	346	398
Helmi	175	223	249	276	328
Maalis	193	243	270	297	351
Huhti	217	268	296	324	380
Touko	251	305	334	363	420
Kesä	318	374	405	435	496
Heinä	355	413	445	477	539
Elo	331	390	421	453	515
Syys	280	337	368	400	461
Loka	388	450	483	516	582
Marras	364	426	459	493	558
Joulu	330	392	424	458	523
Summa	3448	4115	4473	4838	5549

### 2.232 Muut auto-onnettomuudet

Malli B12 ARIMA (1,1,1)(0,1,1)<sub>12</sub>

Kuukausi	A95%	A50%	Ennus	Y50%	Y95%
Tammi	924	1109	1220	1343	1612
Helmi	764	937	1044	1163	1429
Maalis	650	806	902	1010	1254
Huhti	374	466	524	589	737
Touko	432	543	612	689	866
Kesä	541	683	772	873	1102
Heinä	667	846	959	1087	1380
Elo	582	742	843	958	1223
Syys	513	657	748	853	1093
Loka	533	686	784	895	1153
Marras	609	788	902	1033	1337
Joulu	825	1072	1230	1412	1835
Summa	7412	9337	10542	11905	15021

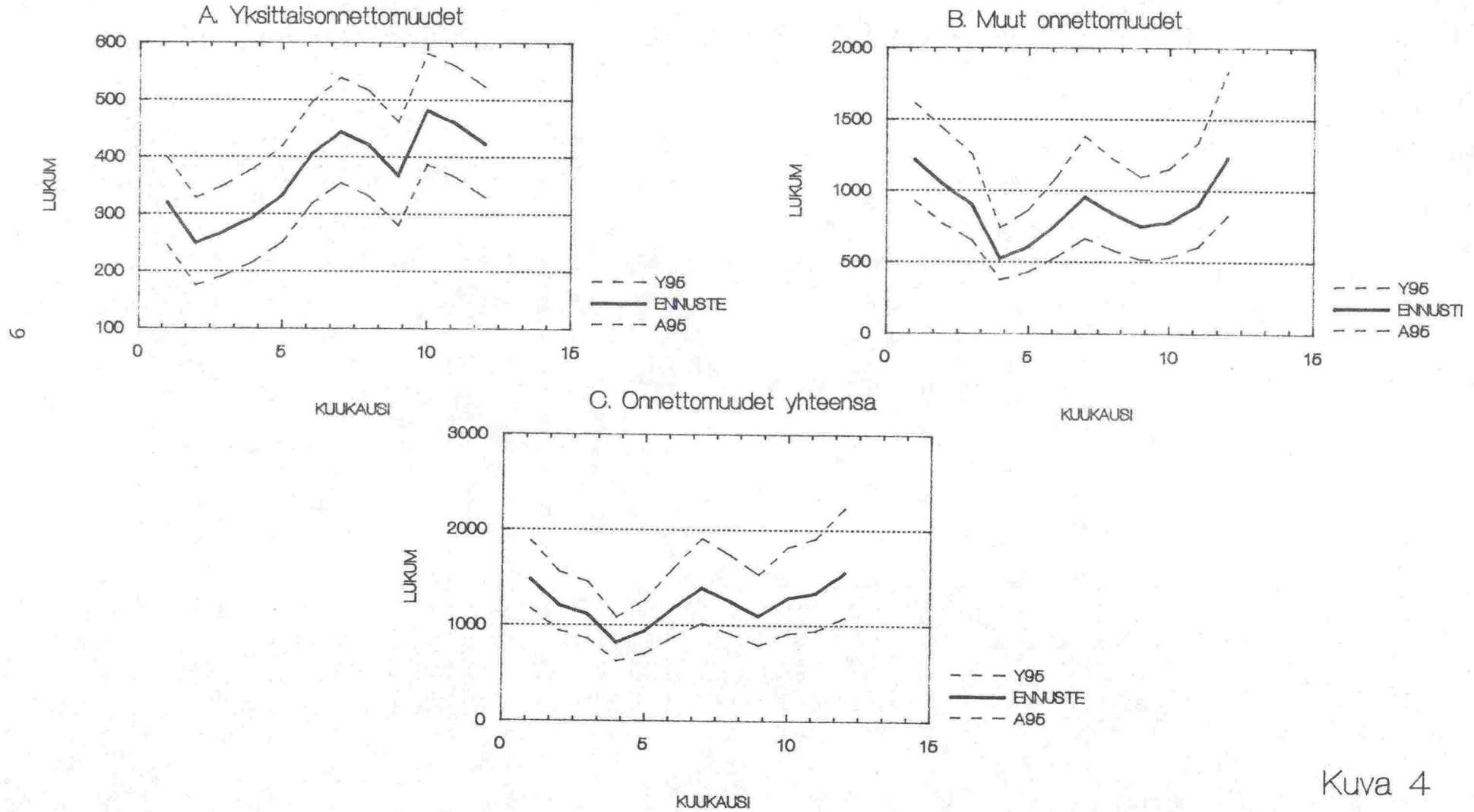
### 2.233 Auto-onnettomuudet yhteensä

Malli B13 ARIMA (1,0,1)(0,1,1)<sub>12</sub>

Kuukausi	A95%	A50%	Ennus	Y50%	Y95%
Tammi	1173	1371	1488	1615	1887
Helmi	941	1110	1211	1320	1558
Maalis	853	1015	1112	1218	1450
Huhti	618	742	816	898	1078
Touko	708	856	946	1045	1264
Kesä	877	1068	1184	1314	1600
Heinä	1024	1256	1398	1557	1912
Elo	908	1122	1254	1401	1732
Syys	786	978	1097	1230	1530
Loka	916	1147	1291	1452	1819
Marras	946	1192	1346	1520	1914
Joulu	1085	1376	1558	1764	2235
Summa	10833	13233	14701	16334	19979

# Kaikki auto-onnettomuudet

Ennuste ja 95% todennäköisyysrajat vuodelle 1988



Kuva 4

### 3.3 Kevyen liikenteen onnettomuudet (kuva 5)

#### 3.31 Kuolemaan johtaneet kevyen liikenteen onnettomuudet

Malli C1 AR (1,1,0)<sub>12</sub>

Kuukausi	A95%	A50%	Ennuste	Y50%	Y95%
Tammi	6	11	14	18	28
Helmi	6	10	13	16	25
Maalis	3	5	7	9	15
Huhti	5	9	12	15	24
Touko	2	4	6	8	14
Kesä	6	10	14	17	27
Heinä	11	18	23	28	43
Elo	6	10	13	17	26
Syys	4	8	10	13	21
Loka	6	11	14	18	28
Marras	2	3	4	6	10
Joulu	6	10	13	17	27
Summa	62	108	142	183	287

#### 3.32 Henkilövahinkoihin johtaneet kevyen liikenteen onnettomuudet

Malli C2 ARIMA (1,0,0)(1,1,1)<sub>12</sub>

Kuukausi	A95%	A50%	Ennuste	Y50%	Y95%
Tammi	29	44	52	61	78
Helmi	23	38	46	55	73
Maalis	30	46	55	64	82
Huhti	41	57	67	76	95
Touko	70	89	99	109	129
Kesä	57	75	85	94	114
Heinä	95	115	125	136	157
Elo	90	109	119	130	151
Syys	79	97	108	118	138
Loka	72	91	101	111	131
Marras	52	69	79	89	108
Joulu	52	69	79	88	108
Summa	689	899	1014	1131	1363

#### 3.33 Kevyen liikenteen onnettomuudet yhteensä

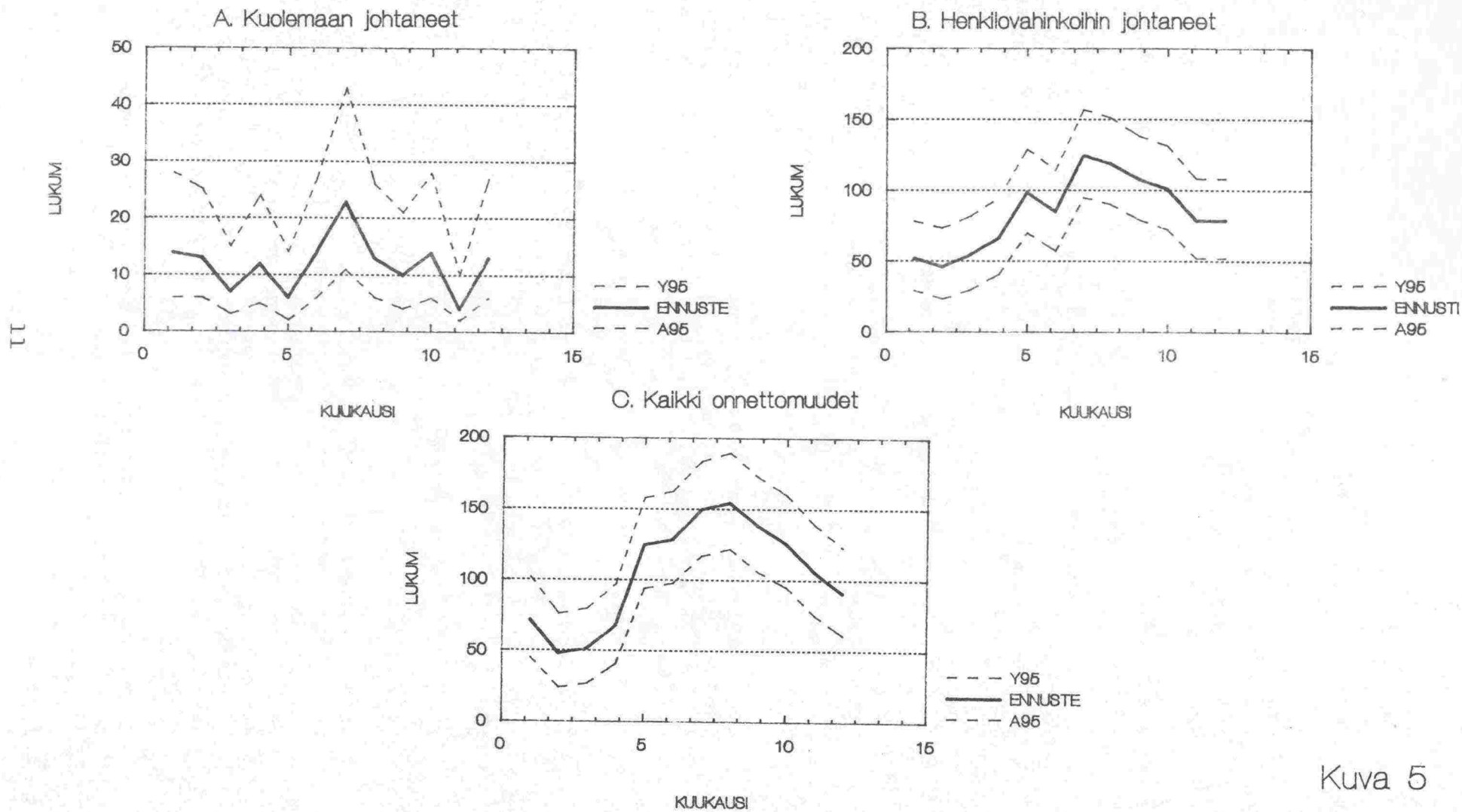
Malli C3 ARIMA (1,1,1)(0,1,1)<sub>12</sub>

Kuukausi	A95%	A50%	Ennuste	Y50%	Y95%
Tammi	45	63	72	82	102
Helmi	24	39	48	57	76
Maalis	27	43	52	62	80
Huhti	41	58	68	78	97
Touko	94	115	125	137	158
Kesä	98	118	129	141	163
Heinä	117	138	150	161	184
Elo	122	144	155	167	190
Syys	106	127	139	150	173
Loka	95	115	126	138	160
Marras	75	95	106	117	139
Joulu	61	80	91	102	123
Summa	905	1137	1263	1392	1645



# Kevyen liikenteen onnettomuudet

Ennuste ja 95% todennäköisyysrajat vuodelle 1988



Kuva 5

### 3. VALITTUJEN AIKASARJOJEN TESTISUUREET JA TESTITULOKSET.

Aikasarjamallit valitaan siten että ne mahdollisimman hyvin kuvaavat niiden perustana olevia aikasarjoja. Mallien huolellinen testaus pienentää niiden virherajoja ja ennusteiden vaihtelurajoja.

Aikasarjoja ARIMA(p,d,q) valittaessa käytettiin kolmea eri testiä. Kaksi ensimmäistä kohdistuu residuaalien autokorrelaatioiden tarkasteluun ja kolmas residuaalien jaksottaiten ominaisuuksien tarkasteluun. (residuaali on erotus mallin antaman tuloksen ja havaitun lukuarvon välillä)

Residuaalien autokorrelaatiot saadaan laskemalla residuaalisarjan korrelaatio itsensä kanssa kun sarjaa siirretään itseensä nähden 1..n-1 askelta n:n ollessa sarjan pituus. Aikasarjan parametrien ollessa oikein valittuja laskettujen autokorrelaatioiden täytyy olla keskenään korreloimattomia ja normaalijakautuneita keskiarvolla 0 ja varianssilla 1/n normaalipoikkeaman ollessa siten  $1/\sqrt{n}$ .

Ensimmäiseksi testataan että lasketut residuaalien autokorrelaatiot ovat kukin erikseen pienempiä kuin niiden kaksinkertainen normaalipoikkeama /1/. Mallit täyttävät tämän ehdon lukuunottamatta mallia B11, jonka residuaalien autokorrelaatio 6 kuukauden välein laskettuna on 0.223 eli > sallittu  $2*0.098$ . Tästä huolimatta malli valittiin koska se oli muissa suhteissa vertailumalleja, esim. mallia (011)(012)<sub>12</sub> parempi.

Toiseksi tarkastellaan ensimmäisiä autokorrelaatioita (tässä tapauksessa K=40 ensimmäistä) kaikkia yhdessä. Testiä kutsutaan Q-testiksi. Testattavan mallin ollessa kelvollinen testisuure

$$Q = n \sum (\text{residual})^2$$

on likimain  $\chi^2(K-p-q)$  jakautunut. Summaus tehdään 1:stä K:hon.  $n = N-d$  on aikasarjan pituus vähennettynä sen differentioinnin johdosta kadonneiden sarjan alkioiden lukumäärällä /1/.

Vapausasteiden ollessa 37 on  $\chi^2(.05) = 52.2$  ja  $\chi^2(.10) = 48.4$ . Suurin  $Q = 38.9 < 48.4$  on mallilla B21. Näin ollen mallit täyttävät Q-testin vaatimukset.

Kolmannessa testissä lasketaan residuaaleista n.s. normalisoitu kumulatiivinen periodogrammi. Sen tulee seurata tasaista jakaumaa ja se testataan Kolmogorov-Smirnovin testillä (KS-testi). Testisuureena on residuaaleista lasketun kumulatiivisen periodogrammin ja vertailujakauman kumulatiivisen periodogrammin suurin erotus D. Tasaisen jakauman kumulatiivista periodogrammia edustaa suora välillä (0,0)..(0.5,1) /1/.

Q-testin ja KS-testin tulokset on esitetty seuraavalla sivulla olevassa taulukossa.

KS-testin sarakkeessa oleva todennäköisyysluku P ilmoittaa todennäköisyyden sille, että tasaisesta jakaumasta lasketun periodogrammin erotus ylittäisi mallista lasketun lukuarvon D.

Nyt käsiteltyjen mallien suurin erotus on todennäköisyydellä 5%  $D = 0.18$  ja tasolla 25%  $D = 0.13$ .

Suurin laskettu erotus on 0.16 mallilla C3 (kevyen liikkeen kaikki onnettomuudet). Seuraavaksi suurin erotus 0.14 on malleilla B13 ja B32. Näin ollen kaikki mallit ovat hyväksyttäviä ainakin tasolla 0.05.

Ennen mallien kehittämistä aikasarjan luvut on muunnettu korottamalla ne potenssiin lamda. Tämä eksponentti on liitetty taulukkoon.

Malli	Lamda	Muoto	Q-testi Q/f	KS-testi max.D/P
A1	1.4	$(1,0,0)(1,1,1)_{12}$	31.3/38	0.08/0.88
B11	0.8	$(0,1,2)(0,1,1)_{12}$	28.9/37	0.10/0.65
B12	0	$(1,1,1)(0,1,1)_{12}$	22.1/37	0.12/0.45
B13	0	$(1,0,1)(0,1,1)_{12}$	27.6/37	0.14/0.26
B21	0.9	$(0,1,1)(1,0,1)_{12}$	38.9/37	0.10/0.61
B22	0.6	$(1,0,1)(0,1,1)_{12}$	24.5/37	0.13/0.31
B23	0.8	$(1,0,1)(0,1,1)_{12}$	30.7/37	0.08/0.90
B31	0.4	$(0,1,1)(0,1,1)_{12}$	23.3/38	0.09/0.75
B32	0.4	$(1,0,0)(1,1,1)_{12}$	23.7/37	0.14/0.24
B33	0.6	$(0,0,1)(0,1,1)_{12}$	20.6/38	0.08/0.92
C1	0.2	$(1,1,0)_{12}$	24.4/39	0.06/0.98
C2	0.8	$(0,1,1)(1,1,1)_{12}$	29.6/37	0.13/0.27
C3	0.8	$(0,1,1)(1,1,1)_{12}$	30.6/37	0.16/0.12

Kirjallisuus: /1/ Box, E.P. and Jenkins, G.M. (1976). Time Series Analysis. Holden-Day, Oakland, California.

ISBN-951-47-1629-9