PROGNOSMETODER

KJELL CASENBERG
ERIK SANDBERG

RE-139 april 1974
Inst.för Reglerteknik
Lunds Tekniska Högskola

PROGNOSMETODER

Examensarbete vid Institutionen för Reglerteknik
vid Lunds Tekniska Högskola.

Författare:
Kjell Casenberg
Erik Sandberg
Handledare:
Jan Holst

Absract.

In this master thesis we have studied five different prediction methods on three different dataseries in order to get some insight into the properties of the different methods.
The best forecasting results are given by methods which are adaptive and which take into consideration special a priori features e.g. trends in the data, such as general exponential smoothing and the heuristic method.

Sammanfattning.

I detta examensarbete har vi studerat fem olika prediktionsmetoder på tre olika dataserier, för att få en inblick i de olika metodernas egenskaper.
De bästa prediktionsresultaten ges av metoder som är adaptiva och som tar hänsyn till speciella apriori drag t.ex. trender, såsom generell exponentiell utjämning och heuristiska metoden.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING

När man skall bestämma sina handlingsalternativ inför framtiden, vill man ha en uppfattning om hur denna framtid ser ut. För detta används prognoser.
Allmänt kan sägas att prognoser skall avvika så lite ifrån det verkliga utfallet, att kostnaden för en ytterligare förfining av prognosmetoden ej skulle uppvägas av kostnadsbesparingarna p.g.a. höjningen av precisionen. För en prognosmetod kan följande villkor uppställas:

1. Stabilitet gentemot icke modellerade slumpfluktuationer.
2. Snabbt svar på systematiska förändringar.
3. Litet prognosfel.
4. Låg prognoskostnad.

Liksom de flesta målsättningar är dessa stridande mot varandra, ty t.ex. snabbt reagerande prognosmetoder reagerar även för slumpfluktuationer. Det bästa sättet att finna en lämplig avvägning av de fyra kriterierna, är en testning av olika metoder på historiska data. Ett problem är att ta hänsyn till systematiska variationer såsom konjuktur- och säsongssvängningar.

Målet med vårt examensarbete var att bestämma lämpliga prognosmetoder för tre dataserier med olika utseende.
Examensarbetet är en fortsättning på den obligatoriska uppgiften, som ingår i Systemteknik vid institutionen för Reglerteknik vid Lunds Tekniska Högskola / 2 /.

Uppläggningen av redovisningen är följande:

Först ges en kortfattad redovisning av litteraturstudier. I kapitel 3 redovisas olika prognosmetoder och därefter följer i kapitel 4 en presentation av de olika dataserierna vi använt. De olika prognosmetoderna testas i kapitel 5 - 8. Därefter följer resultatsammanställning.

Den numeriska undersökningen har huvudsakligen utförts med hjälp av datorerna UNIVAC-1108, vid Lunds Datacentral, och PDP-15, vid institutionen för Reglerteknik vid Lunds Tekniska Högskola.

2. LITTERATURSTUDIER

Avsikten med litteraturstudierna var att få en överblick av de prognosmetoder som finns och att för oss finna nya prognosmetoder, som vi kunde ha användning för.
Härvid genomgicks större delen av följande publikationer publicerade under tiden januari 1971 - mars 1973:

1. IEEE Transactions on Education.
2. IEEE Transactions on Ind. Applications.
3. IEEE Transactions on Automatic Control.
4. IEEE Transactions on Information Theory.
5. Automatica (IFAC).
6. International Journal of Control.
7. Automation and Remote Control.
8. Computer and Control Abstracts.

Följande artiklar ansågs intressanta:

A. "Quantitative Expert Estimation (QEE) in Short-Range Prediction".
(Ur 7,15 jan. 1973).
En metod som korrigerar prognoser gjorda av experter mot deras tidigare skattningar och det verkliga utfallet.

B. "Real Time Recursive Prediction of River Flows".
(Ur 5,mars 1973).
I stort sett minimalvarians prediktion för prognostisering av översvämningar hos floder.

C. "An Iterative Linear Prediction Method".
(Ur 8,1971:224).
Publiserat av Z. Angew. Math. U. Mech. (Germany), vol. 50, n:o 8, p. 445-54 (aug. 1970).
Den asymptotiska konvergensen av den optimala linjära prediktorn undersöks, där prediktorn är en linjär kombination av observerade värden.

D. "A Survey of Statistical Forecasting Techniques with Emperical Comparisons".
(Ur 8,1971:15688).

Redovisning av Colloquim on statistical model building, prediction and control, London, England, 30 April 1971.
En överblick av olika metoder för prediktion.

Av metoderna i ovanstående artiklar har endast minimalvarians prediktion studerats och teorin till detta har tagits från K.J. Åströms bok Introduction to Stochastic Control Theory / 3 /.

3. METODBESKRIVNING

3.1 Heuristisk metod

Om historiska data uppvisar säsongsmässiga likheter år från år, kan en av nedanstående redovisade metoder användas.

1. Metoden bygger på att en månads andel av säsongsvärdet (årsvärdet) antages ej förändras från aktuell tidpunkt till predikterad tidpunkt. Säsongsvärdet predikteras med enkel exponentiell utjämning, som därefter multipliceras med andelen av säsongsvärdet för att få aktuell prediktion.
   Eventuell trend fråndrages, men inget värde får därvid bli negativt. Om detta skulle vara fallet kan till alla data en konstant term adderas, som efter prediktionen dras ifrån.

2. Denna metod tillgår på samma sätt som ovanstående metod, men trenden dras ej ifrån.

Metoden enligt punkt 1 har använts för att prediktera Flygdata och metoden enligt punkt 2 för Företagsdata.

Då den heuristiska metoden behöver värdet över en säsong för att göra en prediktion, är första predikterade värdet säsongens längd plus prediktionsstegets längd.

Utseendet av dataprogrammet SKATT framgår av appendix A5.

3.2 Glidande medelvärde

Glidande medelvärde är en metod som kan användas då efterfrågan är jämn. För att erhålla värdet för nästkommande period, tar man medelvärdet av ett antal perioder just före den period man önskar prediktera. Om man sätter P_i till predikterat värde, där i betecknar tidpunkten, och låter S_i utgöra de gamla periodernas värden, erhåller man den önskade prediktionen genom formeln:

$$P_{i+k} = \frac{S_i + S_{i-1} + \ldots\ldots + S_{i-N+1}}{N}$$

där N betecknar antalet medtagna värden.

Metoden är ganska trög och tar inte hänsyn till regelbundna variationer. En ytterligare nackdel med metoden är att ingen viktning av de gamla värdena sker.

Utförligare beskrivning av metoden finns i / 2 /.

Data härrörande från denna metod är framtagna vid projektarbetet / 2 /.

3.3 Generell exponentiell utjämning

Antag att våra data kan beskrivas som en linjär kombination av en serie funktioner, $f_i(t)$, härefter kallade anpassningsfunktioner. Vi antar att de kan representeras med följande modell:

$$x(t) = a_1 \cdot f_1(t) + a_2 \cdot f_2(t) + \dots\dots + a_n \cdot f_n(t) + e(t) =$$

$$= \sum_{i=1}^{n} a_i \cdot f_i(t) + e(t)$$

där $e(t)$ är en normalfördelad stokastisk process med medelvärdet noll.

Om man inte känner a-parametrarna kan man skatta dessa rekursivt och får dem då som funktioner av tiden. Prediktionen blir då

$$\hat{x}(t + \tau) = \hat{a}_1(t) \cdot f_1(t + \tau) + \hat{a}_2(t) \cdot f_2(t + \tau) + \dots\dots +$$

$$+ \hat{a}_n(t) \cdot f_n(t + \tau) = \sum_{i=1}^{n} \hat{a}_i(t)\, f_i(t + \tau)$$

Bestämning av a-parametrarna, $\hat{a}_i(t)$, gör vi genom att minimera funktionen (Jämför Minsta Kvadrat Minimering):

$$\sum_{j=1}^{t} \beta^{i} \cdot (x(t - j) - \sum_{i=1}^{n} \hat{a}_i(t) \cdot f_i(t - j))^2$$

Detta förfaringssätt fodrar att en mängd data, och en mängd uppsättningar anpassningsfunktioner, $f_i(t)$, måste lagras. För att komma ifrån detta är man intresserad av anpassningsfunktioner som kan translateras i tiden.
Vektorn av sådana anpassningsfunktionsvärden måste kunna anges som en linjär kombination av värden för samma funktioner vid den tidigare tidpunkten t.
Detta betyder att det finns en uppsättning koefficienter L_{ij} som inte beror av tiden, sådan att

$$f_1(t + 1) = L_{11} \cdot f_1(t) + L_{12} \cdot f_2(t) + \dots\dots + L_{1n} \cdot f_n(t)$$
$$f_2(t + 1) = L_{21} \cdot f_1(t) + L_{22} \cdot f_2(t) + \dots\dots + L_{2n} \cdot f_n(t)$$
$$\vdots$$
$$f_n(t + 1) = L_{n1} \cdot f_1(t) + L_{n2} \cdot f_2(t) + \dots\dots + L_{nn} \cdot f_n(t)$$

Vi skall representera dassa koefficienter med transformationsmatrisen L, så att $f(t + 1) = L \cdot f(t)$. Transformationsmatrisen L är i allmänhet inte symmetrisk, men den måste ha en invers L^{-1}. Den enda uppsättning av funktioner för vilken en sådan transformationsmatris existerar är polynom-, exponential- och trigonmetriska funktioner. Dessa funktioner är lösningar till linjära differensekvationer. Dessa transformationsmatriser kan bestämmas efter undersökning av typen av funktioner som används i modellen. I samband med transformationsmatrisen behöver vi också specifisera anpassningsfunktionernas värde vid tiden $t = 0$: $f(0)$. Från en vektor och matrisen kan vi erhålla funktionens värde, vid vilken tidpunkt som helst, $f(t) = L^t \cdot f(0)$.

För olika funktionstyper finns L-matrisen redovisad i / 1 / på sidorna 165 - 168.

<u>Härledning av generell exponentiell utjämning med fix transmationsmatris.</u>(Ur / 1 /)

En sekvens av observationer $\{x(t)\} = (x(1), x(2), \ldots\ldots, x(t))$ fås från någon process $\xi(t)$ påverkad av ett brus $e(t)$, $x(t) = \xi(t) + e(t)$. Processen kan beskrivas lokalt av

$$\xi(t + \tau) = \hat{a}^T(t)\ f(\tau)$$

där vi känner

$$f(\tau) = \begin{bmatrix} f_1(\tau) \\ f_2(\tau) \\ \cdot \\ \cdot \\ f_n(\tau) \end{bmatrix}$$

Problemet är att skatta parametrarna $a(t)$, vilka förändras genom $a(t) = L^T\ a(t - 1)$ och dessutom förändras de med små slumpvisa belopp efter hand. Därför är vid någon tid kvadratfelet viktat och koefficienterna, $a(t)$, beräknas för att minimera

$$\sum_{j=0}^{t} \beta^j \cdot (\underbrace{x(t - j)}_{\text{utfallet}} - \underbrace{a^T(t) \cdot f(- j)}_{\text{prediktionen}})^2$$

β = viktfaktor

lösning av detta problem innehåller en matris av viktade anpassningsfunktioner.

$$F(t) = \sum_{j=0}^{t} \beta^{j} \cdot f(-j) \cdot f^{T}(-j) = F(t-1) + \beta^{t} \cdot f(-t) \cdot f^{T}(-t)$$

och en datavektor

$$g(t) = \sum_{j=0}^{t} \beta^{j} \cdot x(t-j) \cdot f(-j) = x(t) \cdot f(0) + \beta \cdot L^{-1} \cdot g(t-1) \qquad (1)$$

där L är transformationsmatrisen som genererar succesiva värden av anpassningsfunktionerna, $f(t) = L \cdot f(t-1)$. Minimum av summan av viktade kvadratfelet erhålles när

$$F(t) \cdot \hat{a}(t) = g(t) \qquad (2)$$

och eftersom alla "hyggliga" uppsättningar av viktade anpassningsfunktioner,$F(t)$, har en invers $F^{-1}(t)$ är parametrarna

$$\hat{a}(t) = F^{-1}(t) \cdot g(t)$$

Om anpassningsfunktionerna inte avklingar för snabbt

$$f_i(t) < \beta^{-t/2}$$

når matrisen F ett stabilt tillstånd

$$F = F(\infty) = \sum_{j=0}^{\infty} \beta^{j} \cdot f(-j) \cdot f^{T}(-j)$$

Genom att kombinera ekvationerna 1 och 2 fås

$$F(t) \cdot \hat{a}(t) = x(t)\ f(0) + \beta \cdot L^{-1} \cdot F(t-1) \cdot \hat{a}(t-1)$$

men då $F(t)$ nått stabilt tillstånd $F(\infty) = F$ erhålles

$$F \cdot a(t) = x(t) \cdot f(0) + \beta L^{-1} \cdot F \cdot \hat{a}(t-1)$$

Multiplicera från vänster med inversen F^{-1}

$$\hat{a}(t) = x(t) \cdot F^{-1} \cdot f(0) + \beta \cdot F^{-1} \cdot L^{-1} \cdot F \cdot \hat{a}(t-1)$$

där $F^{-1} \cdot f(0) = h$ och $F^{-1} \cdot L^{-1} \cdot F = H$ ej beror av tiden. Då kan ekvationen skrivas

$$\hat{a}(t) = h \cdot x(t) + H \cdot \hat{a}(t-1)$$

Sålunda definieras de aktuella värdena av parametrarna i termer av en vektor h, av konstanter som inte beror av tiden, multiplicerat med den aktuella observationen och en matris H, som inte heller beror av tiden, multiplicerat med den senaste vektorn av parametrar. Vi skall visa att

$$H = L^T - h \cdot f^T(t)$$

Angrip först matrisen $L^{-1} \cdot F$. Multiplicera definitionen av F-matrisen från höger med $L^{T^{-1}} \cdot L^T$.

$$L^{-1} \cdot F \cdot L^{T^{-1}} \cdot L^T = \sum_{j=0}^{\infty} \beta^j \cdot (L^{-1} \cdot f(-j)) \cdot (L^{-1} \cdot f(-j))^T \cdot L^T =$$
$$= \frac{1}{\beta} (F - f(0) \cdot f^T(0)) \cdot L^T$$

Eftersom

$$H = \beta \cdot F^{-1} \cdot L^{-1} F = (I - F^{-1} \cdot f(0) \cdot f^T(0)) \cdot L^T$$

men vi definierade vektorn $h = F^{-1} f(0)$ så

$$H = L^T - h\ (L \cdot f(0))^T = L^T - h \cdot f^T(1)$$

Nu kan vi skriva

$$\hat{a}(t) = h \cdot x(t) + H \cdot \hat{a}(t-1) = h \cdot x(t) + L^T \cdot \hat{a}(t-1) - h \cdot f^T(1) \cdot$$
$$\cdot \hat{a}(t-1)$$

Men eftersom $f^T(1) \cdot \hat{a}(t-1) = \hat{x}_1(t-1)$ är prediktionen av vad observationen vid tiden t skulle vara, om den grundades på data vid tiden t - 1 är

$$\hat{a}(t) = L^T \cdot \hat{a}(t-1) + h \cdot (x(t) - \hat{x}_1(t-1))$$

Ekvationen visar att parametrarna förändras vid varje samplingsintervall **beroende av 1) förändringar i tiden och 2) fel i skattningen** av vad nästa observation kommer att bli.

Således blir prediktionen,

$$\hat{x}\ (t) = \hat{a}^T(t) \cdot f(\tau)$$

Tillvägagångssätt vid prediktering med generell exponentiell utjämning.

För att klara av uppdateringen av a-parametrarna och för att göra prediktionen har vi skrivit ett dataprogram. Detta program har kallats GEXP (Se Appendix A4). I detta program fodras ett antal speciella ingångsparametrar, L-matrisen, $\hat{a}(t)$:s startvärden och de fixa anpassningsfunktionerna f. Därför har vi gått tillväga på följande sätt.

A. För att identifiera några av de fix anpassningsfunktioerna söker man efter eventuell trend i historiska data. Detta kan ske med hjälp av programmet IDPAC / 2 /. Denna trend kan vara av varierande ordning. Antalet anpassningsfunktioner som trenden bidrar med är lika med trendens ordning. Om ordningen är ett blir $f_1(t) = 1$ och om ordningen är två blir $f_1(t) = 1$ och $f_2(t) = t$ o.s.v..

B. Då trenden enligt A är fråndragen kan vissa systematiska variationer återstå t.ex. periodicitet. För att få en fingervisning om periodens eller periodernas längd beräknas kovariansfunktionen för residualerna m.h.a. RESID i IDPAC / 2 /. Om periodens längd skulle vara 12 månader skall f-vektorn utökas med $f_i(t) = \sin(2\pi t/12)$ och $f_{i+1}(t) = \cos(2\pi t/12)$. Om flera perioder förekommer läggs dessa till på samma sätt som ovan.

C. Startvärdena för parametrarna a(t) kan väljas på olika sätt. T.ex. kan

1) Vid prediktering av genererade data för att bestämma hur vi skall välja a-parametrarna till GEXP. Antalet parametrar väljes lika med antalet anpassningsfunktioner i f-vektorn, bestämda under punkt A -

a) - och deras värden väljes så att funktionen $\sum_{j=0}^{t} (x(j) - a^T f(j))^2$ minimeras. Detta görs m.h.a. programmet MINKO (Se Appendix A2).

b) - och deras värden sättes lika med noll.

c) - minus ett och deras värden enligt a).

d) – minus ett och deras värden sättes lika med noll.

e) – plus ett och deras värden enligt a) och den tillagda parametern sättes lika med noll.

f) – plus ett och deras värden sättes lika med noll.

Då a-parametrarna minskas med en innebär detta att den mest komplexa parametern tas bort. Detta betyder att om endast en trend förekommer så tas termen med högst ordning bort, men om svängningar ingår så försvinner den sist redovisade svängningen, d.v.s. både sinus- och cosinustermen för denna svängning tas ej med.

Då a-parametrarna ökas med en betyder detta, om endast en trend förekommer så läggs en term till vars komplexitet är av näst högre ordning (t.ex. om anpassningsfunktionen har utseendet $f_1(t) = 1$, $f_2(t) = t$ och $f_3(t) = t\cdot(t - 1)/2$ så har den tillagda termen utseendet $f_4(t) = t\cdot(t - 1)\cdot(t - 2)/ /2\cdot 3$), om även svängningar ingår så får de nya termerna en svängningsperiod som är dubbelt så stor som den sist medtagna svängningen (t.ex. om anpassningsfunktionerna har utseendet $f_1(t) = 1$, $f_2(t) = t$, $f_3(t) = \sin(2\pi t/12)$ och $f_4(t) = \cos(2\pi t/12)$ så blir de nya termerna $f_5(t) = = \sin(2\pi t/24)$ och $f_6(t) = \cos(2\pi t/24)$).

2) Vid predikteringar av Företagsdata, Flygdata och Skogsdata väljes a-parametrarna enligt (Se kap. 6).

D. Den vektor, f , av anpassningsfunktioner som tagits fram i A och B bestämmer transformationsmatrisen L:s utseende. Om f-vektorn har n komponenter blir L-matrisens storlek n×n. L-matrisens utseende för olika anpassningsfunktioner framgår i / 1 / sidorna 165 - 168.

E. För att kunna läsa in data, L-matrisen och a-parametrarna i programmet GEXP måste de omstruktureras. Detta görs m.h.a. programmet ALBER (Se Appendix A3).

F. Valet av utjämningsfaktorn , β, sker genom simulering på historiska data ($0 \leq \beta \leq 1$).

3.3.1 Enkel exponentiell utjämning

En förenklad form av generell exponentiell utjämning är enkel exponentiell utjämning.

Om prediktionen för tiden i blev P_i men det verkliga utfallet S_i så fås prognosfelet $\Delta i = S_i - P_i$. Till skillnad från glidande medelvärde vill man med denna metod ta hänsyn till prognosfelet vid nästkommande prediktion. Prognosen blir för nästa period

$$P_{i+1} = P_i + \alpha \cdot \Delta i = P_i + \alpha(S_i - P_i) = \alpha S_i + (1 - \alpha) P_i$$

α kallas utjämningskoefficient $(0 \leq \alpha \leq 1)$ och ett högt värde på α medför detta att senaste uppmätta utfallet viktas högt. Detta medför att modellen blir känslig för variationer både slumpmässiga och systematiska. Ett lågt α medför att gamla uppmätta utfall viktas högt, modellen blir trög.
Det α som skall väljas kan bestämmas genom simulering på historiska data. / 2 /.

3.4 MINIMALVARIANSPREDIKTION / 3 /

Vid antar att efterfrågestrukturen kan beskrivas med en stokastisk process, $y(t)$. En stokastisk process med medelvärde noll kan allmänt beskrivas med funktionssambandet

$$y(t) + a_1 \cdot y(t-1) + \ldots\ldots + a_n \cdot y(t-n) = \lambda\left[e(t) + c_1 \cdot e(t-1) + \ldots\ldots + c_n \cdot e(t-n)\right] + y_d(t) + a_1\, y_d(t-1) + \ldots\ldots + a_n\, y_d(t-n)$$

där $e(t)$ är oberoende stokastiska variabler,
$y_d(t)$ är en deterministisk funktion.

Detta funktionssamband kan även skrivas

$$A^* \cdot y(t) = C^* \cdot e(t) + A\, y_d(t)$$

där $A^*(q^{-1}) = (1 + a_1 q^{-1} + a_2 q^{-2} + \ldots + a_n q^{-n})$,
$C^*(q^{-1}) = (1 + c_1 q^{-1} + c_2 q^{-2} + \ldots + c_n q^{-n})$,
q^{-1} = skiftoperator.

$$y(t+k) = \frac{C^*(q^{-1})}{A^*(q^{-1})} \cdot e(t+k) + y_d(t+k) = \lambda\left[e(t+k) + f_1 e(t+k-1) + \ldots + f_{k-1} e(t+1)\right] + \frac{G^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})} \cdot y(t) + y_d(t+k)$$

där $G^*(q^{-1}) = g_0 + g_1 q^{-1} + \ldots\ldots + g_{n-1} q^{-n+1}$
$F^*(q^{-1}) = 1 + f_1 q^{-1} + \ldots + f_{k-1} q^{-k+1}$
$e(t+k) + f_1 e(t+k-1) + \ldots + f_{k-1} e(t+1)$ = prediktionsfelet,
$\frac{G^*(q^{-1})}{C^*(q^{-1})} \cdot y(t) + y_d(t+k) = \hat{y}(t+k|t)$ = den prediktion som minimerar variansen hos prediktionsfelet.

Polynomen $F^*(q^{-1})$ och $G^*(q^{-1})$ definieras av identiteten

$$C^*(q^{-1}) = A^*(q^{-1}) \cdot F^*_{k-1}(q^{-1}) + q^{-k} \cdot G^*_{n-1}(q^{-1})$$

Den förväntade variansen vid en k-stegsprediktion med denna metod blir: $\lambda^2 \cdot \sum_{i=0}^{i=k-1} f_i^2$, där $f_0 = 1$.

3.4.1 Minimalvariansprediktion med kända delen fråndragen

Vid minimalvariansprediktion / 3 / fordras det att data fluktuerar kring nollvärdet, för att kunna göra Maximum-Likelihood skattning (Se appendix A8) av parametrarna i modellen. Detta kan ske genom att ta bort trenden.
Även andra kända delar kan dras ifrån data innan skattningen görs.

Vi skall här beskriva ett sätt att eliminera periodiska svängningar i data innan parameterskattningar görs.

Tillvägagångssätt

A.

1. Modellen antages ha utseendet

$$y(t) = \frac{\overset{*}{C}(q^{-1})}{\overset{*}{A}(q^{-1})} \cdot e(t) + y_d(t)$$

   där $y_d(t)$ betecknar en godtycklig deterministisk funktion t.ex. nivå, trend eller trigonometriska funktioner.
2. Nivå och trend identifieras i IDPAC / 5 /.
3. Eventuella frekvenser konstateras m.h.a. RESID i IDPAC / 5 /.
4. Vi har nu erhållit de delfunktioner i funktionen, som genererar data, vilka skall dragas ifrån ursprungsdata.
4. Bestäm hur mycket av varje delfunktion som skall dras av. Detta fås genom minimering av förlustfunktionen i MINKO (se appendix A2).

B.

1. M.h.a. den erhållna funktionen, genereras i MLDAT (se appendix A7) den serie data, som skall dras ifrån ursprungsdata.
2. Subtrahera denna serie data från ursprungsdata.

C.

1. Minimalvariansprediktion görs på återstoden.
2. Lägg till den tidigare fråndragna deterministiska delen till resultatet av minimalvariansprediktionen.

4. PRESENTATION AV DATA

För att testa de olika prognosprogrammen behövdes data med olika utseende. Därför konstruerade vi ett genereringsprogram, som vi kallade GENE (se appendix A1). Med hjälp av detta program genererade vi data bestående av trend plus brus,DAT1, och sinusformade data plus brus,DAT2. Dessa data användes för att kunna bestämma vilken metod som skulle användas vid val av a-parametrarna till generell exponentiell utjämning (se kapitel 6).
Även verkliga data användes, nämligen Företagsdata, Flygdata och Skogsdata.

4.1 Genererade data

4.1.1 Trenddata (DAT1)

Dessa data har utseendet:

$$y(t) = 10.0 + 0.05 \cdot t + e(t)$$

där
$e(t)$ är brus $\in N(0,1)$,
$y(t)$ är utsignalen,

Tabell 1 visar de 500 trenddata.

4.1.2 Svängningsdata (DAT2)

Dessa data har utseendet:

$$y(t) = 20.0 + 10.0 \sin(\frac{2\pi \cdot t}{24}) + e(t)$$

där
$e(t)$ är brus $\in N(0,1)$,
$y(t)$ är utsignalen,

Tabell 2 visar de 500 svängningsdata.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	8.39	9.37	11.44	10.22	10.33	10.41	9.07	10.94	9.65	10.82
11	11.08	10.04	12.35	10.61	11.46	9.52	9.41	9.77	10.21	11.37
21	10.86	9.31	11.35	10.59	10.68	11.22	12.85	12.19	11.87	11.51
31	11.73	9.17	12.44	10.17	10.99	12.52	13.39	12.21	11.62	12.25
41	10.70	12.62	11.63	12.35	12.40	11.41	13.01	14.82	13.47	11.57
51	11.77	13.67	13.91	12.11	13.90	10.90	13.73	12.03	12.41	14.50
61	13.93	12.31	14.29	12.47	14.49	11.98	14.54	13.82	13.44	14.01
71	13.18	15.55	14.76	15.43	13.18	14.65	12.45	14.22	14.56	13.12
81	13.52	14.38	13.32	13.98	13.97	12.92	15.45	14.20	14.78	14.83
91	14.96	12.80	15.98	14.12	13.84	14.78	13.55	14.78	15.10	15.13
101	14.49	15.82	14.73	15.85	15.81	16.23	15.74	13.95	15.50	16.02
111	15.12	14.43	16.57	15.18	14.87	14.28	15.02	16.72	17.01	15.50
121	14.84	14.63	15.51	14.10	18.03	16.92	15.39	16.08	18.60	16.58
131	17.65	15.43	16.54	16.62	16.28	16.16	18.86	15.03	18.29	17.26
141	16.56	15.82	16.67	17.73	18.63	16.98	19.43	15.58	19.07	16.52
151	17.56	17.81	17.89	18.44	18.07	18.41	17.08	17.72	19.95	17.38
161	17.65	18.39	18.20	18.73	18.60	19.42	17.84	19.46	18.92	17.84
171	18.84	17.56	18.61	19.62	19.22	17.03	19.68	18.79	19.98	18.88
181	20.12	18.33	19.11	18.11	19.94	20.24	18.62	18.71	21.14	19.53
191	18.50	20.69	17.71	20.19	19.76	20.04	20.65	20.23	19.39	20.76
201	20.97	20.64	20.40	20.86	20.66	22.43	20.78	21.34	20.73	19.59
211	20.53	20.19	20.18	20.13	21.67	22.41	20.00	22.04	21.17	22.01
221	21.19	21.33	22.05	21.99	20.76	21.99	22.31	19.34	20.70	21.03
231	20.94	20.06	23.02	20.44	21.95	21.17	22.72	22.23	22.33	21.64
241	22.79	22.39	23.09	22.49	20.23	22.93	21.22	22.72	22.05	22.84
251	21.73	22.32	23.24	22.13	23.61	23.29	22.81	22.80	23.86	23.64
261	22.76	24.83	24.50	23.37	21.08	22.25	21.50	23.47	22.77	23.03
271	23.88	22.94	22.84	24.20	23.64	25.79	24.28	23.73	21.77	23.02
281	23.10	25.65	23.28	22.62	25.30	22.94	25.16	22.60	23.87	25.60
291	24.42	23.95	23.81	25.64	24.05	23.67	23.13	25.05	26.05	24.77
301	25.82	24.84	23.44	25.25	25.89	23.00	26.19	28.10	25.34	26.54
311	26.32	26.32	25.16	24.45	25.83	25.92	26.35	26.74	25.71	24.90
321	27.92	25.40	24.97	26.25	25.86	26.44	25.60	25.97	25.18	26.85
331	25.61	27.07	26.88	26.64	26.99	26.55	25.95	25.80	26.75	25.40
341	28.39	27.34	26.88	24.63	29.21	29.25	28.38	26.23	28.40	28.54
351	27.27	26.20	24.97	27.20	28.52	29.55	27.92	27.24	29.15	27.28
361	29.24	28.66	28.16	27.38	28.93	27.44	28.54	25.85	29.00	29.61
371	29.30	26.70	28.44	27.14	28.43	29.93	29.26	28.06	29.94	28.53
381	29.46	29.34	27.82	28.50	30.03	28.01	28.08	27.85	29.97	29.05
391	28.71	29.58	30.29	29.46	30.71	29.68	30.98	31.25	31.10	30.16
401	30.05	30.41	30.85	30.01	30.50	29.95	30.98	29.23	30.32	28.86
411	31.49	30.83	31.51	30.15	29.37	30.81	30.08	30.81	30.63	33.16
421	32.02	32.85	32.26	29.88	33.34	31.26	32.27	29.98	31.04	31.05
431	31.65	31.46	31.11	31.21	31.41	32.31	32.55	32.75	31.54	31.53
441	33.37	33.66	31.04	32.14	30.56	31.95	32.93	31.11	32.13	32.61
451	32.18	30.46	32.08	33.65	32.81	32.19	32.40	34.06	33.82	34.29
461	34.09	31.85	32.20	33.76	34.16	34.02	32.96	33.61	32.60	33.55
471	34.09	31.84	33.42	33.47	34.60	34.44	33.62	32.75	32.48	33.41
481	35.19	34.42	33.74	33.76	35.13	35.46	34.37	34.49	34.45	35.87
491	34.37	34.59	35.14	34.66	35.76	34.07	34.21	33.82	36.51	34.92

Tabell 1. Trenddata

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	20.93	24.27	28.36	28.68	29.74	30.11	28.38	29.20	26.27	25.32
11	23.11	19.44	19.11	14.91	13.64	10.06	8.91	8.87	9.61	11.71
21	12.74	13.21	17.61	19.39	22.02	24.92	28.57	29.46	30.08	30.01
31	29.84	26.23	27.86	23.47	21.83	20.72	18.95	15.31	12.60	11.59
41	9.00	10.52	9.82	11.49	13.08	14.11	18.07	22.42	23.61	24.08
51	26.29	29.73	30.92	29.41	30.81	26.76	27.95	24.13	22.04	21.50
61	18.29	14.21	14.07	10.61	11.59	8.68	11.54	11.76	12.92	15.51
71	17.04	21.95	23.70	26.73	26.50	29.51	28.26	30.32	30.27	27.78
81	26.54	25.28	21.76	19.77	17.13	13.62	14.03	11.14	10.67	10.33
91	10.75	9.54	14.26	14.42	16.50	19.98	21.29	24.88	27.22	28.79
101	29.10	30.72	29.24	29.31	27.63	25.93	22.97	18.55	17.47	15.52
111	12.50	10.17	11.26	9.48	9.47	9.82	12.10	15.82	18.47	19.50
121	21.38	23.53	26.43	26.56	31.44	30.62	28.70	28.34	29.22	25.08
131	23.69	18.83	17.31	14.92	12.46	10.69	12.35	8.13	11.68	11.60
141	12.44	13.72	16.93	20.53	23.97	24.69	29.15	26.84	31.28	29.02
151	29.67	28.87	27.31	25.73	22.90	20.61	16.65	14.82	14.93	10.72
161	9.94	10.29	10.40	11.87	13.28	16.12	16.90	21.06	23.06	24.34
171	27.36	27.62	29.62	30.92	30.13	26.89	27.90	24.89	23.62	19.88
181	18.49	14.22	12.89	10.25	11.03	10.94	9.61	10.65	14.62	15.03
191	16.36	21.09	20.65	25.49	27.08	28.90	30.46	30.33	29.10	29.42
201	27.99	25.54	22.83	20.66	17.82	17.13	13.36	12.28	10.62	9.09
211	10.32	10.93	12.46	14.43	18.33	21.61	21.74	26.14	27.29	29.67
221	29.80	30.23	30.56	29.45	26.58	25.69	23.55	17.94	16.66	14.53
231	12.32	9.80	11.71	8.74	10.54	10.71	13.80	15.33	17.79	19.64
241	23.33	25.30	28.01	28.95	27.64	30.63	28.53	28.98	26.67	25.34
251	21.76	19.72	18.00	14.43	13.78	11.83	10.30	9.90	11.25	11.98
261	12.64	16.73	18.76	20.17	20.42	23.95	25.22	28.73	28.98	29.53
271	29.99	28.00	26.26	25.50	22.48	21.99	17.84	14.83	10.75	10.36
281	9.39	11.55	9.47	9.76	13.98	13.64	18.22	18.20	22.01	26.10
291	26.94	28.01	28.82	30.94	28.96	27.53	25.35	25.15	23.69	19.77
301	18.18	14.74	11.21	11.39	10.98	7.70	11.18	14.04	12.82	16.04
311	18.19	20.72	22.10	23.75	27.15	28.78	30.16	30.84	29.42	27.56
321	28.94	24.30	21.41	20.05	17.02	15.14	12.18	10.91	9.07	10.35
331	9.40	11.82	13.16	14.94	17.65	19.75	21.69	23.90	26.87	27.06
341	31.00	30.24	29.39	26.08	29.03	26.95	23.62	18.82	18.36	16.04
351	12.64	9.94	7.66	9.50	11.11	13.09	13.00	14.34	18.62	19.28
361	23.78	25.56	27.08	27.84	30.34	29.14	29.85	26.11	27.62	26.10
371	23.34	18.10	17.20	13.44	12.61	12.47	10.75	9.16	11.33	10.87
381	13.34	15.25	16.08	19.31	23.37	23.71	25.80	27.12	30.18	29.55
391	28.82	28.64	27.71	24.76	23.55	19.88	18.54	16.34	14.07	11.49
401	10.34	10.31	11.04	11.15	13.18	14.65	18.05	18.83	22.46	23.36
411	28.01	28.89	30.52	29.45	28.28	28.67	26.30	24.91	22.26	22.16
421	18.38	16.75	14.04	10.02	12.43	9.96	11.26	9.92	12.52	14.55
431	17.51	19.86	22.05	24.51	26.73	29.17	30.36	30.85	29.25	28.19
441	28.39	26.56	21.48	19.93	15.72	14.65	13.50	10.05	10.02	10.11
451	9.97	9.20	12.36	15.95	17.48	19.39	22.14	26.17	27.94	29.95
461	30.70	28.75	28.71	29.22	27.98	25.71	22.19	20.21	16.56	15.05
471	13.47	9.58	10.11	9.77	11.19	11.98	12.70	13.86	15.94	19.42
481	23.73	25.32	26.66	28.23	30.54	31.16	29.68	28.75	27.07	26.37
491	22.41	19.99	17.90	14.95	13.93	10.60	9.70	8.92	11.90	11.26

Tabell 2. Svängningsdata

4.2 Verkliga data

4.2.1 Företagsdata

Dessa data visar bruttofaktureringen för ett svenskt företag under åren 1959 - 1972. En fusion ägde rum månad 153 vilket resulterar i ett steg i denna månad. Dessa data ser ut att innehålla en del slumpmässiga variationer. Tabell 3 visar Företagsdata och dess utseende framgår av figur 4.1.
För att undersöka semestermånadernas inverkan på prediktionen, gjordes även testerna på data, där julivärdena sattes lika med junivärdena. Utseendet av korrigerade Företagsdata visas i fig. 4.2.

4.2.2 Flygdata

Dessa data visar antalet passagerare i tusental per månad på internationella flyglinjer under åren 1949 - 1960 / 1 /. Dessa data har även tidigare använts av Brown / 1 / och Gustavsson / 6 /. Tabell 4 visar dessa data och dess utseende framgår av figur 4.3.
Av figur 4.3 framgår det att data har starka säsongsvariationer.

4.2.3 Skogsdata

Dessa data utgör omsättningen i miljoner DM i den träberarbtande industrin i Västtyskland under tiden 1958 - 1967 (se tabell 5) / 4 /. Av figur 4.4 framgår det att dessa data innehåller oregelbundenheter, dock ej så starka som Företagsdata, och innehåller även säsongsvariationer, dock ej så kraftiga som Flygdata.

Tabell 3. Bruttofaktureringen för ett svenskt företag under åren 1959 - 1972 (i tusental kronor).

KORREKTA VÄRDEN

JAN	FEB	MARS	APRIL	MAJ	JUNI	JULI	AUG	SEPT	OKT	NOV	DEC
5258.0	5366.0	5720.0	7362.0	6130.0	5746.0	4451.0	6838.0	4954.0	11210.0	8078.0	8091.0
6722.0	7396.0	9357.0	7390.0	7511.0	9270.0	4430.0	9872.0	6063.0	10054.0	8095.0	9390.0
7050.0	7421.0	9471.0	7236.0	9210.0	8174.0	4011.0	9160.0	6497.0	10858.0	10424.0	8067.0
8754.0	7705.0	8767.0	7610.0	9774.0	9191.0	3813.0	9571.0	6519.0	11661.0	12176.0	8383.0
8925.0	9044.0	10093.0	8434.0	9726.0	9572.0	4449.0	10319.0	9464.0	11663.0	10223.0	8655.0
10108.0	10693.0	10801.0	12402.0	10896.0	12492.0	5939.0	10895.0	12401.0	11355.0	12912.0	10863.0
11069.0	12079.0	12979.0	11554.0	11057.0	14115.0	4635.0	12078.0	13484.0	12197.0	13266.0	10964.0
10871.0	11392.0	14847.0	11360.0	12400.0	15505.0	3190.0	13526.0	12318.0	13189.0	15200.0	11651.0
12028.0	11897.0	13925.0	13127.0	13894.0	17060.0	2487.0	16125.0	14912.0	14415.0	14492.0	13181.0
12162.0	13196.0	14154.0	14102.0	15656.0	18339.0	4685.0	17462.0	15781.0	15958.0	15915.0	13605.0
13690.0	16424.0	17841.0	17664.0	16589.0	19080.0	10732.0	19681.0	19025.0	20167.0	20220.0	16803.0
16634.0	17452.0	18899.0	23447.0	19452.0	21453.0	7464.0	19238.0	21048.0	22032.0	19910.0	15535.0
16544.0	16502.0	19837.0	17290.0	18359.0	22977.0	6205.0	19534.0	23863.0	28819.0	23579.0	23232.0
21027.0	24403.0	27655.0	25198.0	27420.0	29400.0	13100.0	25189.0	29170.0	30850.0	32124.0	23288.0

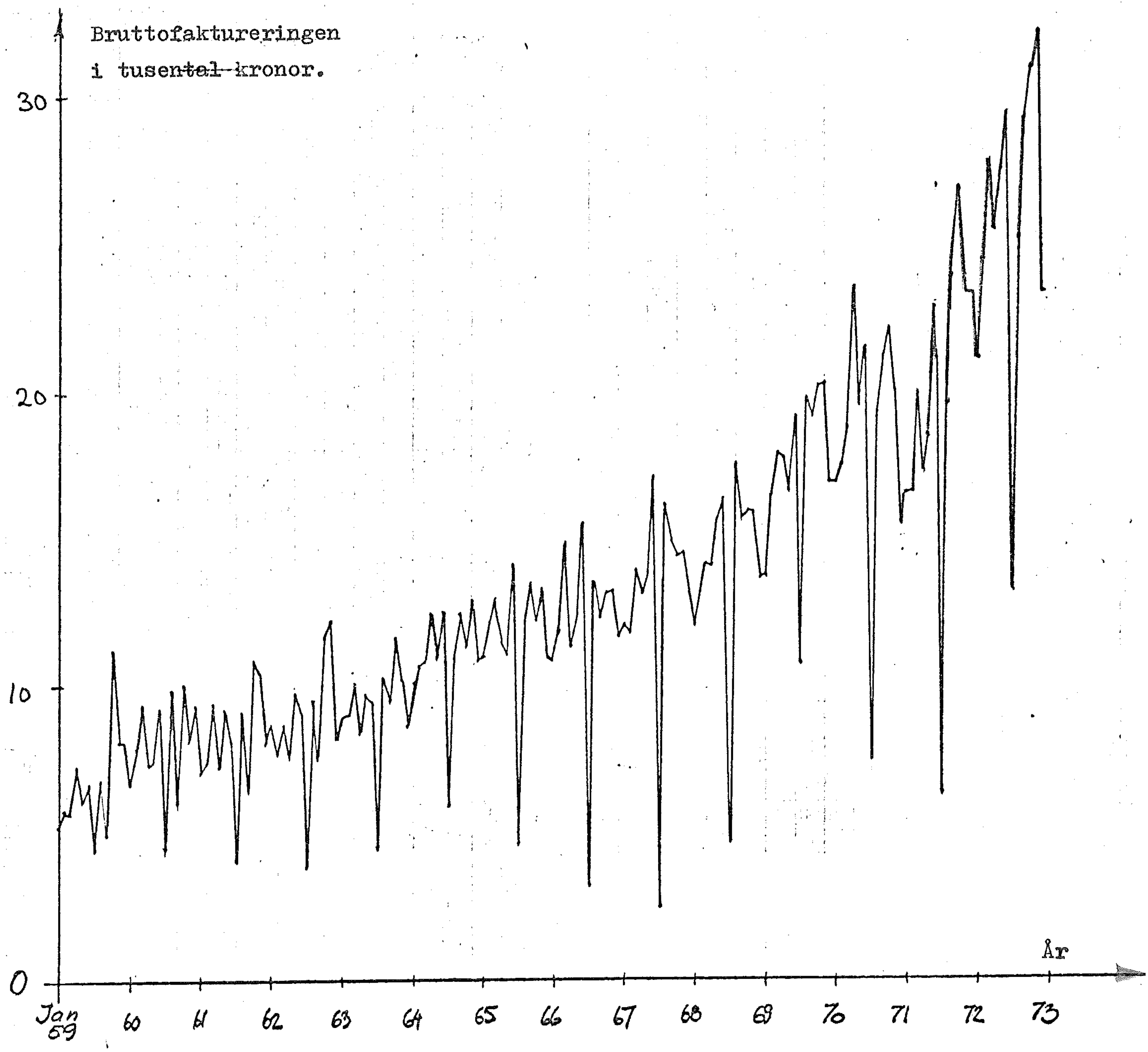

Fig. 4.1 Bruttofaktureringen för ett svenskt företag under åren 1959 - 1972.

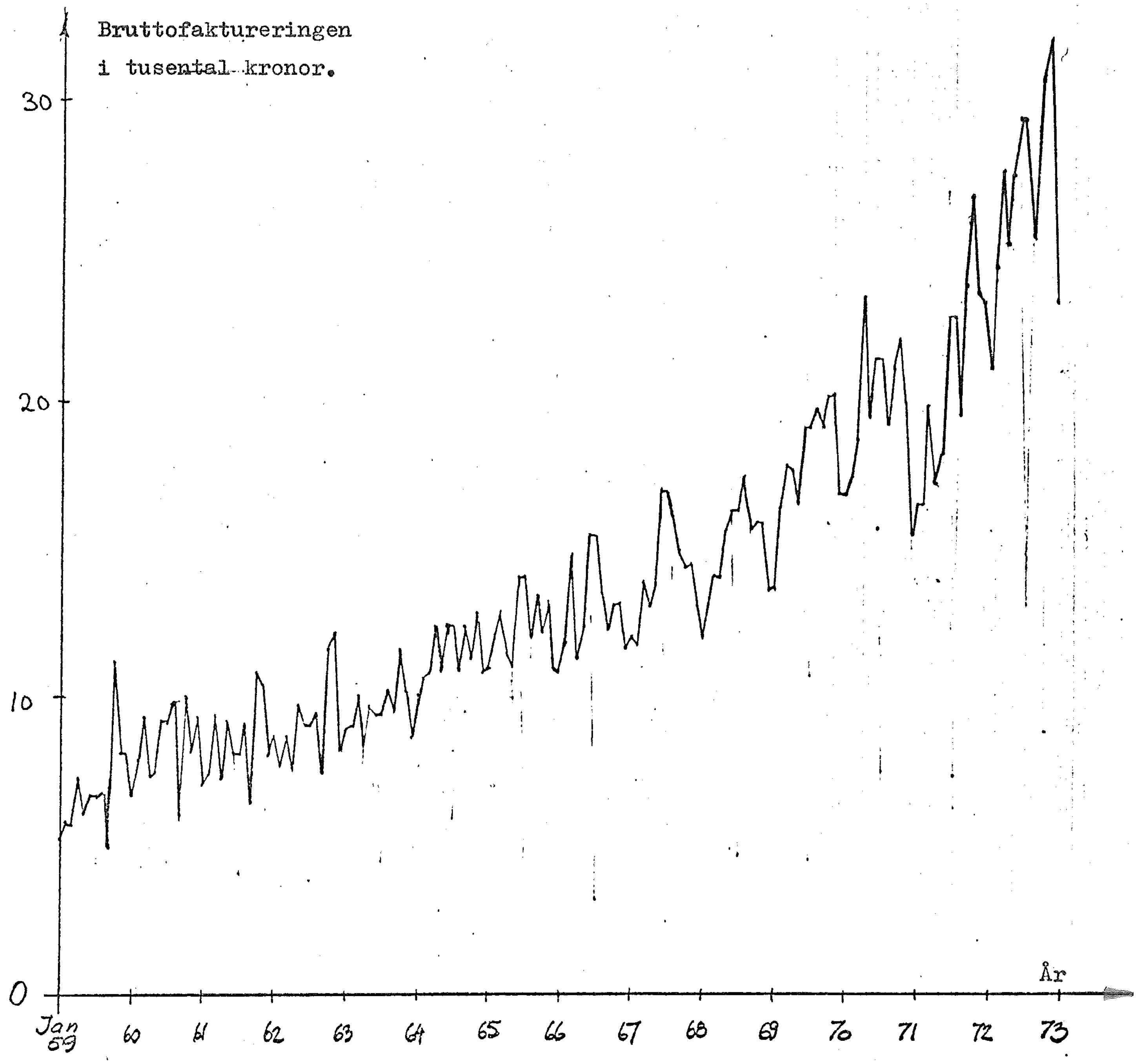

Fig. 4.2 Bruttofaktureringen för ett svenskt företag under åren 1959 - 1972, där det ursprungliga julivärdet har ersatts med junivärdet.

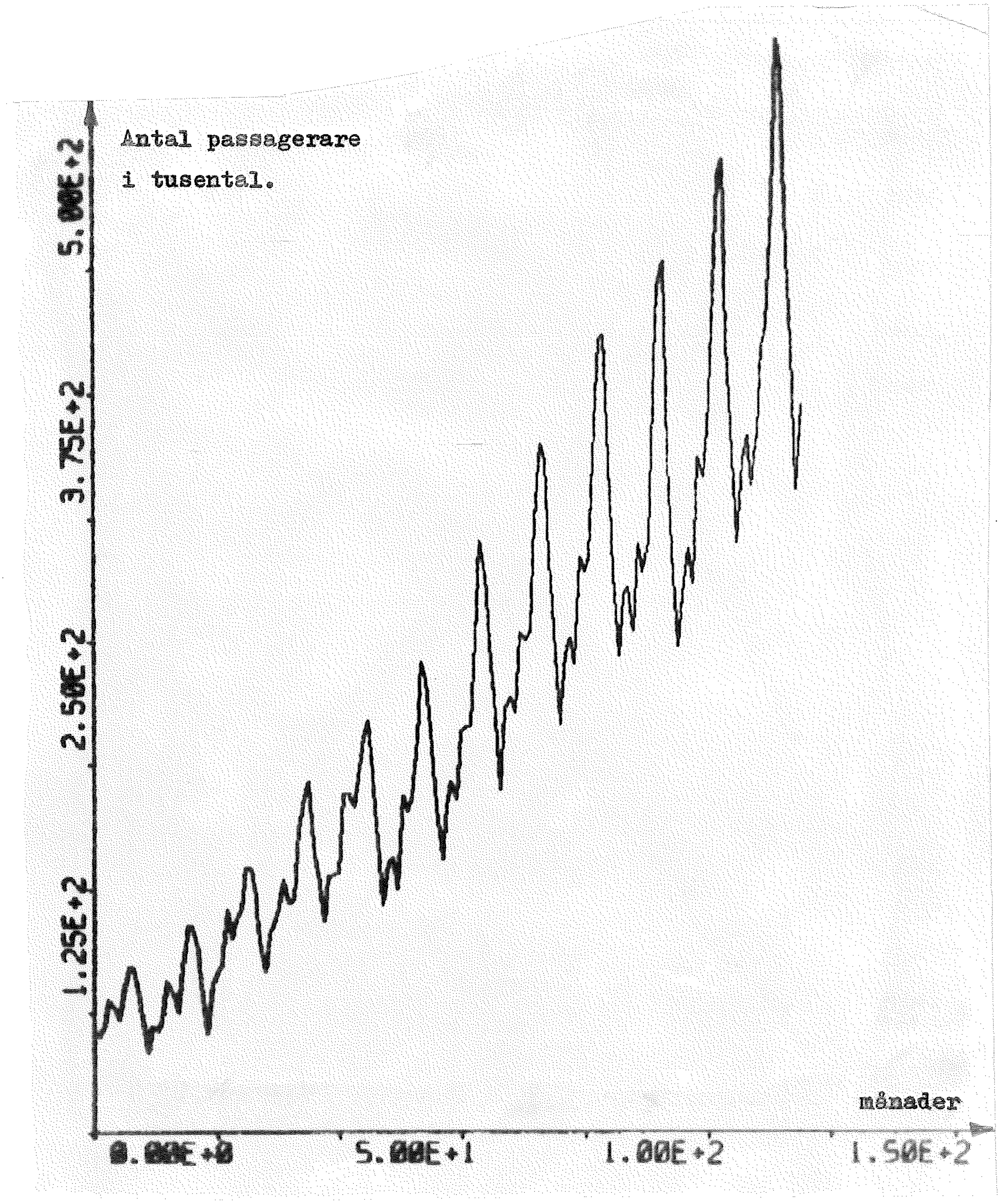

Fig. 4.3 Antalet passagerare i tusental per månad på internationella flyglinjer under åren 1949 - 1960.

Tabell 4. Antalet passagerare i tusental per månad på internationella flyglinjer under åren 1949 - 1960.

Month	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
Jan.	112	115	145	171	196	204	242	284	315	340	360	417
Feb.	118	126	150	180	196	188	233	277	301	318	342	391
Mar.	132	141	178	193	236	235	267	317	356	362	406	419
Apr.	129	135	163	181	235	227	269	313	348	348	396	461
May	121	125	172	183	229	234	270	318	355	363	420	472
June	135	149	178	218	243	264	315	374	422	435	472	535
July	148	170	199	230	264	302	364	413	465	491	548	622
Aug.	148	170	199	242	272	293	347	405	467	505	559	606
Sept.	136	158	184	209	237	259	312	355	404	404	463	508
Oct.	119	133	162	191	211	229	274	306	347	359	407	461
Nov.	104	114	146	172	180	203	237	271	305	310	362	390
Dec.	118	140	166	194	201	229	278	306	336	337	405	432
Total	1520	1676	2042	2364	2700	2867	3408	3939	4421	4572	5140	5714

* *FAA Statistical Handbook of Civil Aviation* (several annual issues).

Tabell 5. Omsättningen i miljoner DM i den träbearbetande industrin i Västtyskland under åren 1958 - 1967.

UMSÄTZE IN MILL. DM - HOLZVERARBEITENDE INDUSTRIE - ID. NR. U54

B1. ORIGINAL SERIES

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1958	306.4	295.7	351.6	342.2	341.0	329.8	361.8	338.2	387.8	430.1	403.4	395.5
1959	303.5	302.0	344.5	372.2	337.4	370.9	371.8	371.8	424.0	456.8	457.0	448.6
1960	337.4	344.2	419.6	406.7	427.8	400.5	417.1	432.2	486.0	504.7	521.1	507.6
1961	411.0	401.4	482.4	436.5	456.6	459.1	443.2	466.0	512.0	549.6	562.0	522.0
1962	428.3	430.2	491.8	479.3	533.2	497.3	509.3	521.2	555.5	644.3	632.4	548.1
1963	451.6	410.8	461.7	489.1	536.2	453.3	528.2	510.5	581.0	669.0	618.1	574.3
1964	475.8	494.9	557.0	609.4	540.0	596.7	627.7	532.2	680.4	742.0	728.3	692.9
1965	545.7	583.9	671.1	660.4	660.8	649.5	658.9	617.3	758.9	775.3	787.2	764.3
1966	589.8	610.7	755.2	697.3	727.6	723.9	708.2	646.4	806.3	824.2	824.4	768.5
1967	607.8	601.8	679.3	665.7	637.6	700.4	660.8	615.6	756.7	815.8	813.7	855.1

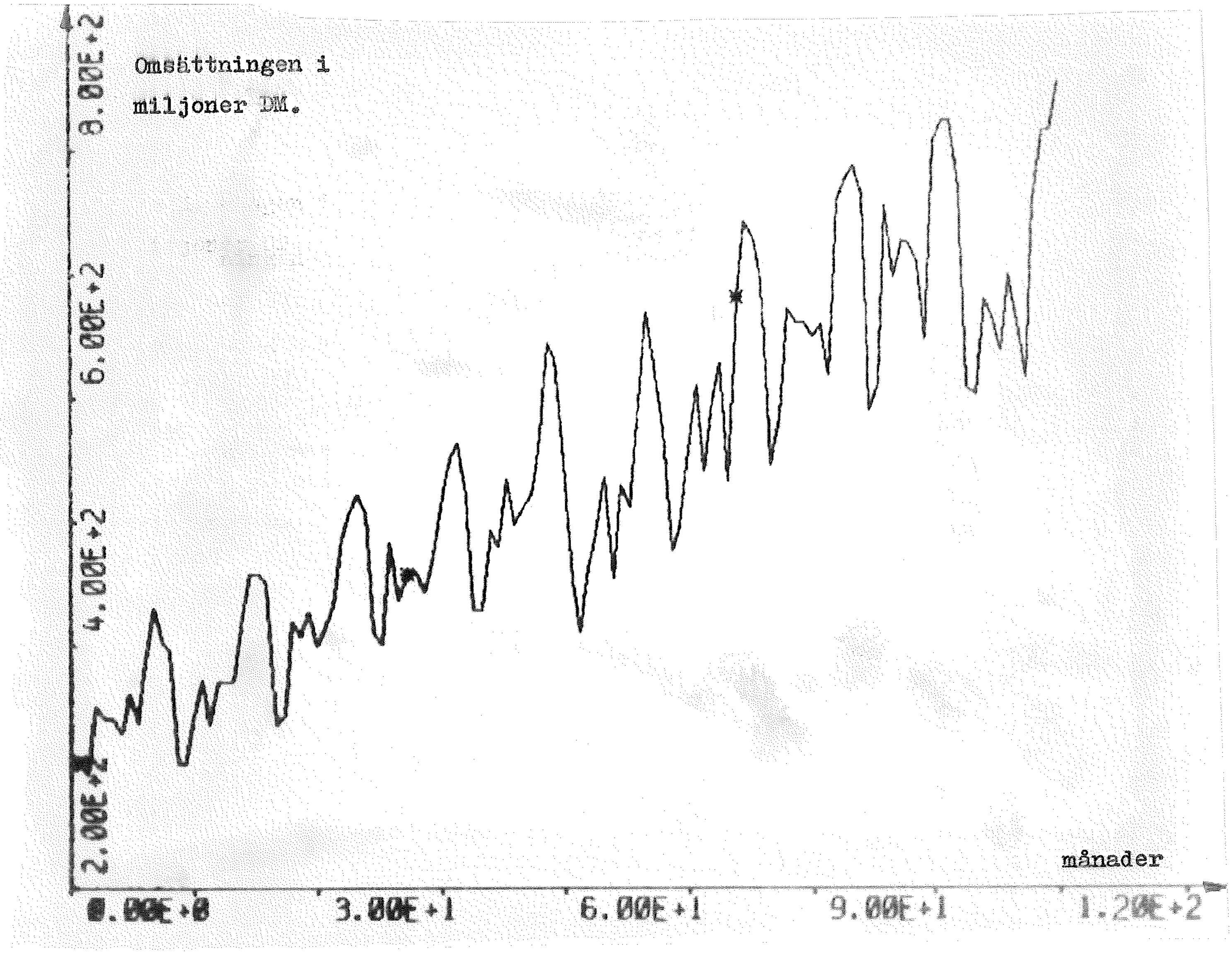

Fig. 4.4 Omsättningen i miljoner DM i den träbearbetande industrin i Västtyskland under åren 1958 - 1967.

5. PREDIKTIONSRESULTAT MED HEURISTISK METOD

5.1 Flygdata.

Trenden som befanns ha utseendet

$$1.2320 \cdot t + 0.0229 \cdot t \cdot (t - 1)/2$$

drogs ifrån de verkliga flygdata.
Men som framgår av figur 5.1, där de avtrendade flygdata visas, blir några värden negativa och detta medför att prediktionen blir fel. För att undvika detta adderas en konstant term (=50.0) till alla data.

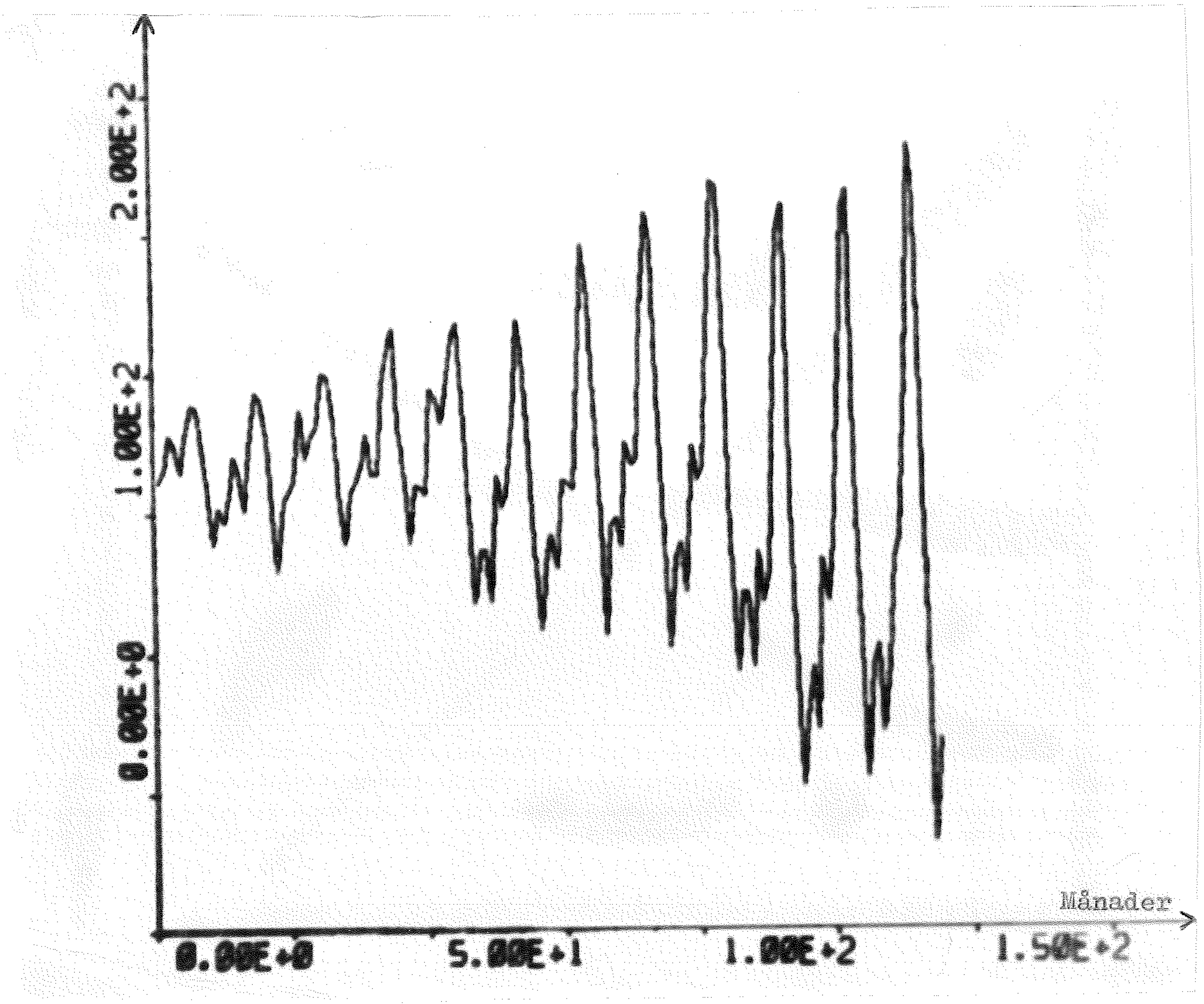

Fig. 5.1 Avtrendade Flygdata.

Beräkningar utfördes för prediktionsstegen 1,2,3,6,12,24 och 48. Utjämningskoefficienter, α, som användes vid prediktering av säsongsvärdet, från 0.0 till 1.0 i steg om 0.05 undersöktes.
Värdena på medelfel och varians framgår av tabellerna 6 - 12. Minima för medelfel och varians är understrykna.

Figuerna 5.2 - 5.4 visar prediktionen med prediktionsstegen 1,12 och 48 månader. Som framgår av figurerna prickar prediktionen in variationen bra i tiden, dock ligger den något högt.
Prediktionsfelet för prediktionssteget 1 mån. visas i figur 5.5. Figuren 5.6 visar summa prediktionsfel i kvadrat för prediktionssteget 1.
De branta stigningarna kommer av att vissa perioder avviker från genomsnittet och därför ger ett stort bidrag till prediktionsfelet. Sådana perioder är t.ex. månaderna 60-65 , 88-92 , 100-105 , 110-120 och 133-135. Detta framgår även i figur 5.5 av de djupa dipparna.

Tabell 6. Varians och medelfel vid 1-stegsprediktion av Flygdata
för $\alpha = 0.0,(0.05),1.0$

PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.00	VARIANS=	481.5755005	MEDELFEL=	-8.4989016
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.05	VARIANS=	401.6689224	MEDELFEL=	-4.3353434
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.10	VARIANS=	370.3140716	MEDELFEL=	-3.0399593
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.15	VARIANS=	331.4353027	MEDELFEL=	-2.6796252
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.20	VARIANS=	303.9913483	MEDELFEL=	-2.5680990
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.25	VARIANS=	285.8089905	MEDELFEL=	-2.5238186
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.30	VARIANS=	273.4894028	MEDELFEL=	-2.5042650
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.35	VARIANS=	264.8566894	MEDELFEL=	-2.4984514
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.40	VARIANS=	258.5951843	MEDELFEL=	-2.5016285
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.45	VARIANS=	253.9051094	MEDELFEL=	-2.5104332
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.50	VARIANS=	250.2925148	MEDELFEL=	-2.5222650
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.55	VARIANS=	247.4447365	MEDELFEL=	-2.5352709
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.60	VARIANS=	245.1578407	MEDELFEL=	-2.5482332
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.65	VARIANS=	243.2952728	MEDELFEL=	-2.5604472
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.70	VARIANS=	241.7630424	MEDELFEL=	-2.5715544
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.75	VARIANS=	240.4953537	MEDELFEL=	-2.5814094
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.80	VARIANS=	239.4452171	MEDELFEL=	-2.5900132
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.85	VARIANS=	238.5785103	MEDELFEL=	-2.5974237
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.90	VARIANS=	237.8698349	MEDELFEL=	-2.6037426
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.95	VARIANS=	237.2999878	MEDELFEL=	-2.6090899
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=1.00	VARIANS=	266.5587997	MEDELFEL=	-2.7968730

Tabell 7. Varians och medelfel vid 2-stegsprediktion av Flygdata för $\alpha = 0.0,(0.05),1.0$

PREDIKTIONSSTEG= 2	ALFA=0.00	VARIANS=	451.4224853	MEDELFEL=	-8.2662177
PREDIKTIONSSTEG= 2	ALFA=0.05	VARIANS=	379.7917251	MEDELFEL=	-4.2349410
PREDIKTIONSSTEG= 2	ALFA=0.10	VARIANS=	360.1575928	MEDELFEL=	-2.8567821
PREDIKTIONSSTEG= 2	ALFA=0.15	VARIANS=	326.2444000	MEDELFEL=	-2.4418537
PREDIKTIONSSTEG= 2	ALFA=0.20	VARIANS=	299.9817276	MEDELFEL=	-2.3009157
PREDIKTIONSSTEG= 2	ALFA=0.25	VARIANS=	281.5089721	MEDELFEL=	-2.2341134
PREDIKTIONSSTEG= 2	ALFA=0.30	VARIANS=	268.3904495	MEDELFEL=	-2.1932594
PREDIKTIONSSTEG= 2	ALFA=0.35	VARIANS=	258.8630371	MEDELFEL=	-2.1678368
PREDIKTIONSSTEG= 2	ALFA=0.40	VARIANS=	251.7570610	MEDELFEL=	-2.1546556
PREDIKTIONSSTEG= 2	ALFA=0.45	VARIANS=	246.3011475	MEDELFEL=	-2.1512690
PREDIKTIONSSTEG= 2	ALFA=0.50	VARIANS=	241.9904442	MEDELFEL=	-2.1551569
PREDIKTIONSSTEG= 2	ALFA=0.55	VARIANS=	238.4930038	MEDELFEL=	-2.1640258
PREDIKTIONSSTEG= 2	ALFA=0.60	VARIANS=	235.5871964	MEDELFEL=	-2.1759705
PREDIKTIONSSTEG= 2	ALFA=0.65	VARIANS=	233.1227035	MEDELFEL=	-2.1895823
PREDIKTIONSSTEG= 2	ALFA=0.70	VARIANS=	230.9961281	MEDELFEL=	-2.2038719
PREDIKTIONSSTEG= 2	ALFA=0.75	VARIANS=	229.1368675	MEDELFEL=	-2.2181702
PREDIKTIONSSTEG= 2	ALFA=0.80	VARIANS=	227.4980545	MEDELFEL=	-2.2320631
PREDIKTIONSSTEG= 2	ALFA=0.85	VARIANS=	226.0511513	MEDELFEL=	-2.2452618
PREDIKTIONSSTEG= 2	ALFA=0.90	VARIANS=	224.7826920	MEDELFEL=	-2.2575914
PREDIKTIONSSTEG= 2	ALFA=0.95	VARIANS=	223.6926079	MEDELFEL=	-2.2689463
PREDIKTIONSSTEG= 2	ALFA=1.00	VARIANS=	267.7096329	MEDELFEL=	-2.7146340

Tabell 8. Varians och medelfel vid 3-stegsprediktion av Flygdata för $\alpha = 0.0,(0.05),1.0$

PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.00	VARIANS=	425.8340759	MEDELFEL=	-8.0334589
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.05	VARIANS=	361.1845321	MEDELFEL=	-4.1460991
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.10	VARIANS=	353.3988037	MEDELFEL=	-2.6967649
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.15	VARIANS=	325.7397003	MEDELFEL=	-2.2351679
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.20	VARIANS=	302.0040512	MEDELFEL=	-2.0729805
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.25	VARIANS=	284.3607712	MEDELFEL=	-1.9900730
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.30	VARIANS=	271.3015976	MEDELFEL=	-1.9303298
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.35	VARIANS=	261.5698700	MEDELFEL=	-1.8830824
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.40	VARIANS=	254.2470932	MEDELFEL=	-1.8473617
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.45	VARIANS=	248.6601105	MEDELFEL=	-1.8228360
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.50	VARIANS=	244.3289452	MEDELFEL=	-1.8082792
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.55	VARIANS=	240.9176369	MEDELFEL=	-1.8019187
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.60	VARIANS=	238.1903725	MEDELFEL=	-1.8018320
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.65	VARIANS=	235.9794312	MEDELFEL=	-1.8063322
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.70	VARIANS=	234.1629715	MEDELFEL=	-1.8140679
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.75	VARIANS=	232.6527290	MEDELFEL=	-1.8240137
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.80	VARIANS=	231.3859901	MEDELFEL=	-1.8354705
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.85	VARIANS=	230.3216133	MEDELFEL=	-1.8479007
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.90	VARIANS=	229.4388123	MEDELFEL=	-1.8609414
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.95	VARIANS=	228.7370377	MEDELFEL=	-1.8743403
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=1.00	VARIANS=	269.4913254	MEDELFEL=	-2.6674773

Tabell 9. Varians och medelfel vid 6-stegsprediktion av Flygdata

för α= 0.0,(0.05),1.0

PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.00	VARIANS=	367.1605682	MEDELFEL=	-7.0432049
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.05	VARIANS=	325.3514404	MEDELFEL=	-3.6406797
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.10	VARIANS=	352.1179428	MEDELFEL=	-2.0247145
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.15	VARIANS=	346.5470352	MEDELFEL=	-1.4571017
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.20	VARIANS=	335.1997528	MEDELFEL=	-1.2932029
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.25	VARIANS=	325.5701752	MEDELFEL=	-1.2462941
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.30	VARIANS=	317.6664886	MEDELFEL=	-1.2163624
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.35	VARIANS=	311.0924148	MEDELFEL=	-1.1766027
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.40	VARIANS=	305.6662979	MEDELFEL=	-1.1253480
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.45	VARIANS=	301.2201614	MEDELFEL=	-1.0679199
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.50	VARIANS=	297.5561066	MEDELFEL=	-1.0101198
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.55	VARIANS=	294.4867172	MEDELFEL=	-0.9562637
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.60	VARIANS=	291.8680038	MEDELFEL=	-0.9086815
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.65	VARIANS=	289.6100006	MEDELFEL=	-0.8681842
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.70	VARIANS=	287.6686478	MEDELFEL=	-0.8344930
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.75	VARIANS=	286.0357285	MEDELFEL=	-0.8067029
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.80	VARIANS=	284.7309036	MEDELFEL=	-0.7837508
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.85	VARIANS=	283.7957458	MEDELFEL=	-0.7644793
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.90	VARIANS=	283.2986298	MEDELFEL=	-0.7479730
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.95	VARIANS=	283.3354263	MEDELFEL=	-0.7335631
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=1.00	VARIANS=	274.0671081	MEDELFEL=	-2.4691988

Tabell 10. Varians och medelfel vid 12-stegsprediktion av Flygdata
för α = 0.0,(0.05),1.0

PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.00	VARIANS=	319.6696930	MEDELFEL=	-5.9117930
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.05	VARIANS=	284.2349930	MEDELFEL=	-3.4453954
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.10	VARIANS=	386.3242340	MEDELFEL=	-1.4224454
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.15	VARIANS=	453.3921814	MEDELFEL=	-0.3154970
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.20	VARIANS=	481.1171112	MEDELFEL=	0.1687079
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.25	VARIANS=	494.0881424	MEDELFEL=	0.3087609
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.30	VARIANS=	502.4555511	MEDELFEL=	0.2693502
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.35	VARIANS=	508.4114685	MEDELFEL=	0.1376038
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.40	VARIANS=	512.2977753	MEDELFEL=	-0.0396830
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.45	VARIANS=	514.5090179	MEDELFEL=	-0.2357854
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.50	VARIANS=	515.6703491	MEDELFEL=	-0.4347298
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.55	VARIANS=	516.4526062	MEDELFEL=	-0.6272343
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.60	VARIANS=	517.4300232	MEDELFEL=	-0.8080580
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.65	VARIANS=	519.0346985	MEDELFEL=	-0.9748006
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.70	VARIANS=	521.5689697	MEDELFEL=	-1.1267427
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.75	VARIANS=	525.2391816	MEDELFEL=	-1.2641066
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.80	VARIANS=	530.2051086	MEDELFEL=	-1.3878259
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.85	VARIANS=	536.6137238	MEDELFEL=	-1.4988612
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.90	VARIANS=	544.6556397	MEDELFEL=	-1.5984125
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.95	VARIANS=	554.6065064	MEDELFEL=	-1.6876724
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=1.00	VARIANS=	286.4089126	MEDELFEL=	-2.5272812

Tabell 12

Tabell 11. Varians och medelfel vid 24-stegsprediktion av Flygdata
för $\alpha = 0.0,(0.05),1.0$

PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.00	VARIANS=	436.8837967	MEDELFEL=	-6.6117158
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.05	VARIANS=	479.1484070	MEDELFEL=	-6.8811295
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.10	VARIANS=	713.1915893	MEDELFEL=	-6.4053379
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.15	VARIANS=	948.5600281	MEDELFEL=	-5.5965728
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.20	VARIANS=	1130.5643921	MEDELFEL=	-4.7570163
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.25	VARIANS=	1268.9879151	MEDELFEL=	-4.0728512
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.30	VARIANS=	1372.3819885	MEDELFEL=	-3.5869790
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.35	VARIANS=	1445.1348267	MEDELFEL=	-3.2869781
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.40	VARIANS=	1492.0857239	MEDELFEL=	-3.1401192
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.45	VARIANS=	1519.3039551	MEDELFEL=	-3.1080629
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.50	VARIANS=	1533.0293580	MEDELFEL=	-3.1549096
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.55	VARIANS=	1538.7063904	MEDELFEL=	-3.2514208
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.60	VARIANS=	1540.5891113	MEDELFEL=	-3.3752038
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.65	VARIANS=	1541.7738647	MEDELFEL=	-3.5105065
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.70	VARIANS=	1544.4322510	MEDELFEL=	-3.6466309
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.75	VARIANS=	1550.0686035	MEDELFEL=	-3.7765757
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.80	VARIANS=	1559.7921753	MEDELFEL=	-3.8964140
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.85	VARIANS=	1574.5026855	MEDELFEL=	-4.0036553
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.90	VARIANS=	1595.1212769	MEDELFEL=	-4.0974406
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.95	VARIANS=	1622.7589722	MEDELFEL=	-4.1778278
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=1.00	VARIANS=	533.4962158	MEDELFEL=	-6.2537439

Tabell 12. Varians och medelfel vid 48-stegsprediktion av Flygdata
för $\alpha = 0.0,(0.05),1.0$

PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.00	VARIANS=	1001.9298095	MEDELFEL=	-12.8485789
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.05	VARIANS=	886.2574463	MEDELFEL=	-12.4519963
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.10	VARIANS=	966.3211670	MEDELFEL=	-11.9614058
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.15	VARIANS=	1287.3744507	MEDELFEL=	-13.0677102
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.20	VARIANS=	1649.8432312	MEDELFEL=	-14.4137526
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.25	VARIANS=	1959.7087402	MEDELFEL=	-15.5173388
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.30	VARIANS=	2193.7823486	MEDELFEL=	-16.3872738
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.35	VARIANS=	2355.0409546	MEDELFEL=	-17.1059394
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.40	VARIANS=	2458.3837280	MEDELFEL=	-17.7298503
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.45	VARIANS=	2522.5059813	MEDELFEL=	-18.2866106
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.50	VARIANS=	2564.5643309	MEDELFEL=	-18.7875047
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.55	VARIANS=	2597.9258422	MEDELFEL=	-19.2375789
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.60	VARIANS=	2631.9948120	MEDELFEL=	-19.6392698
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.65	VARIANS=	2672.9915160	MEDELFEL=	-19.9952354
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.70	VARIANS=	2724.9924927	MEDELFEL=	-20.3083677
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.75	VARIANS=	2790.8139647	MEDELFEL=	-20.5816283
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.80	VARIANS=	2872.8358764	MEDELFEL=	-20.8188667
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.85	VARIANS=	2973.5947875	MEDELFEL=	-21.0228510
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.90	VARIANS=	3096.4057615	MEDELFEL=	-21.1967111
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.95	VARIANS=	3246.0577392	MEDELFEL=	-21.3435063
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=1.00	VARIANS=	895.5457306	MEDELFEL=	-13.1710601

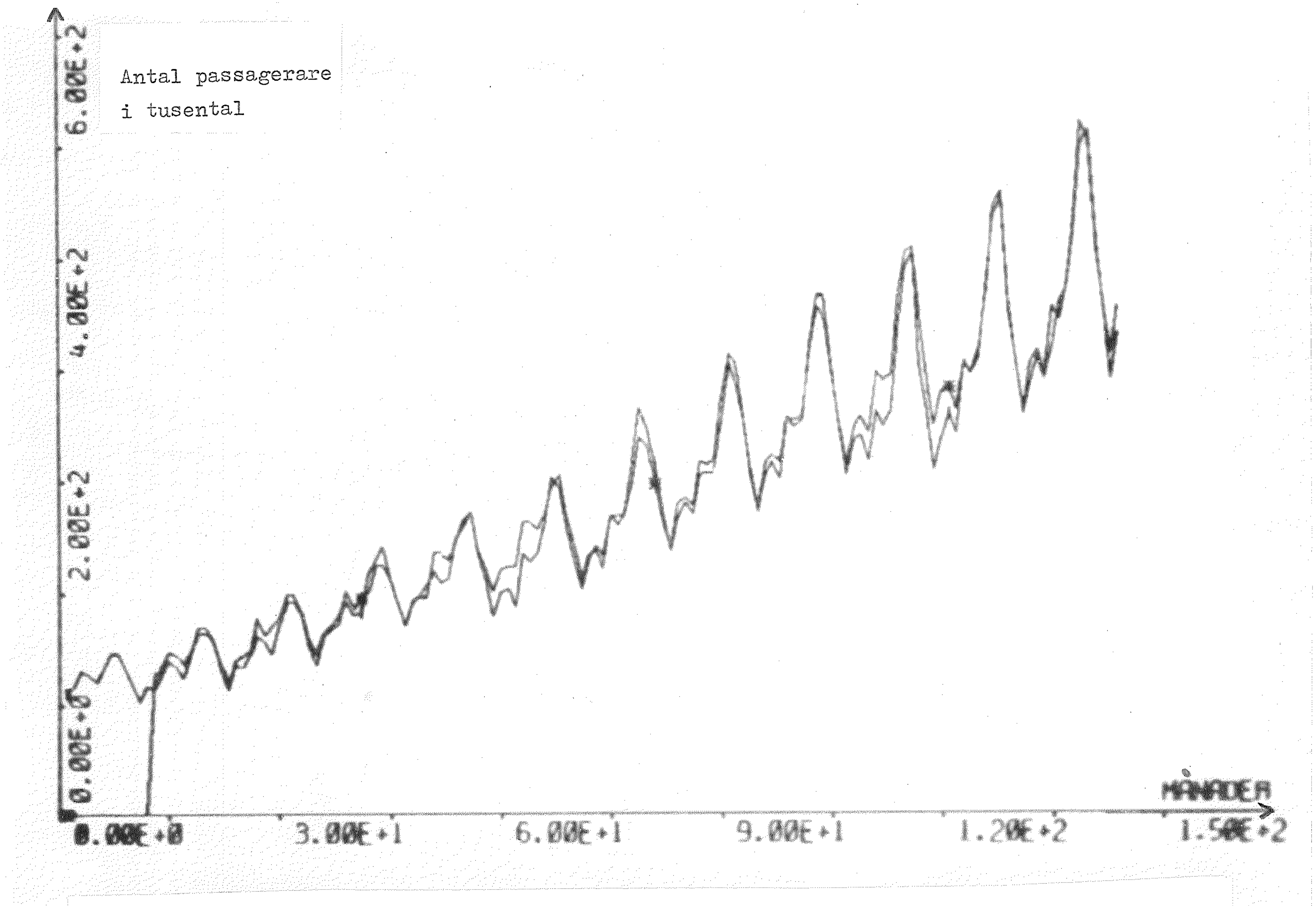

Fig. 5.2 Prediktionen av Flygdata med heuristiska metoden med k=1
och α=0.95. Flygdata = I, Prediktion av Flygdata = ✱.

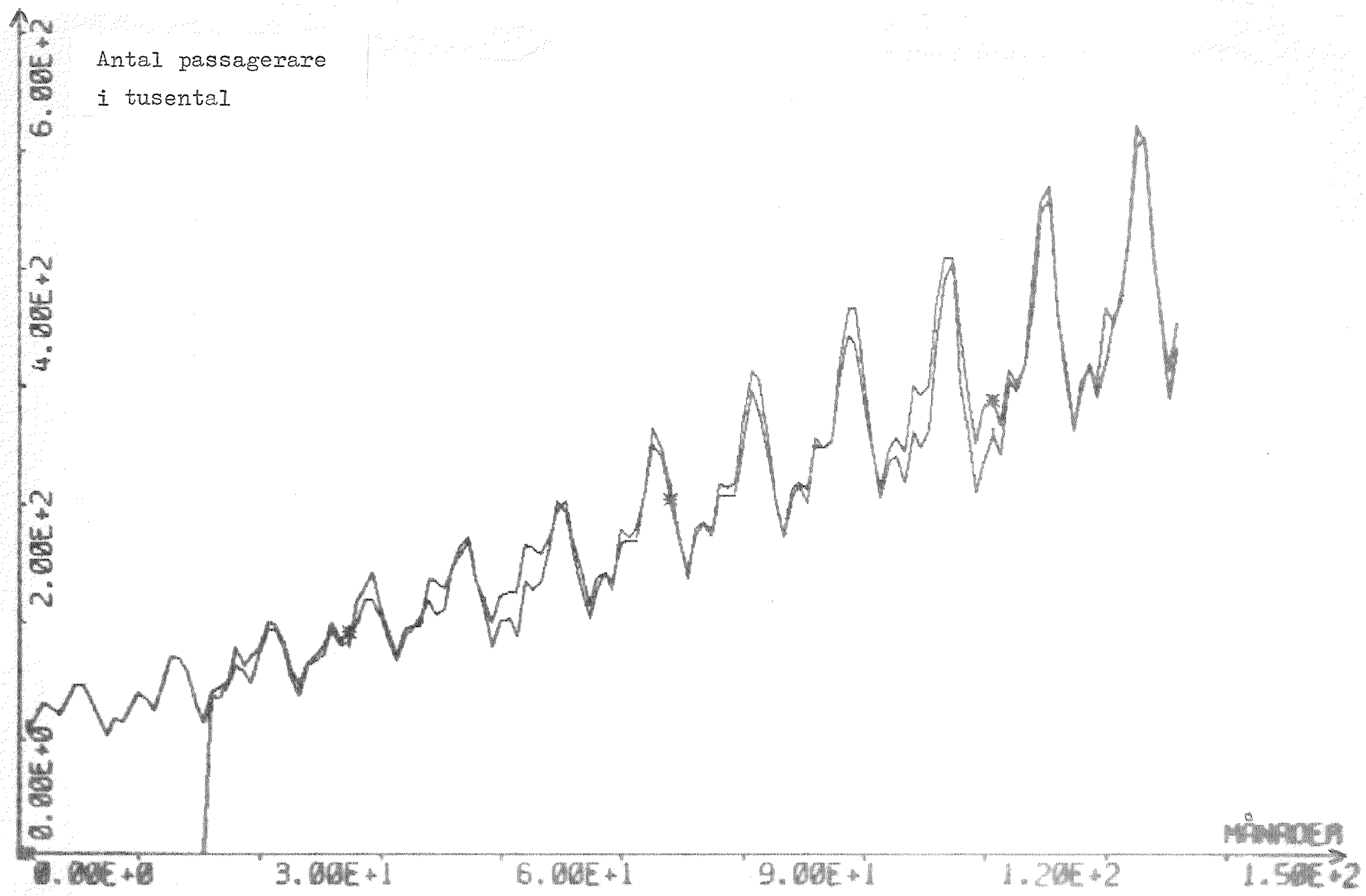

Fig. 5.3 Prediktionen av Flygdata med heuristiska metoden med k=12 och α=0.05. Flygdata = I, Prediktion av Flygdata = *.

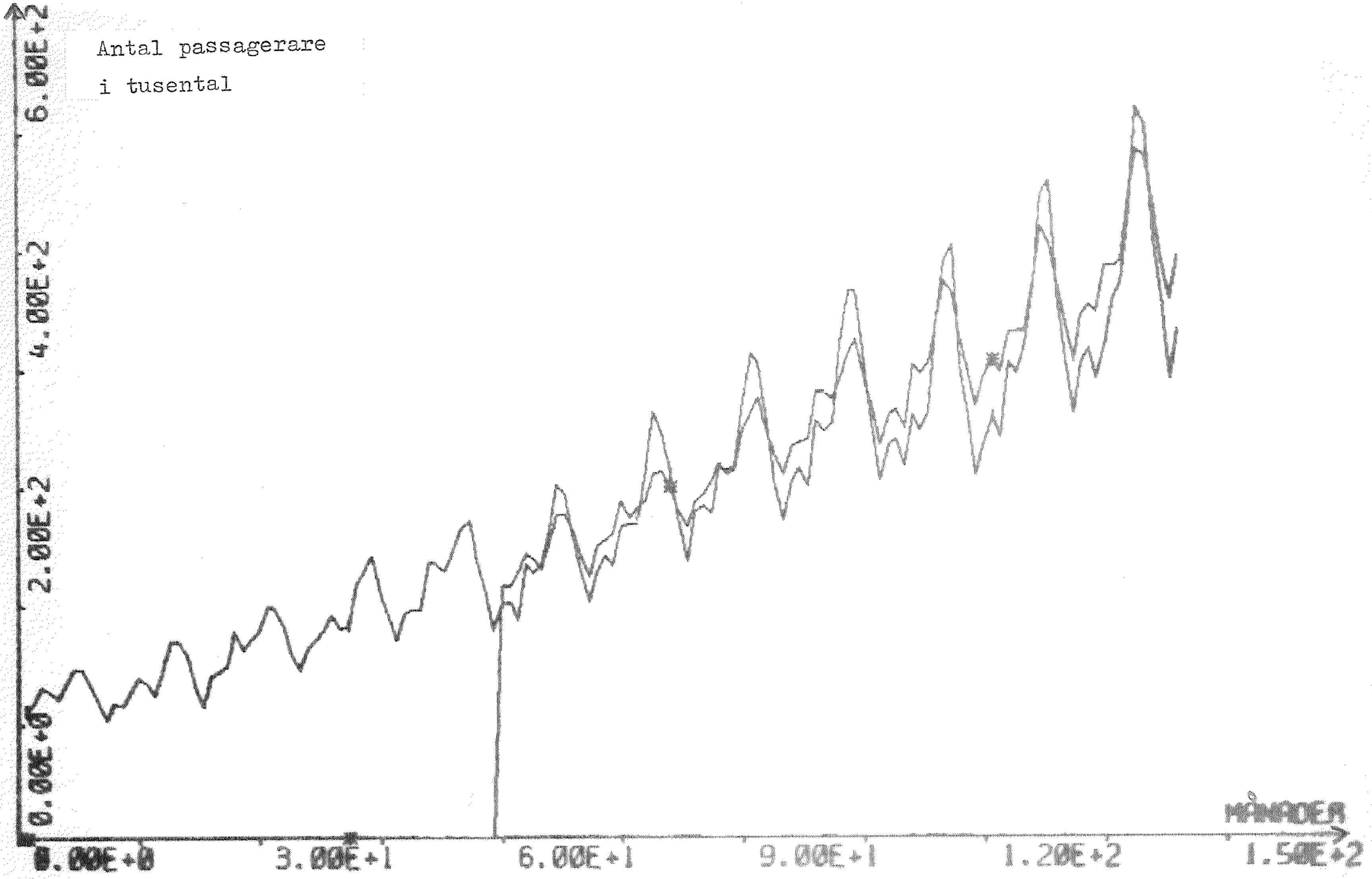

Fig. 5.4 Prediktionen av Flygdata med heuristiska metoden med k=48 och α=0.05.Flygdata = I, Prediktion av Flygdata = ⁎.

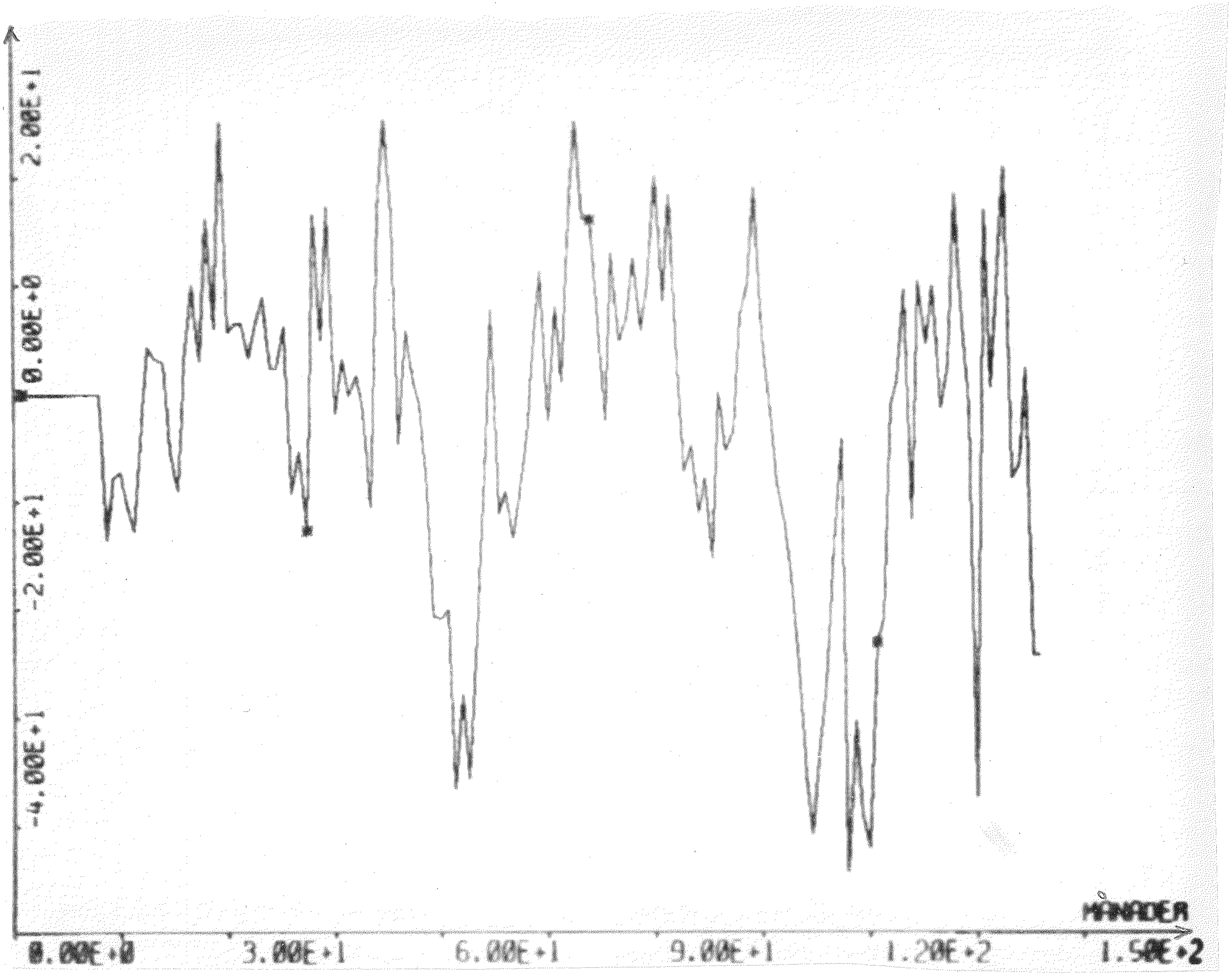

Fig. 5.5 Prediktionsfelet vid prediktion av Flygdata med heuristiska metoden med k=1 och α=0.95.

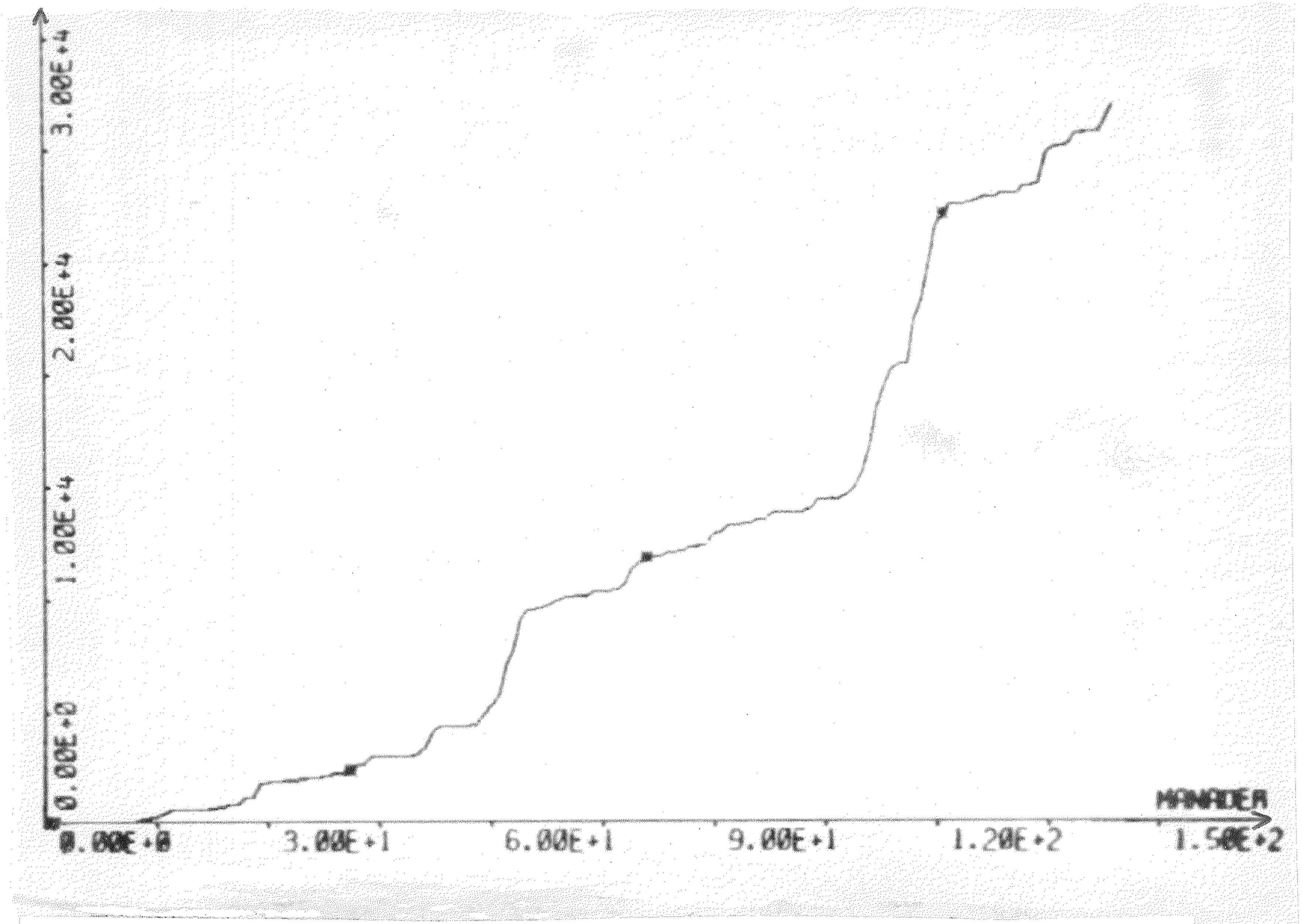

Fig. 5.6 Summa prediktionsfel i kvadrat vid prediktion av Flygdata med heuristiska metoden med k=1 och α=0.95.

5.2 Företagsdata.

Denna prediktion gjordes enligt punkt 2 (Se kap. 3.1) d.v.s. ingen trend drogs ifrån innan prediktionen gjordes. Beräkningar utfördes för prediktionsstegen 1,2,3,6,12,24 och 48 månader. Utjämningskoefficienter, α, från 0.0 till 1.0 i steg om 0.05 undersöktes. Värdena på medelfel och varians framgår av tabellerna 13 - 19. Minima för medelfel och varians är understrykna.

Prediktionen vid prediktionsstegen 1 och 12 månader visas i figurerna 5.7 och 5.8. Som synes ligger prediktionen tidsmässigt rätt och utseendet följer relativt bra, men ligger hela tiden något lågt. Anmärkningsvärt är hur bra prediktionen följer julidipparna.
Prediktionsfelet för prediktiossteget 1 månad visas i figur 5.9 och här framgår det att felet blir större ju längre fram i tiden man kommer. Detta framgår även av den ökade stigningen för summa prediktionsfel i kvadrat, figur 5.10, mot slutet av tidsperioden. Detta gäller även för övriga prediktionssteg.

Tabell 13. Varians och medelfel vid 1-stegsprediktion av Företags-data för $\alpha = 0.0,(0.05),1.0$

PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.00	VARIANS=	32177101.0011434	MEDELFEL=	7320.0231934
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.05	VARIANS=	6289709.3747742	MEDELFEL=	1759.0599976
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.10	VARIANS=	6089941.2496946	MEDELFEL=	1508.0181885
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.15	VARIANS=	5751821.7498436	MEDELFEL=	1444.1499939
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.20	VARIANS=	5431940.0000385	MEDELFEL=	1413.8716736
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.25	VARIANS=	5188942.1250671	MEDELFEL=	1396.0404663
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.30	VARIANS=	5018449.6250003	MEDELFEL=	1384.8449402
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.35	VARIANS=	4902332.1249987	MEDELFEL=	1377.5943908
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.40	VARIANS=	4823919.7498187	MEDELFEL=	1372.7584839
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.45	VARIANS=	4770880.2500274	MEDELFEL=	1369.4228515
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.50	VARIANS=	4734741.6249103	MEDELFEL=	1367.0343933
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.55	VARIANS=	4709848.6248869	MEDELFEL=	1365.2550354
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.60	VARIANS=	4692463.7500196	MEDELFEL=	1363.8765870
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.65	VARIANS=	4680118.8748795	MEDELFEL=	1362.7679138
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.70	VARIANS=	4671179.4999428	MEDELFEL=	1361.8464050
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.75	VARIANS=	4664566.2500523	MEDELFEL=	1361.0585937
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.80	VARIANS=	4659572.7498643	MEDELFEL=	1360.3681336
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.85	VARIANS=	4655746.5000078	MEDELFEL=	1359.7514039
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.90	VARIANS=	4652815.1249513	MEDELFEL=	1359.1902160
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=0.95	VARIANS=	4650632.1250926	MEDELFEL=	1358.6712036
PREDIKTIONSSTEG= 1	ALFA=1.00	VARIANS=	5016177.6249296	MEDELFEL=	1468.7564393

Tabell 14. Varians och medelfel vid 2-stegsprediktion av Företagsdata för $\alpha = 0.0,(0.05),1.0$

PREDIKTIONSSTEG=	2	ALFA=0.00	VARIANS=	31924399.4983844	MEDELFEL=	7304.2818601
PREDIKTIONSSTEG=	2	ALFA=0.05	VARIANS=	6035515.9998871	MEDELFEL=	1692.4333191
PREDIKTIONSSTEG=	2	ALFA=0.10	VARIANS=	5975503.7496797	MEDELFEL=	1427.6277466
PREDIKTIONSSTEG=	2	ALFA=0.15	VARIANS=	5708937.4996721	MEDELFEL=	1358.5972595
PREDIKTIONSSTEG=	2	ALFA=0.20	VARIANS=	5399395.3750468	MEDELFEL=	1324.2691040
PREDIKTIONSSTEG=	2	ALFA=0.25	VARIANS=	5135238.4998463	MEDELFEL=	1302.7025756
PREDIKTIONSSTEG=	2	ALFA=0.30	VARIANS=	4931690.7499451	MEDELFEL=	1288.2879028
PREDIKTIONSSTEG=	2	ALFA=0.35	VARIANS=	4780875.6248559	MEDELFEL=	1278.4497376
PREDIKTIONSSTEG=	2	ALFA=0.40	VARIANS=	4670851.9998937	MEDELFEL=	1271.6279297
PREDIKTIONSSTEG=	2	ALFA=0.45	VARIANS=	4591082.7498883	MEDELFEL=	1266.8132934
PREDIKTIONSSTEG=	2	ALFA=0.50	VARIANS=	4533451.2498229	MEDELFEL=	1263.3466186
PREDIKTIONSSTEG=	2	ALFA=0.55	VARIANS=	4492022.1248175	MEDELFEL=	1260.7937316
PREDIKTIONSSTEG=	2	ALFA=0.60	VARIANS=	4462540.1250086	MEDELFEL=	1258.8698121
PREDIKTIONSSTEG=	2	ALFA=0.65	VARIANS=	4441979.4999994	MEDELFEL=	1257.3838196
PREDIKTIONSSTEG=	2	ALFA=0.70	VARIANS=	4428185.7497990	MEDELFEL=	1256.2091370
PREDIKTIONSSTEG=	2	ALFA=0.75	VARIANS=	4419630.5000223	MEDELFEL=	1255.2615661
PREDIKTIONSSTEG=	2	ALFA=0.80	VARIANS=	4415243.3748822	MEDELFEL=	1254.4836426
PREDIKTIONSSTEG=	2	ALFA=0.85	VARIANS=	4414301.8750473	MEDELFEL=	1253.8397216
PREDIKTIONSSTEG=	2	ALFA=0.90	VARIANS=	4416376.3748947	MEDELFEL=	1253.3047790
PREDIKTIONSSTEG=	2	ALFA=0.95	VARIANS=	4421286.8749164	MEDELFEL=	1252.8621826
PREDIKTIONSSTEG=	2	ALFA=1.00	VARIANS=	5048750.0000745	MEDELFEL=	1468.7871093

Tabell 15. Varians och medlefel vid 3-stegsprediktion av Företagsdata för $\alpha = 0.0,(0.05),1.0$

PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.00	VARIANS=	31752495.5002591	MEDELFEL=	7284.8477782
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.05	VARIANS=	5785030.2499718	MEDELFEL=	1623.7534179
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.10	VARIANS=	5869610.1247332	MEDELFEL=	1345.4608459
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.15	VARIANS=	5700939.6250359	MEDELFEL=	1271.9582214
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.20	VARIANS=	5428642.7497863	MEDELFEL=	1234.0864562
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.25	VARIANS=	5164457.6247781	MEDELFEL=	1208.8808899
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.30	VARIANS=	4941895.8749156	MEDELFEL=	1190.9933777
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.35	VARIANS=	4763789.8749671	MEDELFEL=	1178.0959472
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.40	VARIANS=	4624083.4998898	MEDELFEL=	1168.7112426
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.45	VARIANS=	4515331.4999770	MEDELFEL=	1161.8109131
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.50	VARIANS=	4430942.3749800	MEDELFEL=	1156.6731872
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.55	VARIANS=	4365646.8749977	MEDELFEL=	1152.7903442
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.60	VARIANS=	4315416.9998597	MEDELFEL=	1149.8063659
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.65	VARIANS=	4277236.3750264	MEDELFEL=	1147.4663696
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.70	VARIANS=	4248856.6248212	MEDELFEL=	1145.5881347
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.75	VARIANS=	4228601.8750164	MEDELFEL=	1144.0414124
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.80	VARIANS=	4215220.1249264	MEDELFEL=	1142.7298584
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.85	VARIANS=	4207800.3748320	MEDELFEL=	1141.5902710
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.90	VARIANS=	4205736.8748355	MEDELFEL=	1140.5775146
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=0.95	VARIANS=	4208750.7499381	MEDELFEL=	1139.6622620
PREDIKTIONSSTEG= 3	ALFA=1.00	VARIANS=	5079676.5000559	MEDELFEL=	1465.1428833

Tabell 16. Varians och medelfel vid 6-stegsprediktion av Företags-
data för $\alpha = 0.0,(0.05),1.0$

PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.00	VARIANS=	31031776.4990031	MEDELFEL=	7232.6295166
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.05	VARIANS=	4867045.3750528	MEDELFEL=	1418.7940674
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.10	VARIANS=	5387470.1252207	MEDELFEL=	1101.0150147
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.15	VARIANS=	5652194.6252323	MEDELFEL=	1019.8680420
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.20	VARIANS=	5664705.8748640	MEDELFEL=	978.0387573
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.25	VARIANS=	5563674.7498065	MEDELFEL=	947.0368195
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.30	VARIANS=	5427589.3750600	MEDELFEL=	921.7326660
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.35	VARIANS=	5289931.2498047	MEDELFEL=	900.8282013
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.40	VARIANS=	5163457.9999372	MEDELFEL=	883.5759583
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.45	VARIANS=	5052500.2498179	MEDELFEL=	869.3161773
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.50	VARIANS=	4957989.0000168	MEDELFEL=	857.4669342
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.55	VARIANS=	4879383.3749368	MEDELFEL=	847.5449372
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.60	VARIANS=	4815467.9997824	MEDELFEL=	839.1809388
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.65	VARIANS=	4764747.4999539	MEDELFEL=	832.0985565
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.70	VARIANS=	4725729.8750337	MEDELFEL=	826.0989532
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.75	VARIANS=	4697167.8750123	MEDELFEL=	821.0402527
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.80	VARIANS=	4678310.6247894	MEDELFEL=	816.8105469
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.85	VARIANS=	4669169.2499443	MEDELFEL=	813.3320770
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.90	VARIANS=	4670801.2497983	MEDELFEL=	810.5371704
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=0.95	VARIANS=	4685650.5000032	MEDELFEL=	808.3734284
PREDIKTIONSSTEG= 6	ALFA=1.00	VARIANS=	5135988.6247664	MEDELFEL=	1460.8344726

Tabell 17. Varians och medelfel vid 12-stegsprediktion av Företags-data för $\alpha = 0.0,(0.05),1.0$

PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.00	VARIANS=	29930426.0010831	MEDELFEL=	7152.0573729
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.05	VARIANS=	3779052.9998019	MEDELFEL=	1034.8290405
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.10	VARIANS=	4371355.4998394	MEDELFEL=	614.9596252
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.15	VARIANS=	5324826.4999128	MEDELFEL=	519.4403687
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.20	VARIANS=	6151061.8748143	MEDELFEL=	490.0465088
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.25	VARIANS=	6741812.8750286	MEDELFEL=	474.9838791
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.30	VARIANS=	7139941.5000341	MEDELFEL=	461.5837936
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.35	VARIANS=	7413887.2497715	MEDELFEL=	447.1052017
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.40	VARIANS=	7618359.5000766	MEDELFEL=	431.3209839
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.45	VARIANS=	7789814.6249353	MEDELFEL=	414.5418930
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.50	VARIANS=	7950862.0002306	MEDELFEL=	397.1034927
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.55	VARIANS=	8115215.3750881	MEDELFEL=	379.2416534
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.60	VARIANS=	8291387.7498358	MEDELFEL=	361.1101913
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.65	VARIANS=	8485075.5003280	MEDELFEL=	342.7821960
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.70	VARIANS=	8700689.5001977	MEDELFEL=	324.2829132
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.75	VARIANS=	8942267.5003297	MEDELFEL=	305.6054840
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.80	VARIANS=	9214169.0002754	MEDELFEL=	286.7061615
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.85	VARIANS=	9521665.5000112	MEDELFEL=	267.5443802
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.90	VARIANS=	9871527.4995192	MEDELFEL=	248.0571938
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=0.95	VARIANS=	10273041.9998988	MEDELFEL=	228.1753426
PREDIKTIONSSTEG=12	ALFA=1.00	VARIANS=	5224857.8746803	MEDELFEL=	1476.4068908

Tabell 18. Varians och medelfel vid 24-stegsprediktion av Företagsdata för $\alpha = 0.0,(0.05),1.0$

PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.00	VARIANS=	30403898.5003717	MEDELFEL=	7689.3638917
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.05	VARIANS=	5135906.6246077	MEDELFEL=	1661.5756836
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.10	VARIANS=	4789171.7499587	MEDELFEL=	976.7054901
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.15	VARIANS=	5095310.4998916	MEDELFEL=	699.8252564
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.20	VARIANS=	5611271.6249190	MEDELFEL=	557.2888642
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.25	VARIANS=	6205816.1250315	MEDELFEL=	477.9746551
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.30	VARIANS=	6826164.3750593	MEDELFEL=	430.8590698
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.35	VARIANS=	7445933.4998391	MEDELFEL=	400.4499817
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.40	VARIANS=	8056586.3749943	MEDELFEL=	378.5496292
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.45	VARIANS=	8660900.4996716	MEDELFEL=	360.7032242
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.50	VARIANS=	9267682.2496578	MEDELFEL=	344.4779663
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.55	VARIANS=	9888402.2496640	MEDELFEL=	328.5486832
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.60	VARIANS=	10535505.9998109	MEDELFEL=	312.2561264
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.65	VARIANS=	11221739.9994842	MEDELFEL=	295.2955170
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.70	VARIANS=	11960259.0003050	MEDELFEL=	277.5667267
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.75	VARIANS=	12765087.7498090	MEDELFEL=	259.0718994
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.80	VARIANS=	13652321.0001178	MEDELFEL=	239.8073921
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.85	VARIANS=	14641720.9994979	MEDELFEL=	219.7860069
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.90	VARIANS=	15759154.4999741	MEDELFEL=	198.9579239
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=0.95	VARIANS=	17040313.4999796	MEDELFEL=	177.2068901
PREDIKTIONSSTEG=24	ALFA=1.00	VARIANS=	6659306.7501671	MEDELFEL=	2631.4135130

Tabell 19. Varians och medelfel vid 48-stegsprediktion av Företagsdata för $\alpha = 0.0,(0.05),1.0$

PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.00	VARIANS=	28126123.4986595	MEDELFEL=	8963.8723144
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.05	VARIANS=	7716107.1249283	MEDELFEL=	3293.1872557
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.10	VARIANS=	8703515.4998302	MEDELFEL=	2504.3002930
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.15	VARIANS=	9413047.2503602	MEDELFEL=	2240.8584595
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.20	VARIANS=	10146175.5000054	MEDELFEL=	2094.9390869
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.25	VARIANS=	10916901.2499041	MEDELFEL=	1997.4015503
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.30	VARIANS=	11686952.9993273	MEDELFEL=	1925.3173524
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.35	VARIANS=	12459583.4994688	MEDELFEL=	1867.8970336
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.40	VARIANS=	13263953.2489702	MEDELFEL=	1819.3127137
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.45	VARIANS=	14135487.7492412	MEDELFEL=	1776.1352539
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.50	VARIANS=	15108134.7502768	MEDELFEL=	1736.1794434
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.55	VARIANS=	16214053.2503835	MEDELFEL=	1697.9114380
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.60	VARIANS=	17486549.4994446	MEDELFEL=	1660.2497558
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.65	VARIANS=	18963743.0002912	MEDELFEL=	1622.3709412
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.70	VARIANS=	20692691.9999532	MEDELFEL=	1583.6449585
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.75	VARIANS=	22733400.9995684	MEDELFEL=	1543.6034546
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.80	VARIANS=	25163380.0007402	MEDELFEL=	1501.8117066
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.85	VARIANS=	28083682.9985491	MEDELFEL=	1457.9642029
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.90	VARIANS=	31626281.9990515	MEDELFEL=	1411.7617798
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=0.95	VARIANS=	35965793.0000685	MEDELFEL=	1362.9081116
PREDIKTIONSSTEG=48	ALFA=1.00	VARIANS=	11158623.7493902	MEDELFEL=	5197.7523192

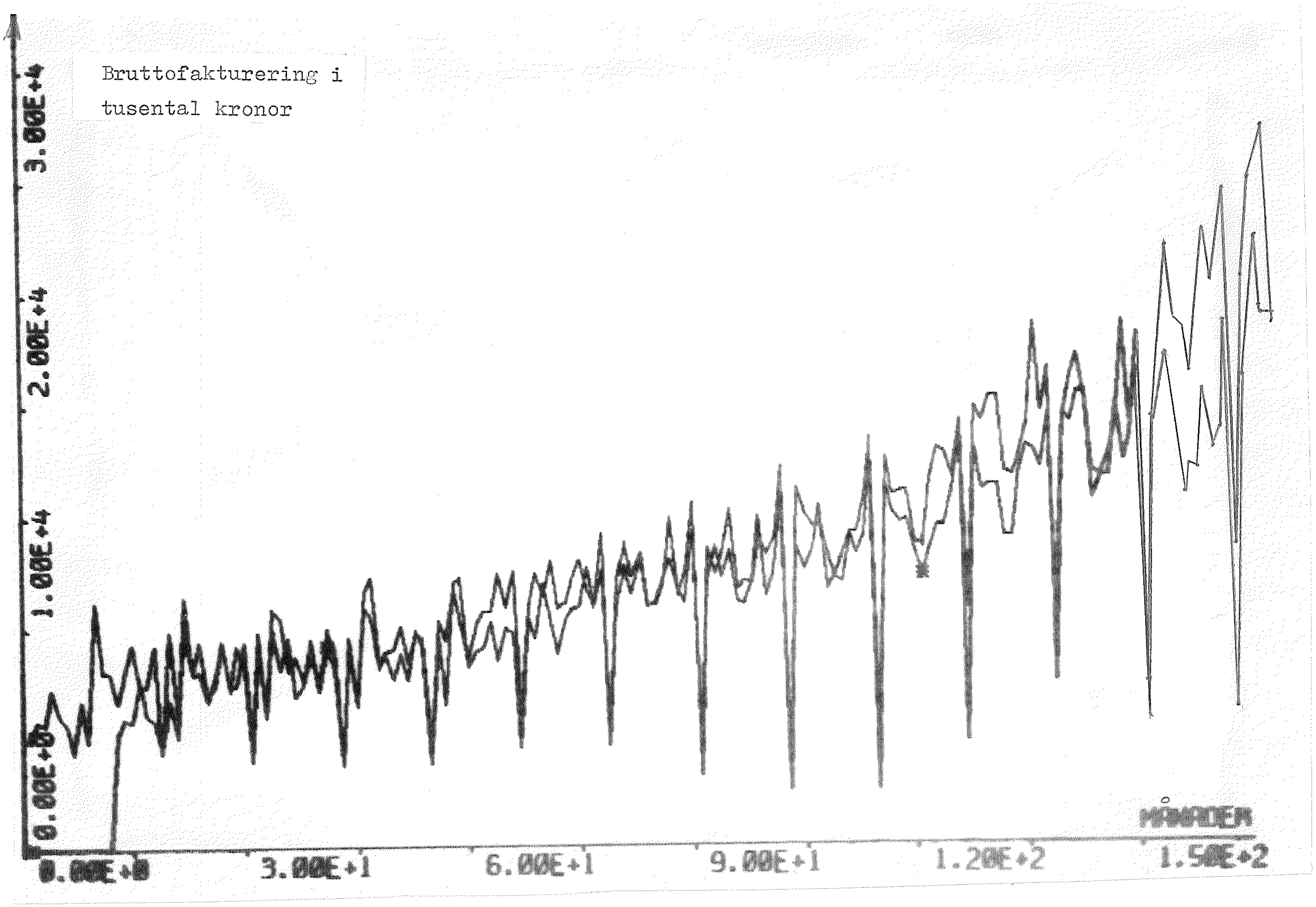

Fig. 5.7 Prediktionen av Företagsdata med heuristiska metoden med $k = 1$ och $\alpha = 0.95$. Företagsdata = I, Prediktionen av Företagsdata = $*$.

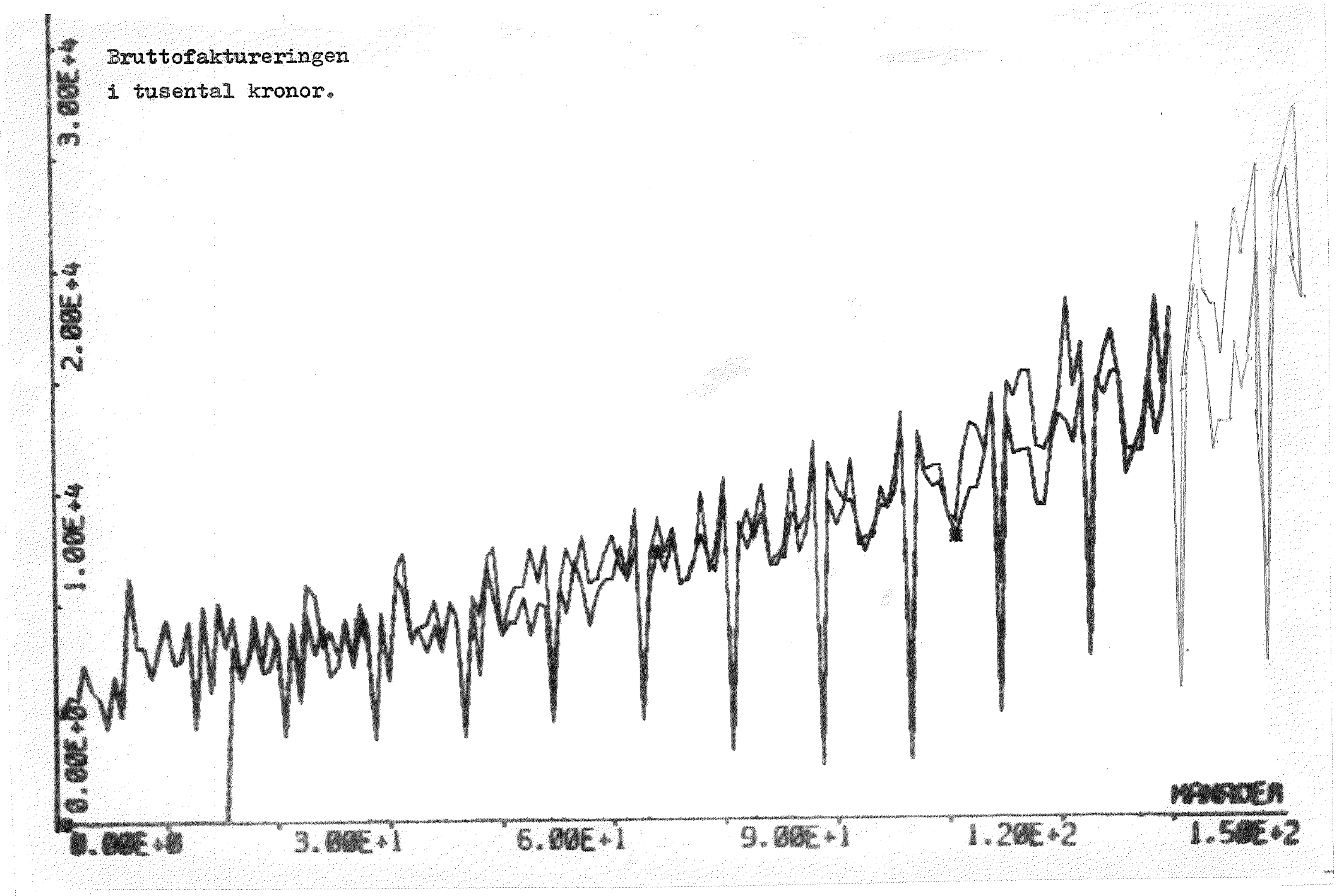

Fig. 5.8 Prediktionen av Företagsdata med heuristiska metoden med $k = 12$ och $\alpha = 0.05$. Företagsdata = I, Prediktionen av Företagsdata = ж.

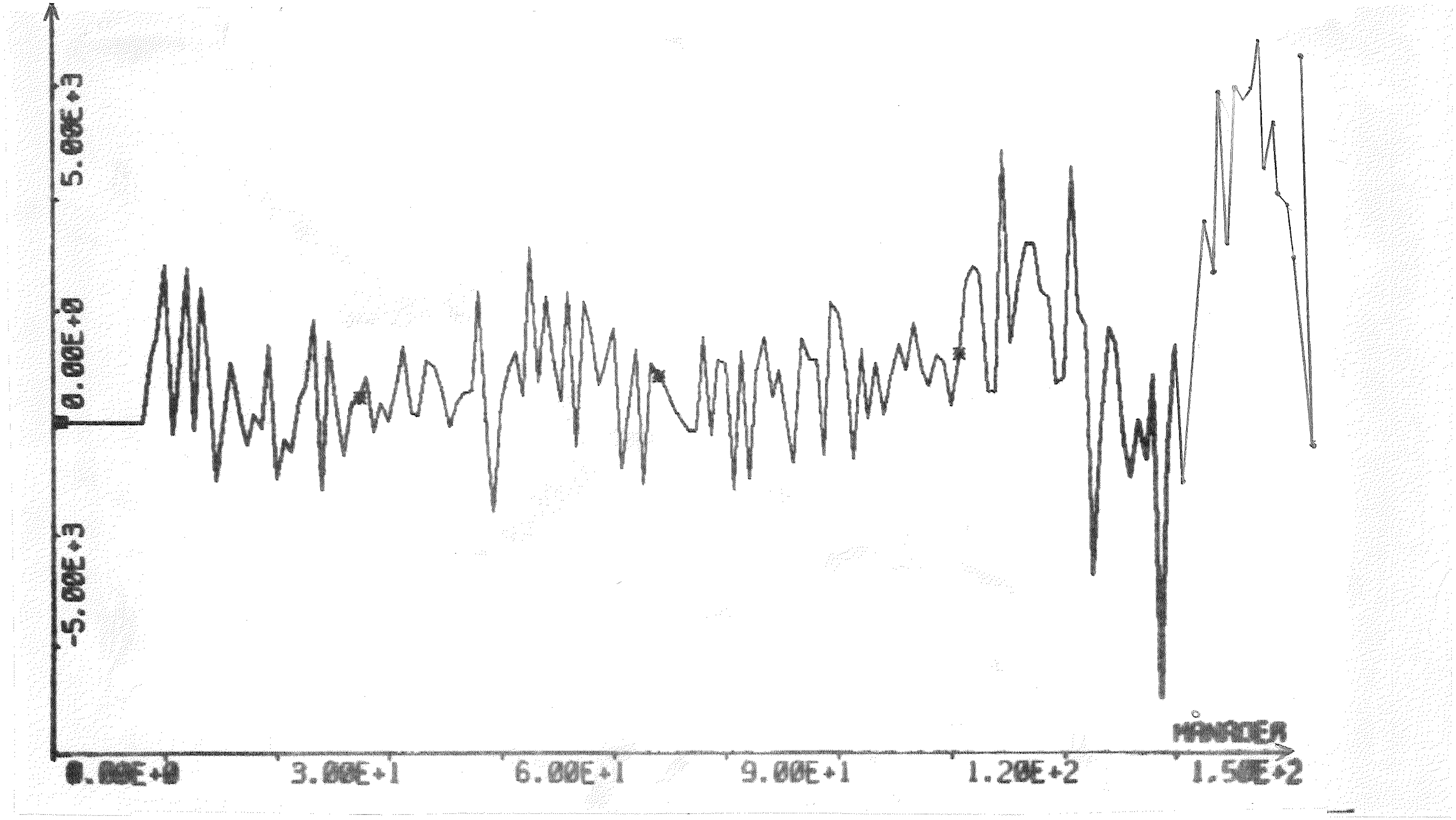

Fig. 5.9 Prediktionsfelet vid prediktion av Företagsdata med heuristiska metoden med k = 1 och $\alpha = 0.95$.

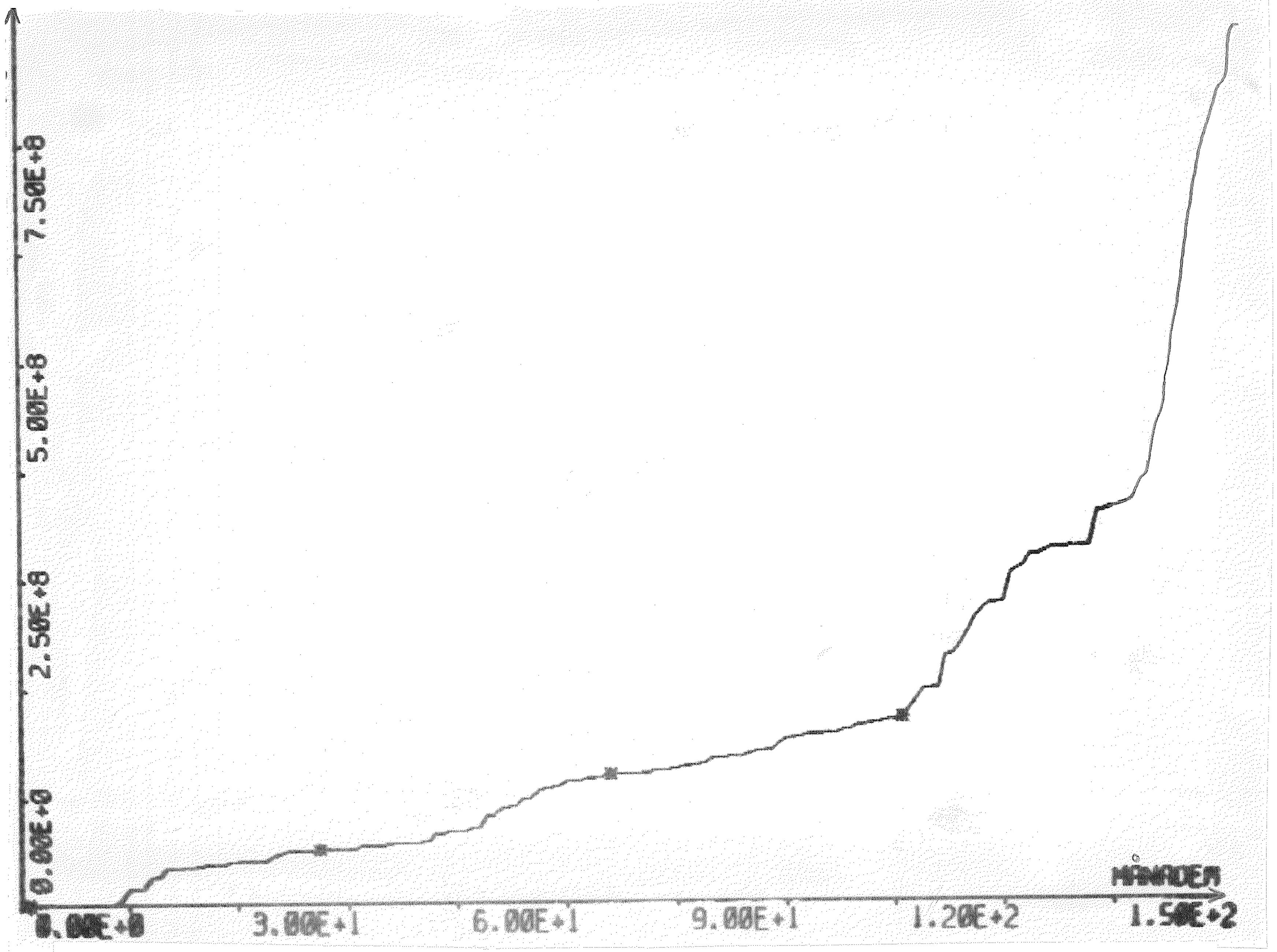

Fig. 5.10 Summa prediktionsfel i kvadrat vid prediktion av Företagsdata med heuristiska metoden med k = 1 och α = 0.95.

5.3 Kommentar till heuristiska metoden.

Vid prediktering med den heuristiska metoden på Flygdata och Företagsdata med prediktionsstegslängderna, k=1,2,3 och 6 månader erhölls variansmin för ett högt värde på utjämningskoefficienten α, d.v.s. stor hänsyn tas till senaste uppmätta värdet. Vid längre prediktionssteg , såsom k=12,24 och 48 månader erhölls minimat för ett lågt värde på α, d.v.s. stor hänsyn tas till gamla uppmätta värden. Att hoppet sker vid prediktionssteget, k, lika med tolv månader kan bero på att prediktionen då sträcker sig över en säsong, men kan även bero på den långa prediktionslängden.

De branta stigningarna i figurerna över summa prediktionsfel i kvadrat orsakas av att modellen ej är tillräckligt dynamisk. En mer dynamisk modell skulle eventuellt kunna ge en varians som motsvaras av de flacka stigningarna i figurerna.

6. VAL AV METOD ATT VÄLJA A-PARAMETRAR TILL GENERELL EXPONENTIELL UTJÄMNING

Modellerna DAT1A - DAT1F och DAT2A - DAT2F enligt nedan är byggda på 400 av de 500 data som finns i DAT1 resp. DAT2.

6.1 Trenddata

Trenden befanns vara 10.0 + 0.05 t vilket var lika med den som användes vid genereringen (se kapitel 4.1.1). Beroende efter vilken metod vi väljer att använda vid bestämmandet av a-parametrar, fås nedan redovisade f-vektor, a-vektor och L-matris.
DAT1A - DAT1F betecknar att data har utseendet enligt DAT1 i datapresentationen (se kapitel 4.1.1) och att a-parametrarna har valts enligt punkterna C:a - C:f i kapitel 3.3. Således innebär DAT1A och DAT1B att parametrarna valts enligt punkt C:a resp. C:b. Analogt gäller för DAT1C - DAT1F.

DAT1A

Anpassningsfunktioner:	a-parametrar:	L-matris:	
$f_1(t) = 1$	$a_1(0) = 10.0$	1.0	0.0
$f_2(t) = t$	$a_2(0) = 0.05$	1.0	1.0

DAT1B

Anpassningsfunktioner:	a-parametrar:	L-matris:	
$f_1(t) = 1$	$a_1(0) = 0.0$	1.0	0.0
$f_2(t) = t$	$a_2(0) = 0.0$	1.0	0.0

DAT1C

Anpassningsfunktion:	a-parameter:	L-matris:
$f_1(t) = 1$	$a_1(0) = 10.0$	1.0

DAT1D

Anpassningsfunktion:	a-parameter:	L-matris:
$f_1(t) = 1$	$a_1(0) = 0.0$	1.0

DAT1E

Anpassningsfunktioner:	a-parametrar:	L-matris:		
$f_1(t) = 1$	$a_1(0) = 10.0$	1.0	0.0	0.0
$f_2(t) = t$	$a_2(0) = 0.05$	1.0	1.0	0.0
$f_3(t) = t(t-1)/2$	$a_3(0) = 0.0$	0.0	1.0	1.0

DAT1F

Anpassningsfunktioner:	a-parametrar:	L-matris:		
$f_1(t) = 1$	$a_1(0) = 0.0$	1.0	0.0	0.0
$f_2(t) = t$	$a_2(0) = 0.0$	1.0	1.0	0.0
$f_3(t) = t(t-1)/2$	$a_3(0) = 0.0$	0.0	1.0	1.0

Vid körning erhöll vi de i tabell 20 redovisade resultaten på medelfel och varians för olika prediktionssteg,k, och olika viktfaktorer, β.

En genomgående tendens för de olika typerna av data, är att om prediktionssteget är litet skall låg viktfaktor,β, väljas. Däremot om prediktionssteget är stort, bör en viktfaktor,β, med högt värde väljas.

I tabell 21 redovisas medelfelsminimum och variansminimum för prediktionsstegen 1, 2, 3, 6 och 12 månader.

Tabell 20.

		β =0.97		β =0.94		β =0.91		β =0.88	
		Var.	Medf.	Var.	Medf.	Var.	Medf.	Var.	Medf.
k=1	DAT1A	0.861	-0.049	0.774	-0.050	0.677	-0.051	0.569	-0.052
	DAT1B	2.539	0.056	1.591	-0.026	1.217	-0.041	0.969	-0.046
	DAT1C	0.966	1.471	0.864	0.714	0.812	0.448	0.762	0.313
	DAT1D	2.954	2.118	2.160	1.028	1.740	0.651	1.478	0.460
	DAT1E	0.823	-0.050	0.687	-0.051	0.529	-0.052	0.353	-0.052
	DAT1F	2.051	-0.050	1.289	-0.051	0.924	-0.052	0.647	-0.052
k=2	DAT1A	0.983	-0.048	1.037	-0.049	1.103	-0.050	1.185	-0.050
	DAT1B	2.702	0.044	1.894	-0.041	1.692	-0.058	1.644	-0.063
	DAT1C	1.022	1.522	0.983	0.765	0.999	0.500	1.021	0.645
	DAT1D	3.039	2.171	2.309	1.080	1.958	0.703	1.771	0.512
	DAT1E	1.014	-0.049	1.117	-0.050	1.259	-0.051	1.465	-0.050
	DAT1F	2.306	-0.069	1.796	-0.071	1.750	-0.071	1.877	-0.071
k=3	DAT1A	0.976	-0.050	1.027	-0.051	1.093	-0.052	1.176	-0.053
	DAT1B	2.652	0.028	1.838	-0.060	1.643	-0.078	1.605	-0.085
	DAT1C	1.025	1.569	0.980	0.813	0.991	0.548	1.009	0.412
	DAT1D	2.994	2.219	2.253	1.128	1.896	0.751	1.704	0.560
	DAT1E	1.006	-0.051	1.111	-0.053	1.269	-0.053	1.514	-0.053
	DAT1F	2.280	-0.092	1.791	-0.093	1.784	-0.094	1.976	-0.093
k=6	DAT1A	0.985	-0.051	1.049	-0.052	1.144	-0.054	1.276	-0.056
	DAT1B	2.684	-0.013	1.886	-0.112	1.758	-0.134	1.808	-0.143
	DAT1C	1.033	1.718	0.988	0.963	1.000	0.698	1.020	0.562
	DAT1D	2.996	2.372	2.243	1.280	1.883	0.902	1.691	0.711
	DAT1E	1.023	-0.052	1.184	-0.054	1.472	-0.057	1.973	-0.059
	DAT1F	2.430	-0.155	2.110	-0.157	2.376	-0.160	2.975	-0.162
k=12	DAT1A	0.984	-0.048	1.062	-0.047	1.212	-0.047	1.469	-0.048
	DAT1B	2.838	-0.092	2.139	-0.211	2.268	-0.238	2.691	-0.250
	DAT1C	1.029	2.021	0.982	1.266	0.992	1.002	1.010	0.868
	DAT1D	3.048	2.682	2.275	1.587	1.907	1.209	1.719	1.018
	DAT1E	1.033	-0.048	1.311	-0.046	2.031	-0.049	3.588	-0.052
	DAT1F	3.003	-0.280	3.444	-0.278	5.072	-0.281	7.864	-0.284

TABELL 21

k	Varians	Medelfel	β	DAT1( )
1	0.353	-0.052	0.88	E
1	1.591	-0.028	0.91	B
2	0.983	-0.048	0.97	A
2	1.894	-0.041	0.94	B
3	0.976	-0.050	0.97	A
3	2.653	0.028	0.97	B
6	0.985	-0.051	0.97	A
6	2.684	-0.013	0.97	B
12	0.982	1.266	0.94	C
12	1.311	-0.046	0.94	E

De understrukna värdena i tabellen ovan betecknar minimavärdena.

6.2 Svängningsdata

Nivån befanns vara 20.0 vilket var lika med den som användes vid genereringen (se kapitel 4.1.2). Periodens längd befanns vara 24 månader.
P.s.s. som vid trenddata (DAT1-data) fås nedanstående redovisade f-vektor, a-vektor och L-matris.
Beteckningarna DAT2A - DAT2F följer samma mönster som redovisades för DAT1A - DAT1F tidigare, men med det undantaget att DAT2 betecknar att data har utseendet enligt DAT2 i datapresentationen (se kapitel 4.1.2).

DAT2A

Anpassningsfunktioner:	a-parametrar:	L-matris:		
$f_1(t) = 1$	$a_1(0) = 20.0$	1.0	0.0	0.0
$f_2(t) = \sin(\frac{2\pi \cdot t}{24})$	$a_2(0) = 10.0$	0.0	0.9659	0.2588
$f_3(t) = \cos(\frac{2\pi \cdot t}{24})$	$a_3(0) = 0.0$	0.0	-0.2588	0.9659

DAT2B

Anpassningsfunktioner:	a-parametrar:	L-matris:		
$f_1(t) = 1$	$a_1(0) = 0.0$	1.0	0.0	0.0
$f_2(t) = \sin(\frac{2\pi \cdot t}{24})$	$a_2(0) = 0.0$	0.0	0.9659	0.2588
$f_3(t) = \cos(\frac{2\pi \cdot t}{24})$	$a_3(0) = 0.0$	0.0	-0.2588	0.9659

DAT2C

Anpassningsfunktion:	a-parameter:	L-matris:
$f_1(t) = 1$	$a_1(0) = 20.0$	1.0

DAT2D

Anpassningsfunktion:	a-parameter:	L-matris:
$f_1(t) = 1$	$a_1(0) = 0.0$	1.0

DAT2E

Anpassningsfunktioner:

$f_1(t) = 1$

$f_2(t) = \sin(\frac{2\pi \cdot t}{24})$

$f_3(t) = \cos(\frac{2\pi \cdot t}{24})$

$f_4(t) = \sin(\frac{2\pi \cdot t}{48})$

$f_5(t) = \cos(\frac{2\pi \cdot t}{48})$

a-parametrar:

$a_1(0) \doteq 20.0$

$a_2(0) = 10.0$

$a_3(0) = 0.0$

$a_4(0) = 0.0$

$a_5(0) = 0.0$

L-matris:

1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.9659	0.2588	0.0	0.0
0.0	-0.2588	0.9659	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.9914	0.1305
0.0	0.0	0.0	-0.1305	0.9914

DAT2F

Anpassningsfunktioner:

$f_1(t) = 1$

$f_2(t) = \sin(\frac{2\pi \cdot t}{24})$

$f_3(t) = \cos(\frac{2\pi \cdot t}{24})$

$f_4(t) = \sin(\frac{2\pi \cdot t}{48})$

$f_5(t) = \cos(\frac{2\pi \cdot t}{48})$

a-parametrar:

$a_1(0) = 0.0$

$a_2(0) = 0.0$

$a_3(0) = 0.0$

$a_4(0) = 0.0$

$a_5(0) = 0.0$

L-matris:

1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.9659	0.2588	0.0	0.0
0.0	-0.2588	0.9659	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.9914	0.1305
0.0	0.0	0.0	-0.1305	0.9914

Vid körning erhöll vi de i tabell 22 redovisade resultaten på medelfel och varians för olika prediktionssteg, k, och olika viktfaktorer, β.

En genomgående tendens för de olika typerna av data, är att om prediktionssteget är litet skall en låg viktfaktor, β, väljas. Om prediktionssteget däremot är stort, skall en viktfaktor, β, med högt värde väljas.

Tabell 22.

		β =0.97		β =0.94		β =0.91		β =0.88	
		Var.	Medf.	Var.	Medf.	Var.	Medf.	Var.	Medf.
k=1	DAT2A	3.81	0.026	3.88	0.026	3.81	0.026	3.69	0.025
	DAT2B	16.32	1.266	9.59	0.585	7.04	0.352	5.80	0.233
	DAT2C	49.35	-0.041	45.43	-0.046	40.12	-0.048	33.91	-0.047
	DAT2D	62.55	1.254	53.20	0.582	45.85	0.357	38.52	0.247
	DAT2E	3.76	0.026	3.78	0.025	3.62	0.024	3.51	0.023
	DAT2F	13.77	1.166	6.88	0.454	5.19	0.219	4.84	0.117
k=2	DAT2A	3.99	0.023	4.29	0.024	4.49	0.023	4.73	0.023
	DAT2B	17.89	1.340	11.32	0.657	8.81	0.419	7.69	0.294
	DAT2C	52.62	-0.052	51.89	-0.058	49.47	-0.063	45.51	-0.065
	DAT2D	65.60	1.246	59.53	0.571	55.17	0.343	50.19	0.230
	DAT2E	4.09	0.023	4.59	0.022	5.20	0.022	6.36	0.020
	DAT2F	16.68	1.316	9.19	0.580	7.66	0.311	8.59	0.174
k=3	DAT2A	3.97	0.017	4.24	0.017	4.43	0.018	4.66	0.018
	DAT2B	18.88	1.401	12.37	0.719	9.70	0.481	8.36	0.353
	DAT2C	55.71	-0.070	58.34	-0.078	59.15	-0.085	57.99	-0.089
	DAT2D	65.16	1.231	65.48	0.553	64.45	0.322	62.38	0.206
	DAT2E	4.05	0.017	4.54	0.017	5.25	0.018	6.78	0.019
	DAT2F	19.27	1.461	10.88	0.710	8.69	0.413	9.93	0.248
k=6	DAT2A	4.01	0.011	4.25	0.011	4.38	0.011	4.55	0.011
	DAT2B	20.24	1.503	14.82	0.844	12.50	0.622	10.92	0.502
	DAT2C	62.81	-0.128	74.49	-0.137	85.39	-0.148	94.37	-0.158
	DAT2D	73.21	1.181	79.62	0.497	88.85	0.261	97.16	0.139
	DAT2E	4.08	0.010	4.50	0.010	5.41	0.008	8.30	0.006
	DAT2F	27.49	1.834	18.74	1.103	14.48	0.768	16.36	0.531
k=12	DAT2A	4.01	0.034	4.25	0.035	4.33	0.035	4.37	0.035
	DAT2B	14.47	1.252	10.59	0.657	10.23	0.507	10.25	0.457
	DAT2C	58.44	-0.181	69.72	-0.179	85.02	-0.180	102.96	-0.183
	DAT2D	66.03	1.143	71.52	0.463	84.86	0.235	102.03	0.117
	DAT2E	4.09	0.034	4.32	0.034	4.59	0.034	6.16	0.035
	DAT2F	33.11	2.005	32.42	1.518	29.49	1.348	28.22	1,181

I tabell 23 redovisas medelfelsminimum och variansminimum för prediktionsstegen 1, 2, 3, 6 och 12 månader.

TABELL 23

k	Varians	Medelfel	β	DAT2( )
1	3.509	0.023	0.88	E
1	3.509	0.023	0.88	E
2	3.993	0.023	0.97	A
2	6.360	0.020	0.88	E
3	3.973	0.017	0.97	A
3	4.054	0.017	0.97	E
6	4.009	0.011	0.97	A
6	8.296	0.006	0.88	E
12	4.014	0.034	0.97	A
12	4.014	0.034	0.97	A

De understrukna värdena i tabellen ovan betecknar minimavärdena.

6.3 Metod för att bestämma parametrar i modellen

Trenddata (DAT1)

Om man startar med startparametrar som erhållits ur dataprogrammet MINKO (se appendix A2) kommer prediktionen hela tiden att variera med liten avvikelse kring trenden (se figur 6.1). Väljer man däremot alla startparametrar till noll, behöver prediktionen en viss tid för att svänga in sig, vilket framgår av figur 6.2. När den gjort detta, kommer prediktionen även här att fluktuera med liten avvikelse kring trenden.

Ökningen av summa prediktionsfel i kvadrat är i båda fallen lika. Detta framgår av figurerna 6.3 och 6.4. Detta har till följd, att om startparametrarna väljes lika med noll fås totalt högre varians, trots att variansen under de sista 300 tidpunkterna är lika.

Svängningsdata (DAT2)

Då startparametrarna är valda till noll (DAT2B) beror insvängningstiden av valet av viktfaktorn, . Detta framgår i figurerna 6.5 och 6.6 där β = 0.97 resp. 0.88.

Även här är variansen lika efter insvängningen för de båda fallen (se figurerna 6.7 och 6.8).

Slutsats

Då vi för den fortsatta användningen av dataprogrammet GEEP behöver ett sätt att välja a-parametrar, studerade vi varians- och medelfelsminimum för de olika prediktionsstegen,k, vilka framgår av tabellerna 22 och 24.

Av dessa två tabeller kan man erhålla följande sammanställning:

VARIANSMINIMUM

Modell		Antal DAT1		Antal DAT2		
A	=	4	+	3	=	7
B	=				=	0
C	=	0	+	1	=	1
D	=				=	0
E	=	1	+	1	=	2
F	=				=	0

MEDELFELSMINIMUM

Modell		Antal DAT1		Antal DAT2		
A	=	1	+	0	=	1
B	=	0	+	4	=	4
C	=				=	0
D	=				=	0
E	=	4	+	1	=	5
F	=				=	0

I tabellen ovan framgår det att för att erhålla variansminimum, bör man välja metod A och för att få medelfelsminimum metod E. Eftersom det är svårt att i metod E bestämma den extra anpassningsfunktionen (ev. anpassningsfunktioner), har vi endast använt metod A.

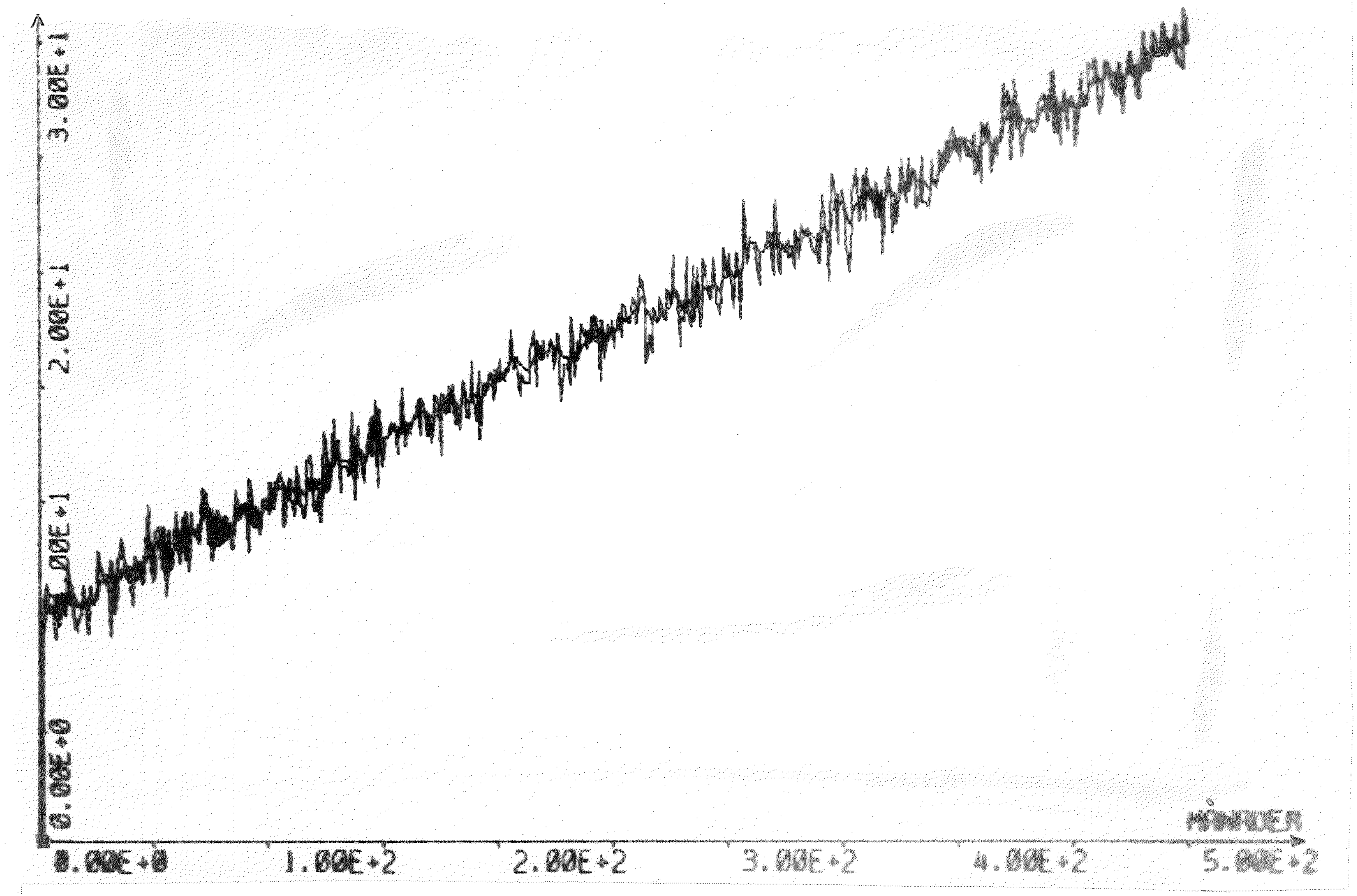

Fig. 6.1 Prediktionen av trenddata (DAT1) med generell exponentiell utjämning då startparametrarna erhållits ur dataprogrammet MINKO. k=1 och β = 0.91. Trenddata = I, Prediktionen av trenddata = ж.

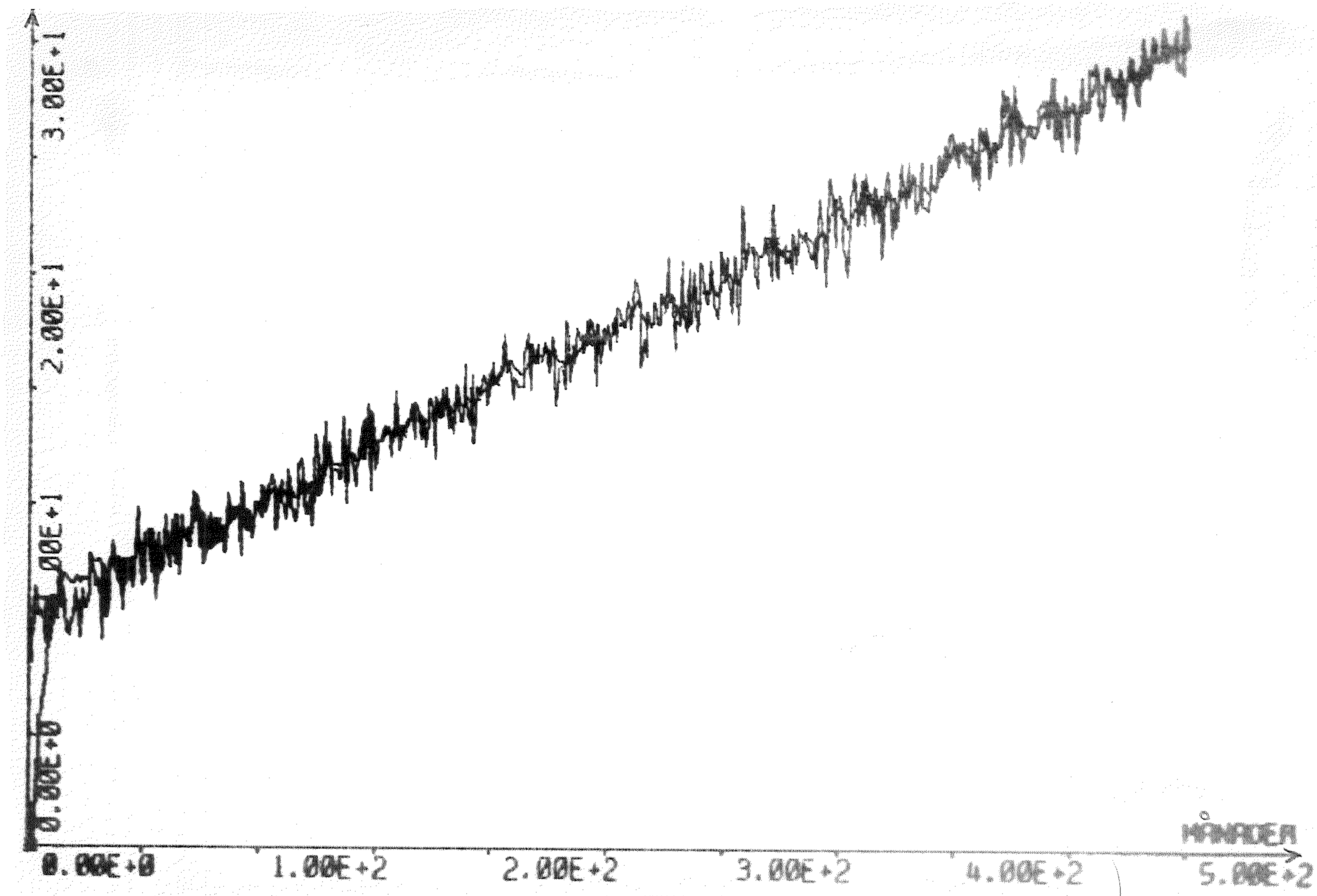

Fig. 6.2 Prediktionen av trenddata (DAT1) med generell exponentiell utjämning då startparametrarna satts lika med noll. k=1 och β = 0.91. Trenddata = I, Prediktionen av trenddata = ж.

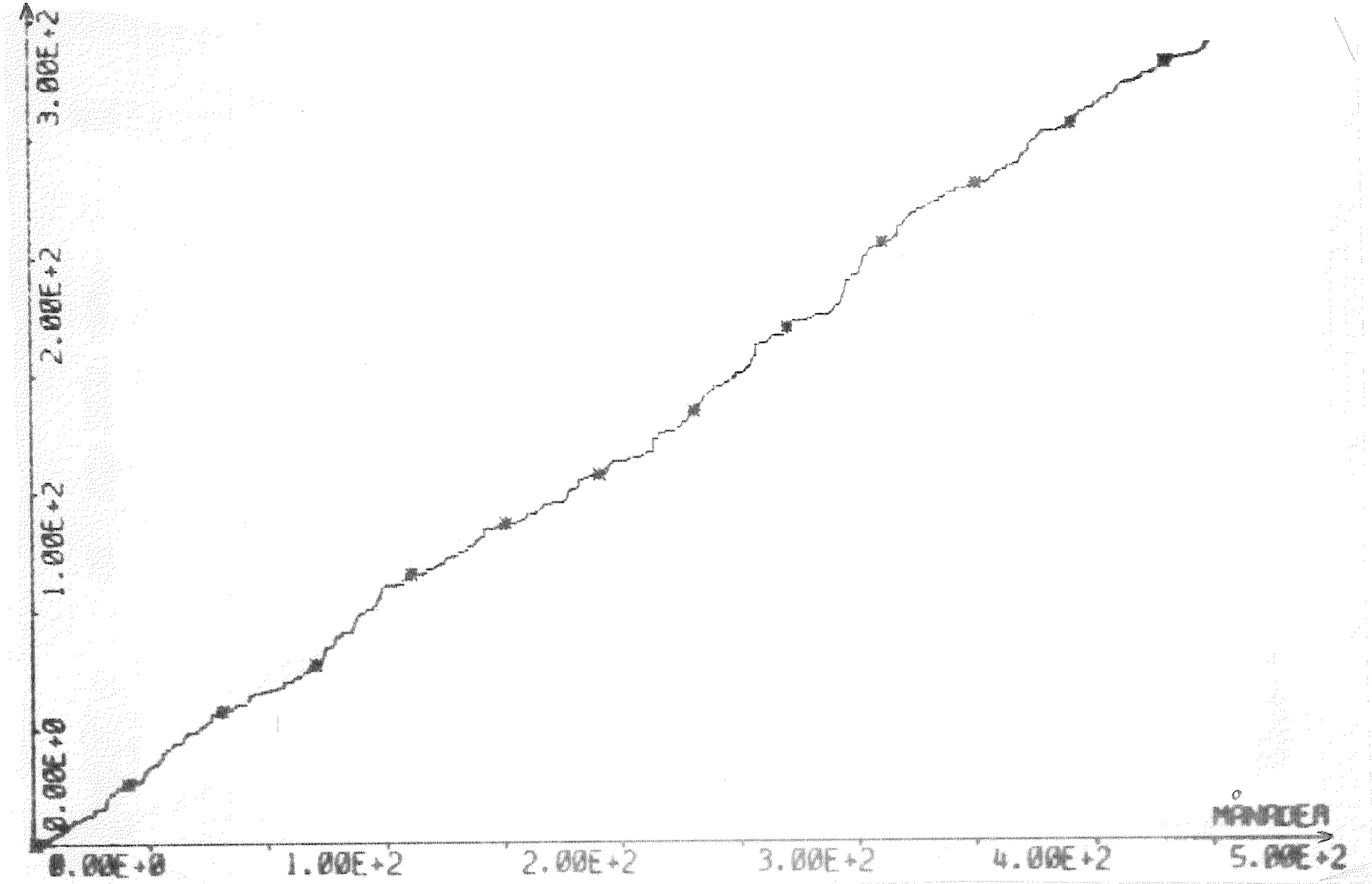

Fig. 6.3 Summa prediktionsfel i kvadrat vid prediktion av trenddata med generell exponentiell utjämning med k=1 och β=0.91. Startparametrarna har erhållits ur dataprogrammet MINKO.

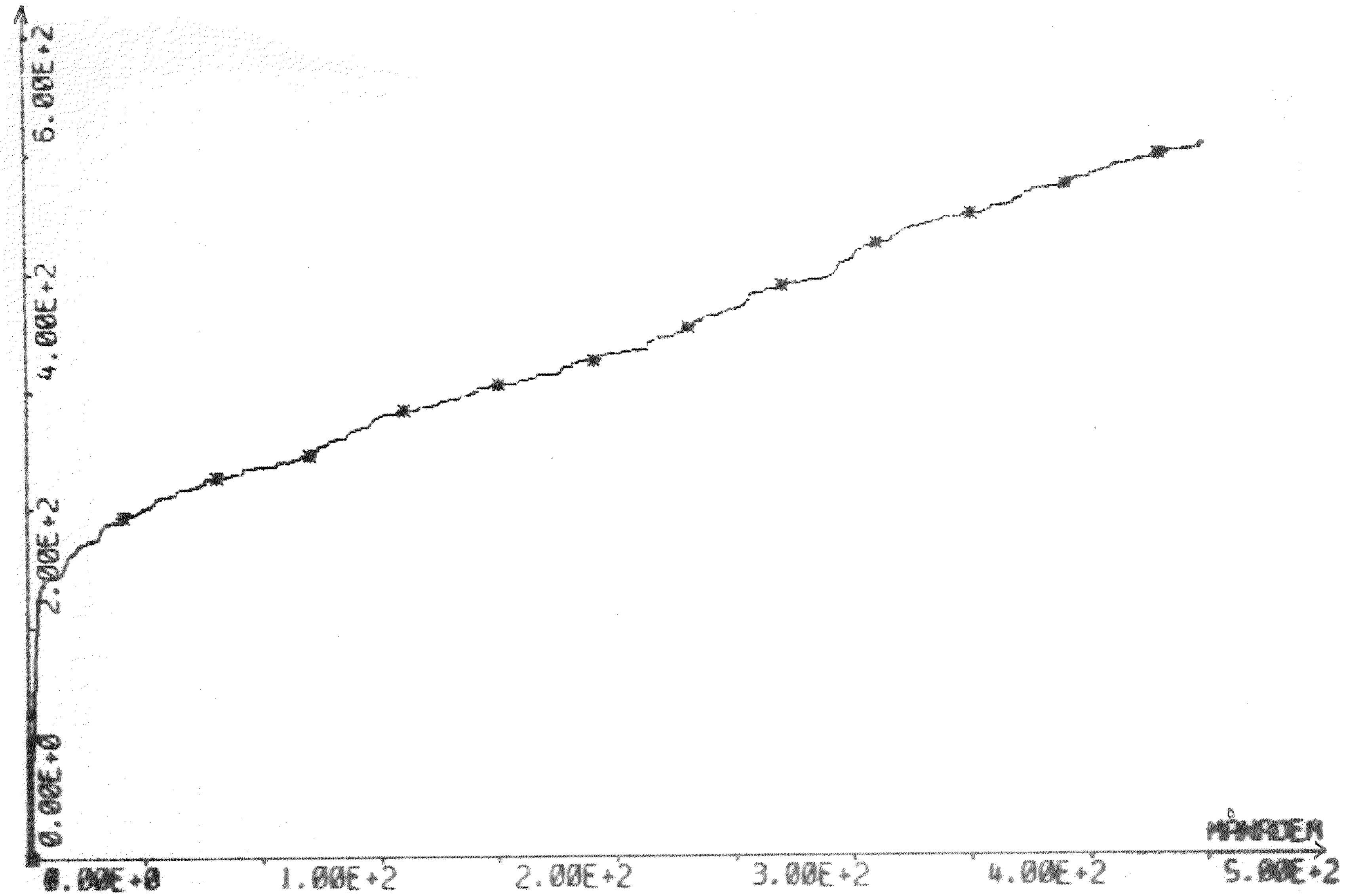

Fig. 6.4 Summa prediktionsfel i kvadrat vid prediktion av trenddata med generell exponentiell utjämning med k=1 och β =0.91. Startparametrarna har satts till noll.

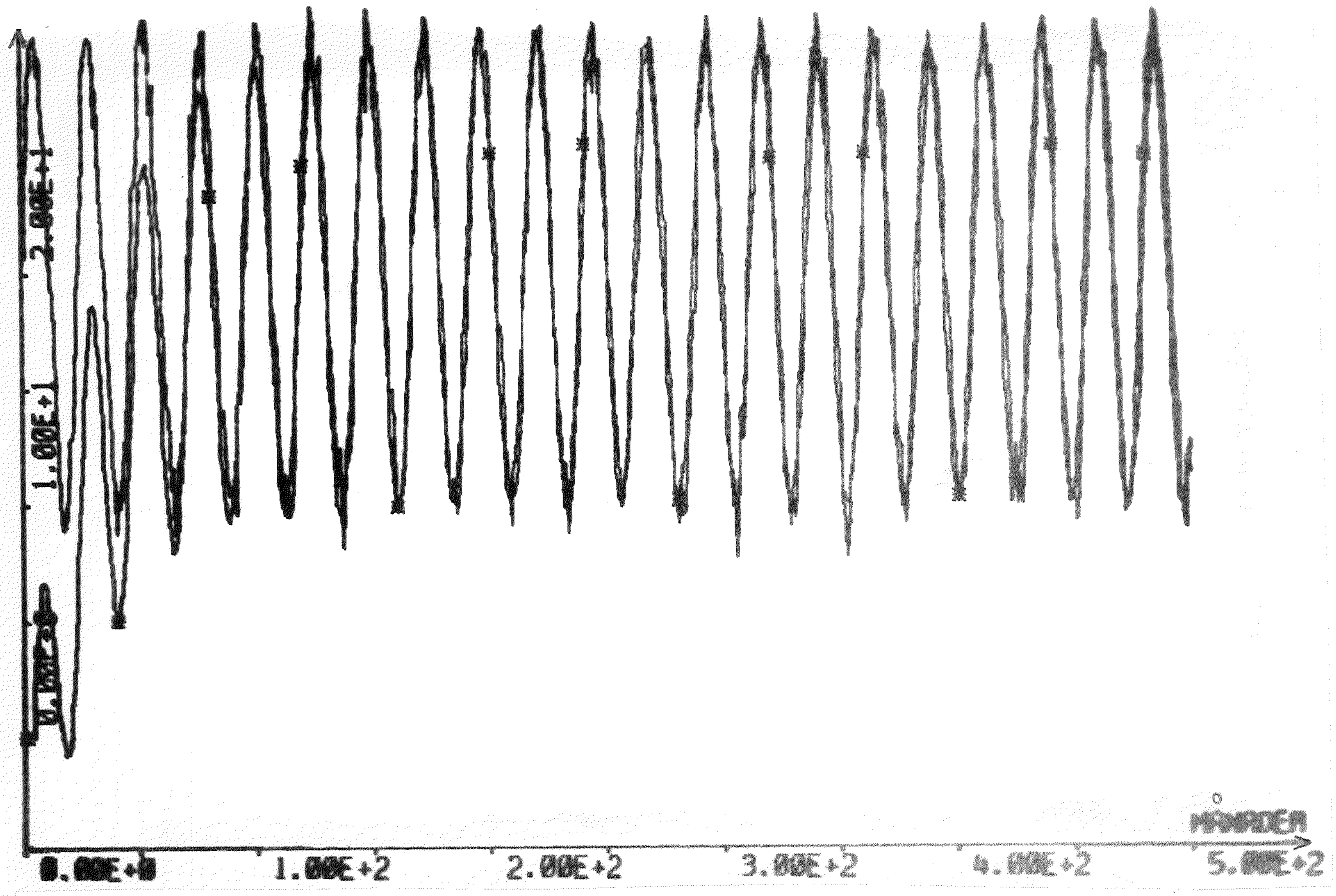

Fig. 6.5 Prediktionen av svängningsdata (DAT2) med generell exponentiell utjämning då startparametrarna satts lika med noll. k=3 och β = 0.97. Svängningsdata = I, Prediktionen av svängningsdata = ж.

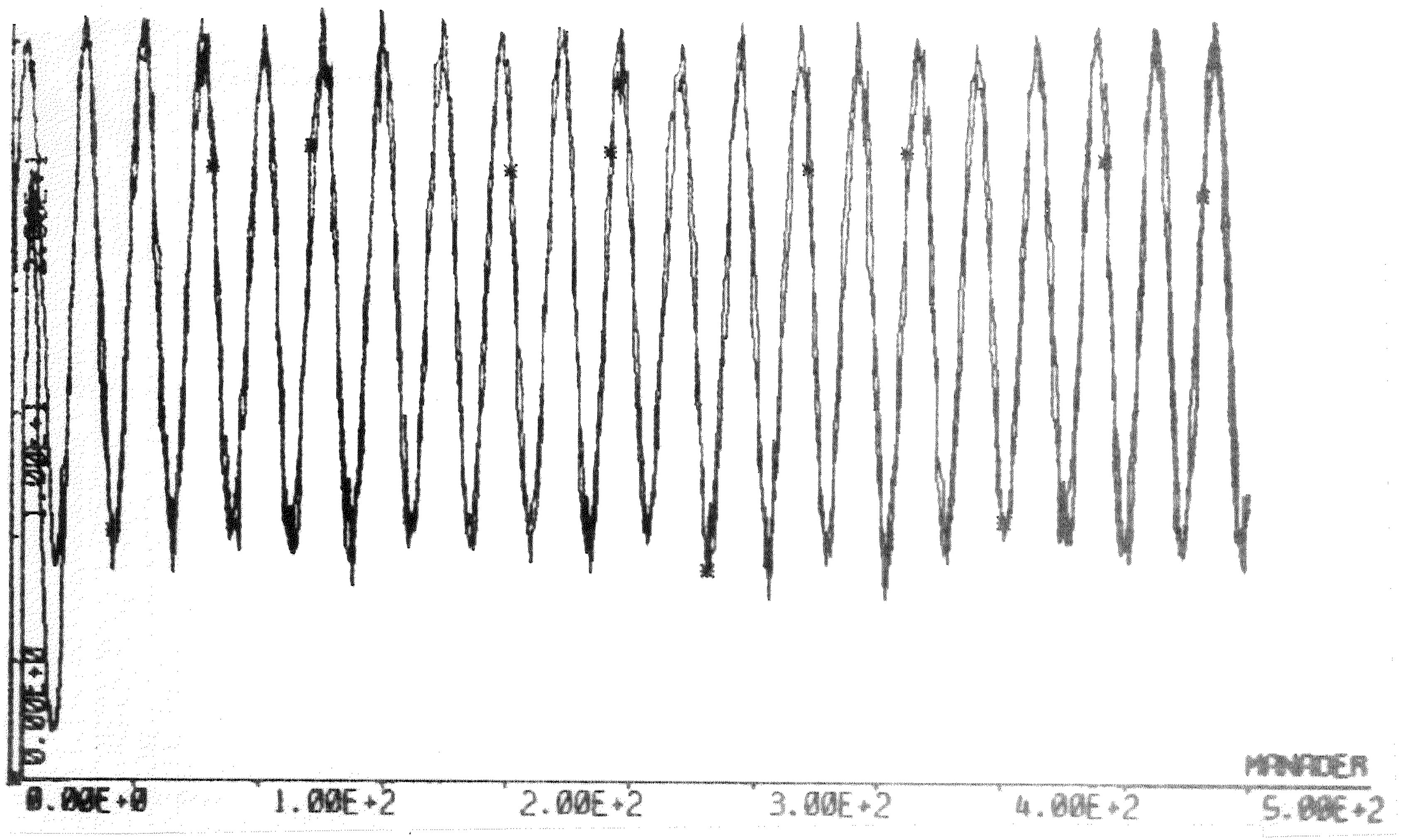

Fig. 6.6 Prediktionen av svängningsdata (DAT2) med generell exponentiell utjämning då startparametrarna satts lika med noll. k=3 och β = 0.88. Svängningsdata = I, Prediktionen av svängningsdata = $*$.

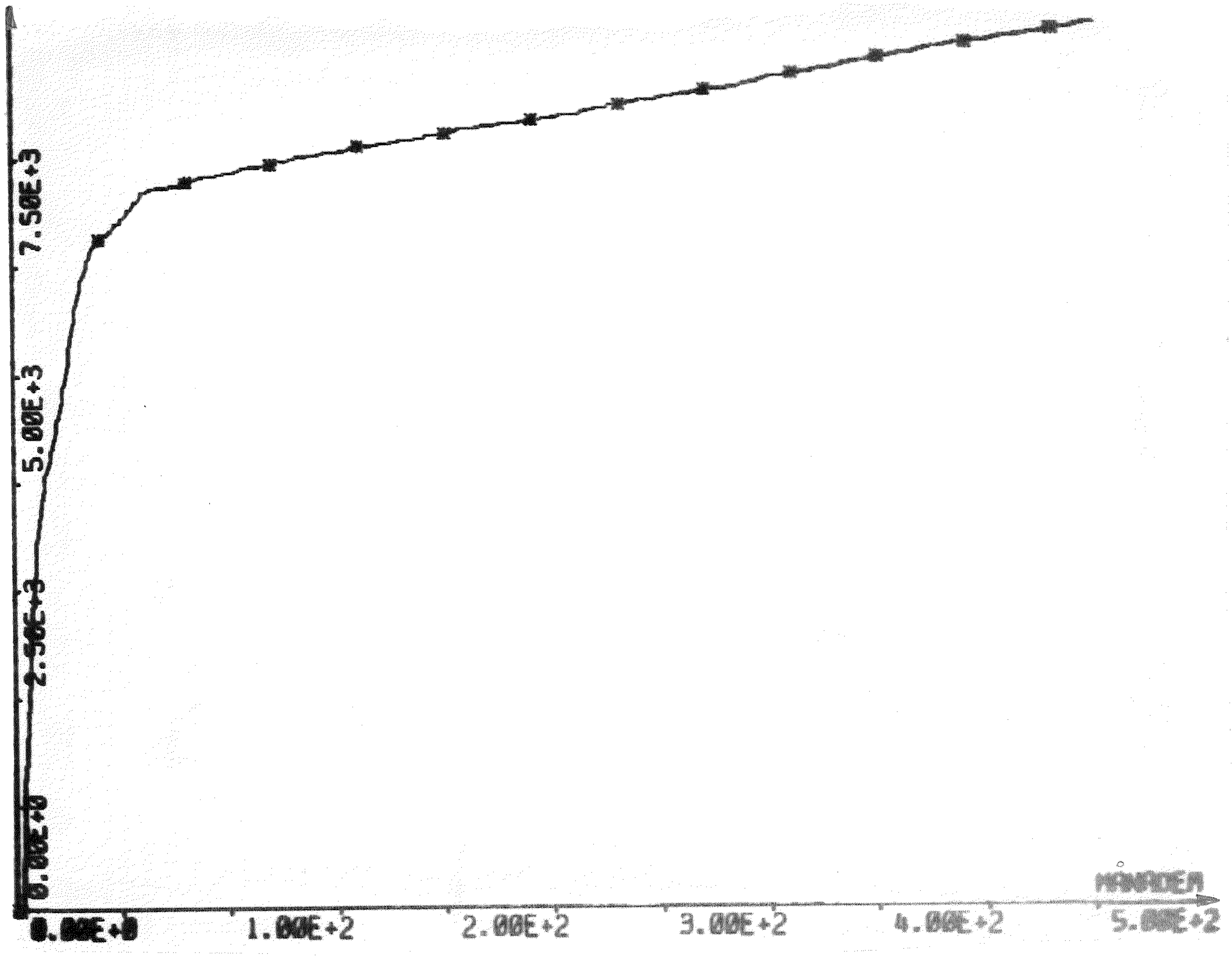

Fig. 6.7 Summa prediktionsfel i kvadrat vid prediktion av svängningsdata med generell exponentiell utjämning då startparametrarna satts lika med noll. k=3 och β =0.97.

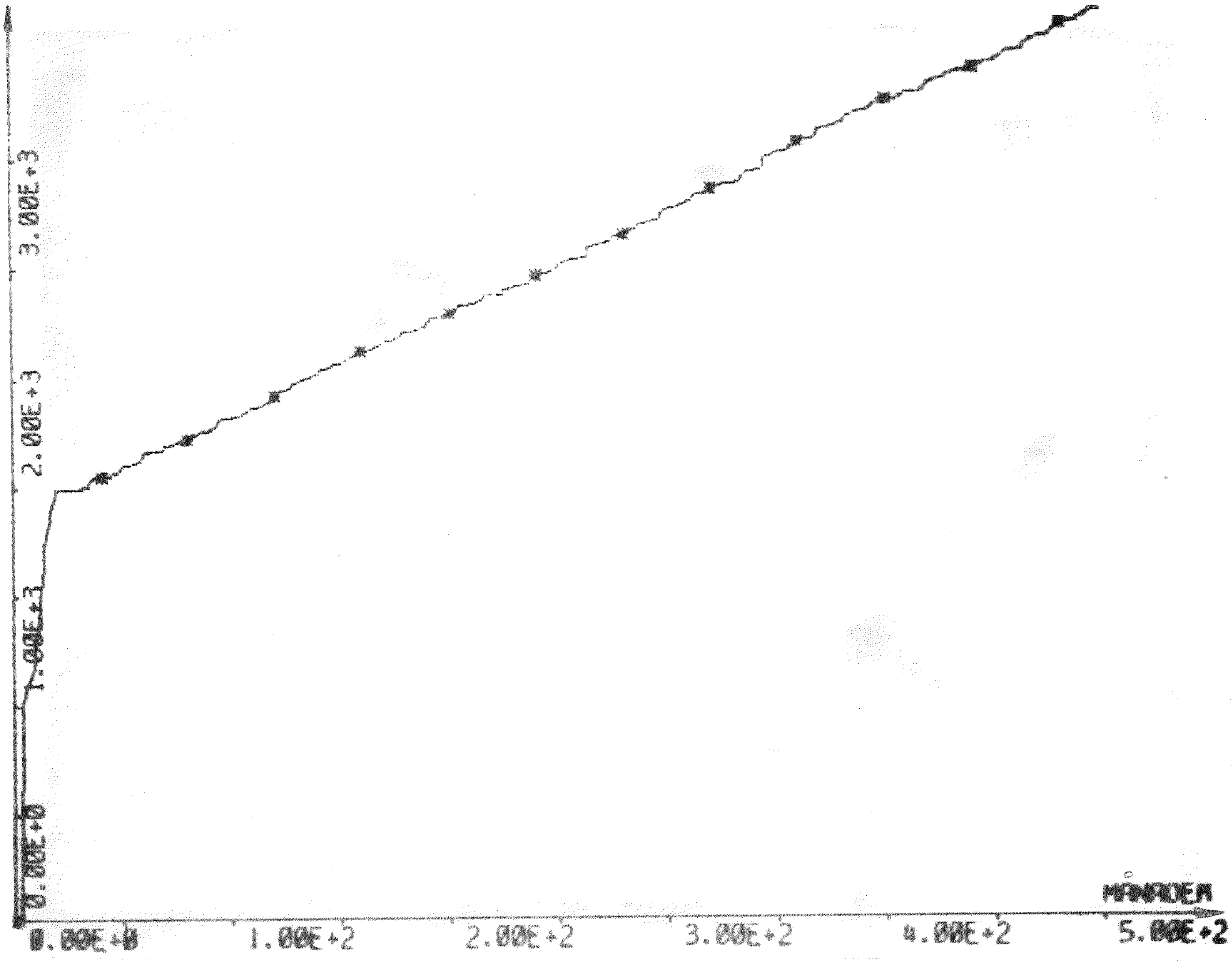

Fig. 6.8 Summa prediktionsfel i kvadrat vid prediktion av svängningsdata med generell exponentiell utjämning då startparametrarna satts lika med noll. k=3 och β = 0.88

7. PREDIKTIONSRESULTAT MED GENERELL EXPONENTIELL UTJÄMNING

7.1 Företagsdata

Redan vid projektarbetet / 2 / framkom att dessa data har en årligen återkommande tidpunkt, juli månad, vars värde starkt avviker från övriga. Detta medförde att det uppstod svårigheter vid prediktering av dessa data.
För att undersöka denna månads inverkan, modifierades data genom att julivärdet ersattes med samma års junivärdet, i avsikt att kunna bedömma julimånadernas inverkan på prediktionen.

Först kommer de ursprungliga data att behandlas och därefter de modifierade, där julivärdet ersatts med junivärdet.
För att ha ett facit, byggdes modellen endast på de 96 första data.

7.1.1 Okorrigerade Företagsdata

Med hjälp av IDPAC / 5 / bestämmdes 1:a, 2:a och 3:e ordningens trend (se figur 7.1). Härvid framgick det att det knappast kunde löna sig att använda en 3:e ordningens modell. Om vi skulle använda en 1:a eller 2:a ordningens modell, bestämmdes genom att testa dessa i MINKO (se appendix A2).
För att bestämma periodicitet beräknas kovariansfunktionen för residualerna (se figur 7.2).

Följande modeller testades i MINKO:

1.

Anpassningsfunktioner:

$f_1(t) = 1$

$f_2(t) = t$

$f_3(t) = \sin(\frac{2\pi \cdot t}{6})$

$f_4(t) = \cos(\frac{2\pi \cdot t}{6})$

$f_5(t) = \sin(\frac{2\pi \cdot t}{12})$

$f_6(t) = \cos(\frac{2\pi \cdot t}{12})$

Detta medförde att a-parametrarna blev:

$a_1(0) = 4459.59$

$a_2(0) = 102.74$

$a_3(0) = -1872.37$
$a_4(0) = -846.40$
$a_5(0) = 11.27$
$a_6(0) = 731.31$

Följande förlustfunktionsvärde erhölls, $F = 1.573 \cdot 10^9$

2.

Anpassningsfunktioner:

$f_1(t) = 1$
$f_2(t) = t$
$f_3(t) = \sin(\frac{2\pi \cdot t}{6})$
$f_4(t) = \cos(\frac{2\pi \cdot t}{6})$
$f_5(t) = \sin(\frac{2\pi \cdot t}{12})$
$f_6(t) = \cos(\frac{2\pi \cdot t}{12})$
$f_7(t) = \sin(\frac{2\pi \cdot t}{5})$
$f_8(t) = \cos(\frac{2\pi \cdot t}{5})$
$f_9(t) = \sin(\frac{2\pi \cdot t}{7})$
$f_{10}(t) = \cos(\frac{2\pi \cdot t}{7})$

Detta medförde att a-parametrarna blev:

$a_1(0) = 4461.27$
$a_2(0) = 102.70$
$a_3(0) = -1870.66$
$a_4(0) = -859.87$
$a_5(0) = 11.47$
$a_6(0) = 726.97$
$a_7(0) = 245.20$
$a_8(0) = -43.32$
$a_9(0) = -129.87$
$a_{10}(0) = 34.98$

Följande förlustfunktionsvärde erhölls, $F = 1.566 \cdot 10^9$

3.

Anpassningsfunktioner:

$f_1(t) = 1$
$f_2(t) = t$

$f_3(t) = t(t-1)/2$

$f_4(t) = \sin\left(\frac{2\pi \cdot t}{12} \right)$

$f_5(t) = \cos\left(\frac{2\pi \cdot t}{12} \right)$

$f_6(t) = \sin\left(\frac{2\pi \cdot t}{3} \right)$

$f_7(t) = \cos\left(\frac{2\pi \cdot t}{3} \right)$

$f_8(t) = \sin\left(\frac{2\pi \cdot t}{6} \right)$

$f_9(t) = \cos\left(\frac{2\pi \cdot t}{6} \right)$

Detta medförde att a-parametrarna blev:

$a_1(0) = 6457.88$
$a_2(0) = 55.07$
$a_3(0) = 0.19$
$a_4(0) = 151.17$
$a_5(0) = 720.31$
$a_6(0) = -913.98$
$a_7(0) = 316.96$
$a_8(0) = -1225.33$
$a_9(0) = -448.37$

Följande förlustfunktionsvärde erhölls, $F = 1.257 \cdot 10^9$

Eftersom förlustfunktionsvärdet för alternativ 3 är lägre än för övriga alternativ, väljer vi att använda detta alternativ.

L-matrisen för alternativ 3 har utseendet:

1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.866	0.500	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	-0.500	0.866	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.500	0.866	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.866	-0.500	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.500	0.866
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.866	0.500

Vid körning i dataprogrammet GEXP, erhöll vi följande resultat på medelfel och varians för prediktionsstegen, k, lika med 1, 2, 3, 6 och 12 och viktfaktorerna, β, lika med 0.97, 0.94 och 0.91.

TABELL 24

k	$\beta=0.97$ Varians	Medelfel	$\beta=0.94$ Varians	Medelfel	$\beta=0.91$ Varians	Medelfel
1	9.179 10^6	158.46	7.773 10^6	-28.50	20.341 10^6	-80.03
2	11.651 10^6	200.43	13.160 10^6	-8.42	17.169 10^6	-88.40
3	11.480 10^6	233.43	12.289 10^6	24.79	18.281 10^6	-83.68
6	12.150 10^6	305.42	13.411 10^6	108.93	18.830 10^6	9.31
12	13.904 10^6	425.11	20.922 10^6	289.40	60.527 10^6	220.65

Figurerna 7.3 - 7.5 visar prediktionen för prediktionssteget, k, lika med en månad för viktfaktorerna, β, 0.97, 0.94 och 0.91. En viss förbättring av varians och medelfel kan iaktagas, då viktfaktorn, , minskas från 0.97 till 0.94. En ytterligare minskning till 0.91 medför en kraftig ökning av variansen. Då β = 0.88 blir varians och medelfel oändligt stort.

Figur 7.6 visar prediktionsfelet för viktfaktorn, β, lika med 0.94 och prediktionssteget k lika med en månad. Summa preeiktionsfel i kvadrat för viktfaktorn β =0.94 och prediktionssteget k=1 framgår av figur 7.7.

Då prediktionssteget ökar måste viktfaktorn, β, minskas för att erhålla medelfelsminimum och ökas för att få minsta varians.

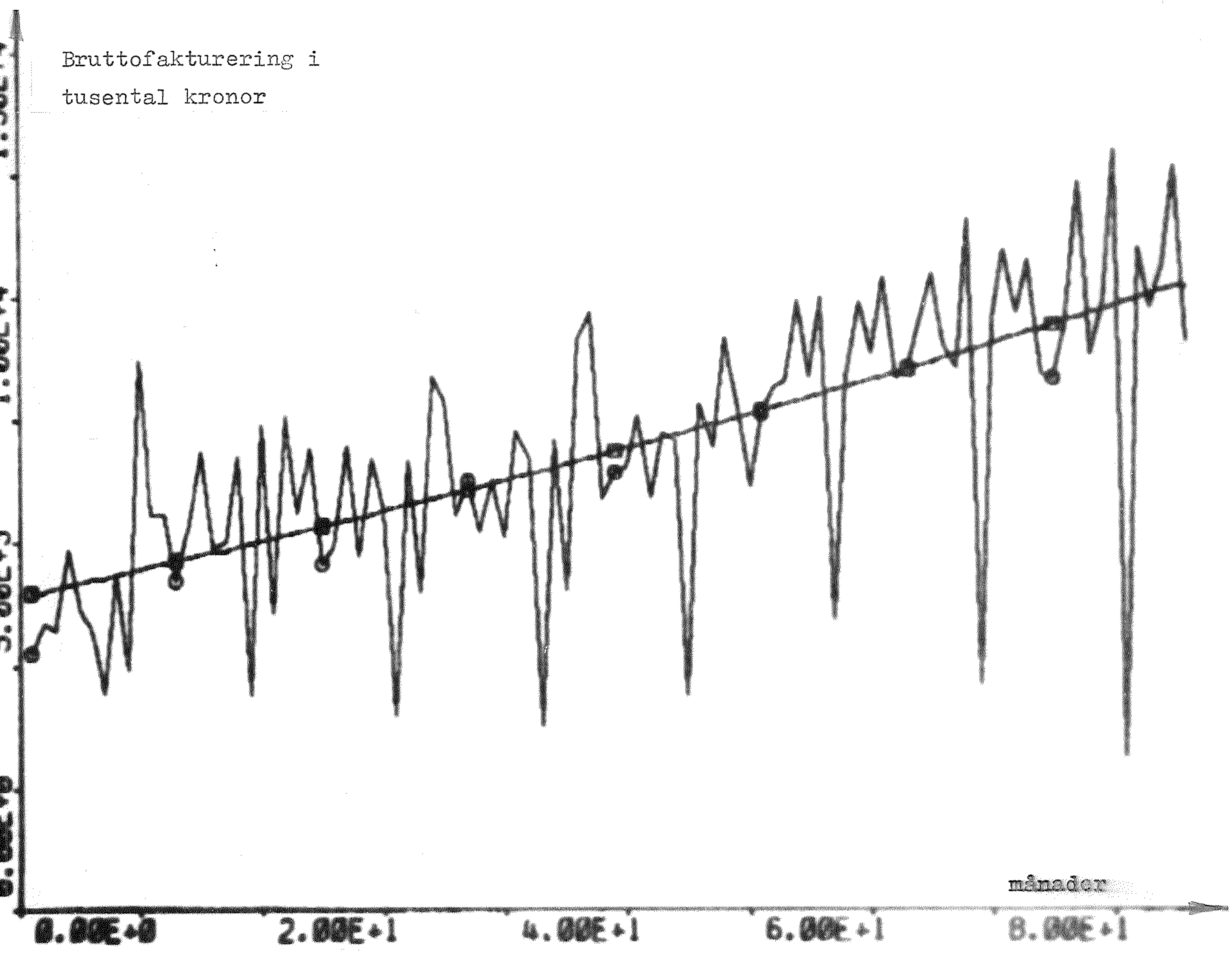

Fig. 7.1 Okorrigerade Företagsdata med inlagd 2:a ordningens trend.

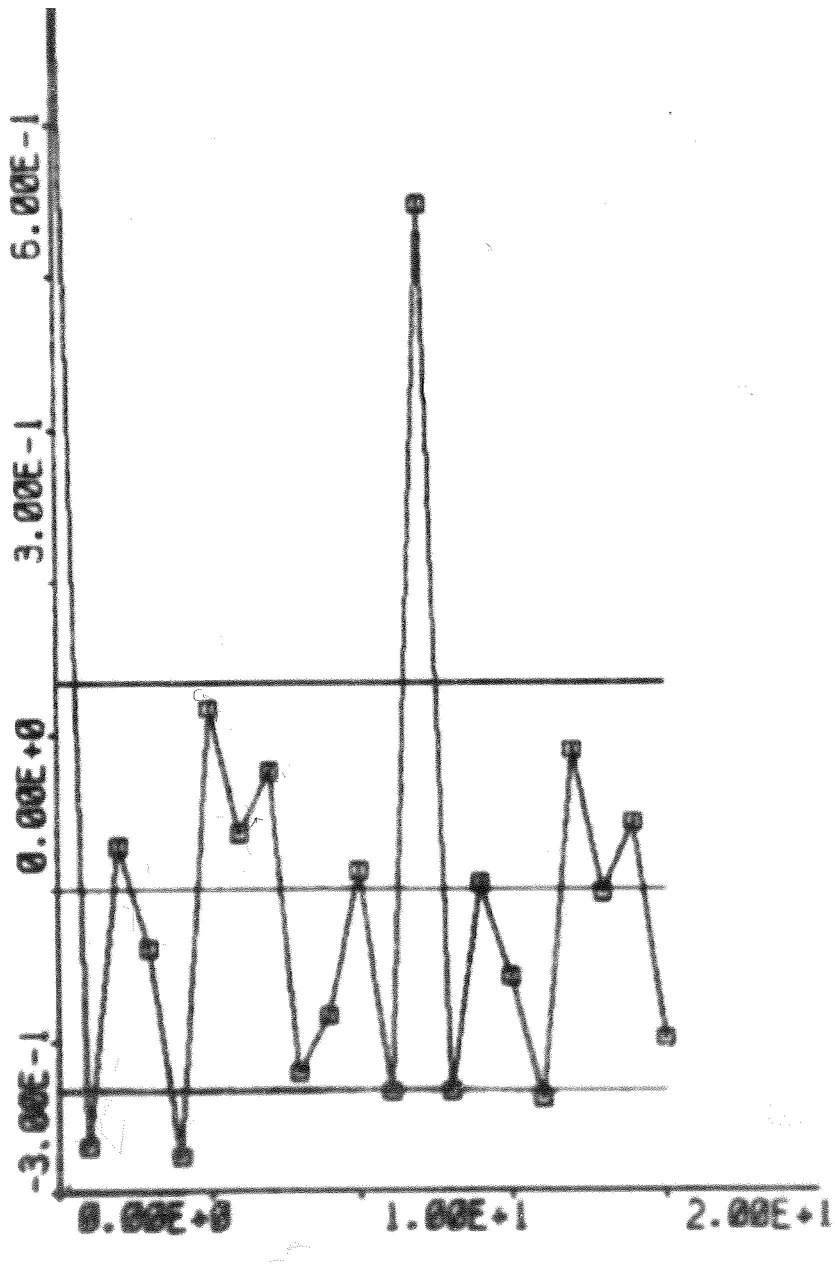

Fig. 7.2 Kovariansfunktionen för residualerna.

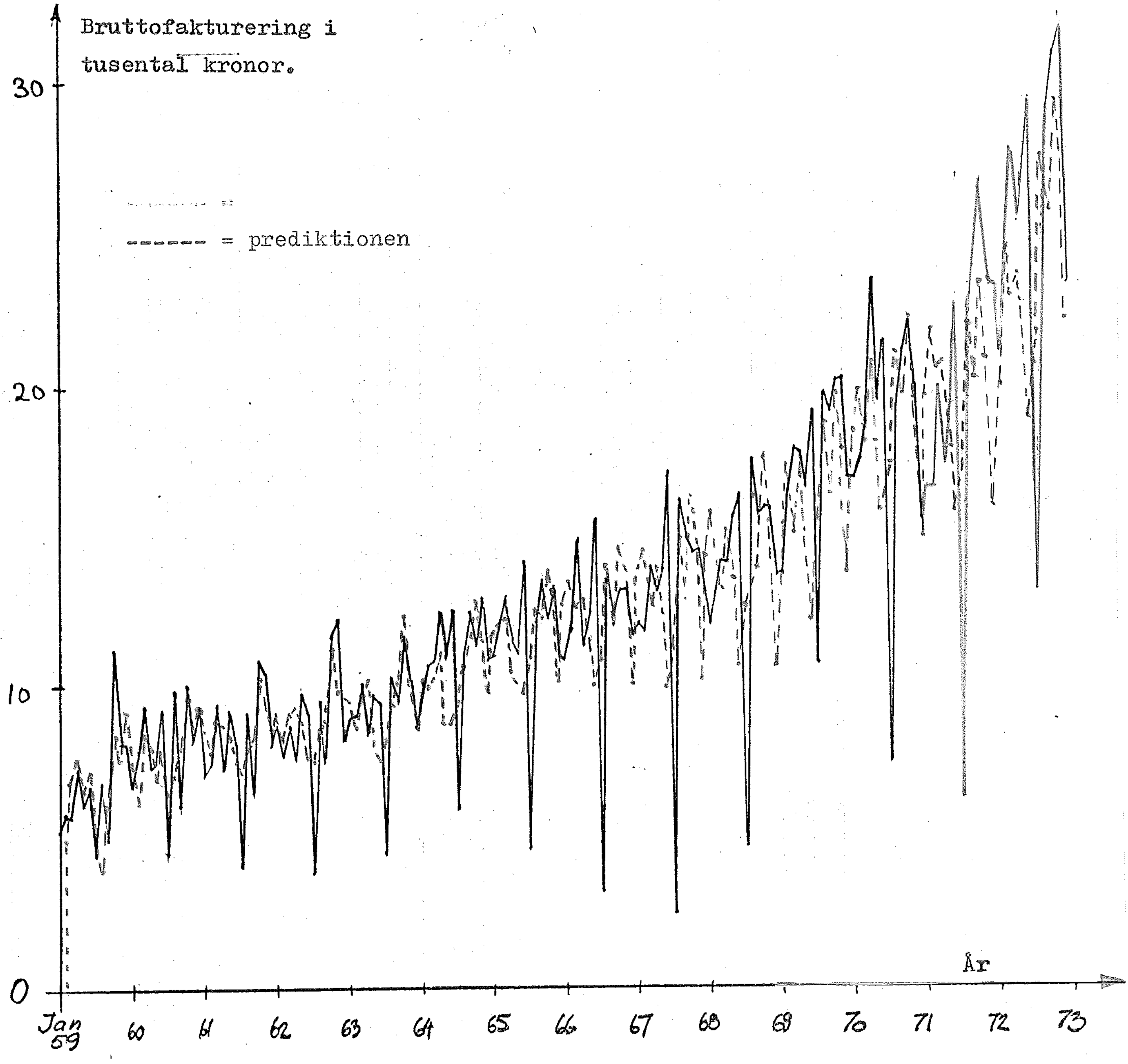

Fig. 7.3 Prediktionen av okorrigerade Företagsdata med generell exponentiell utjämning med prediktionssteget, k=1 och β =0.97.

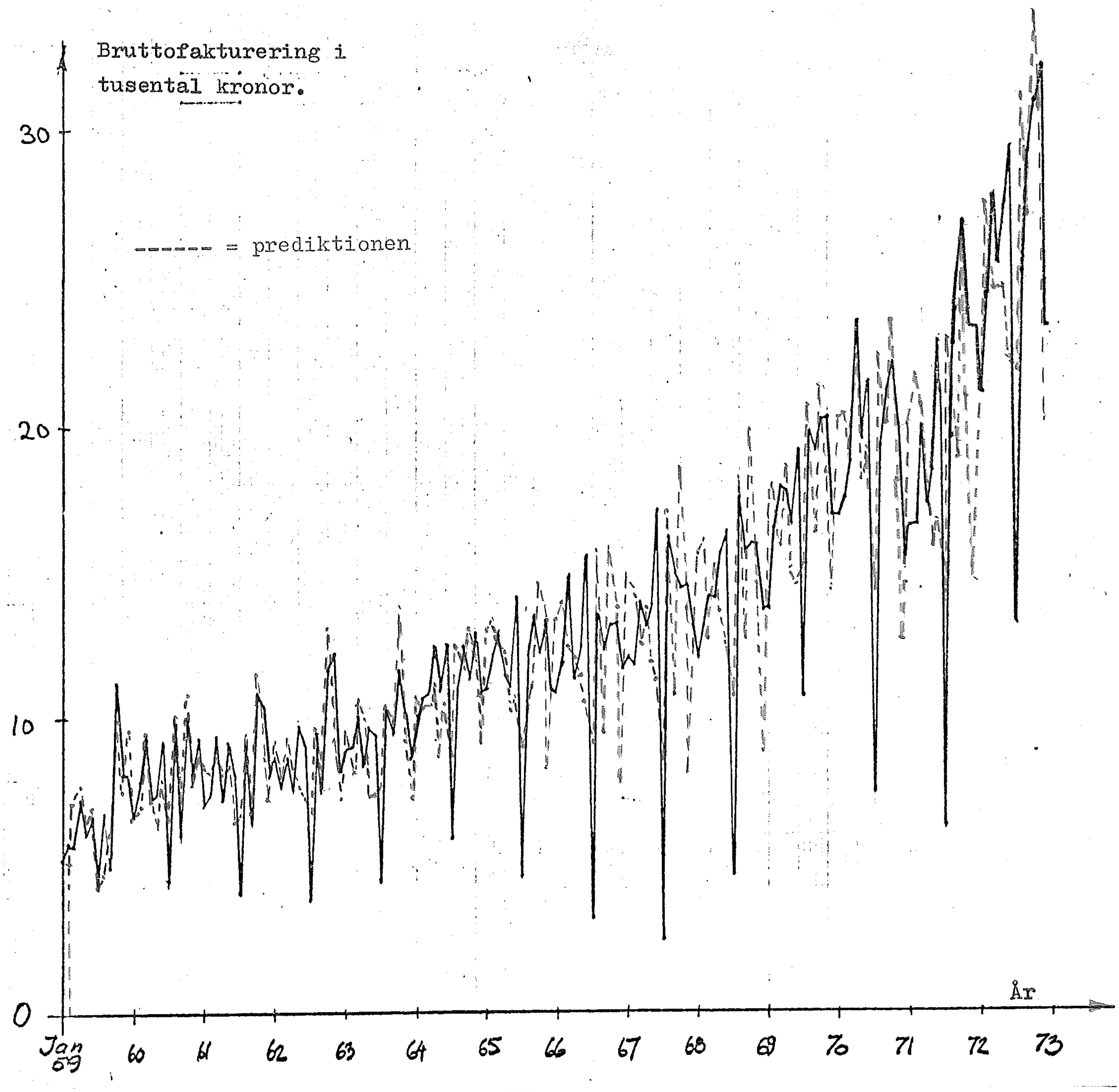

Fig. 7.4 Prediktionen av okorrigerade Företagsdata med generell exponentiell utjämning med prediktionssteget,k=1 och β =0.94.

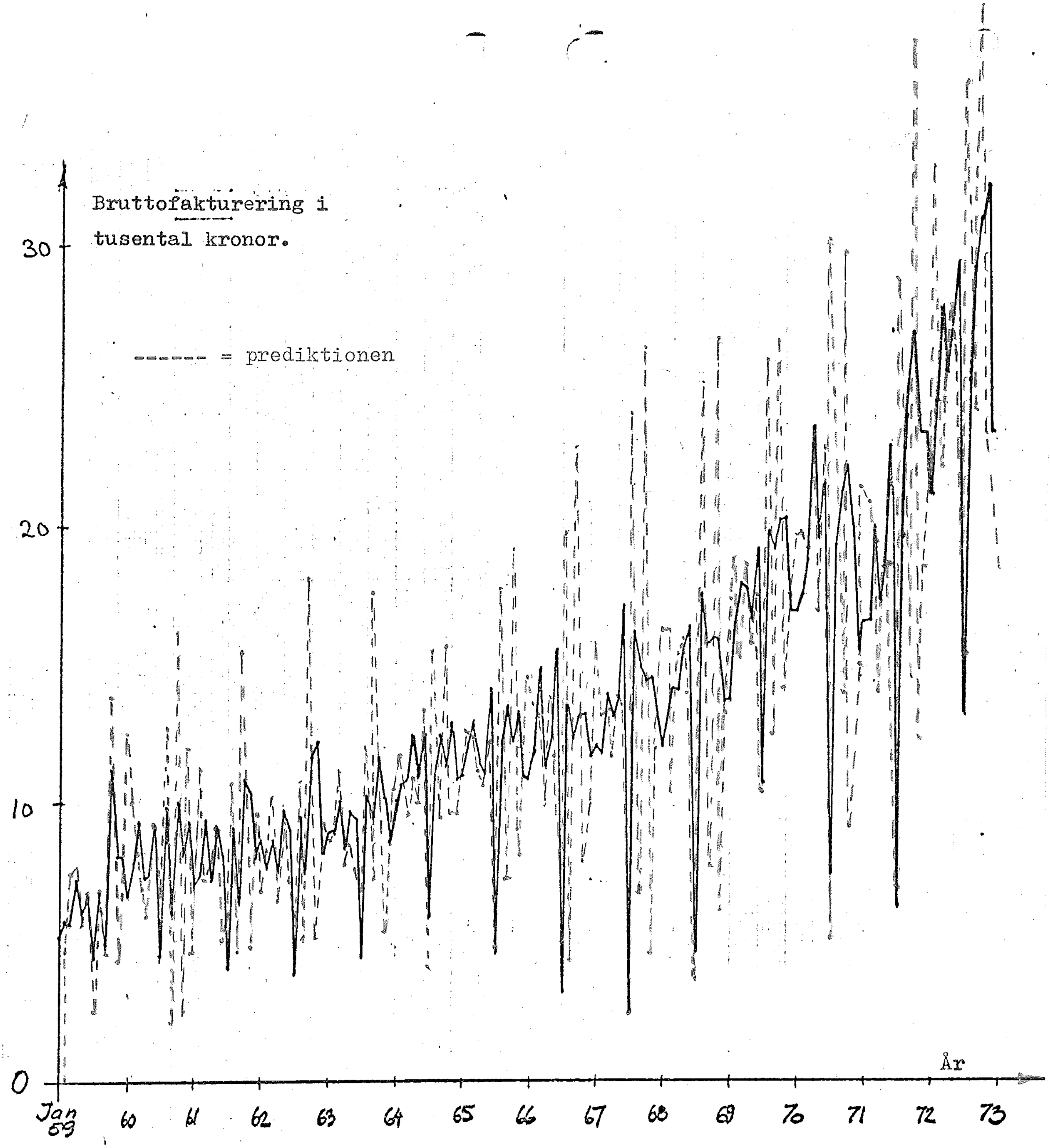

Fig. 7.5 Prediktionen av okorrigerade Företagsdata med generell exponentiell utjämning med prediktionssteget, k=1 och β =0.91.

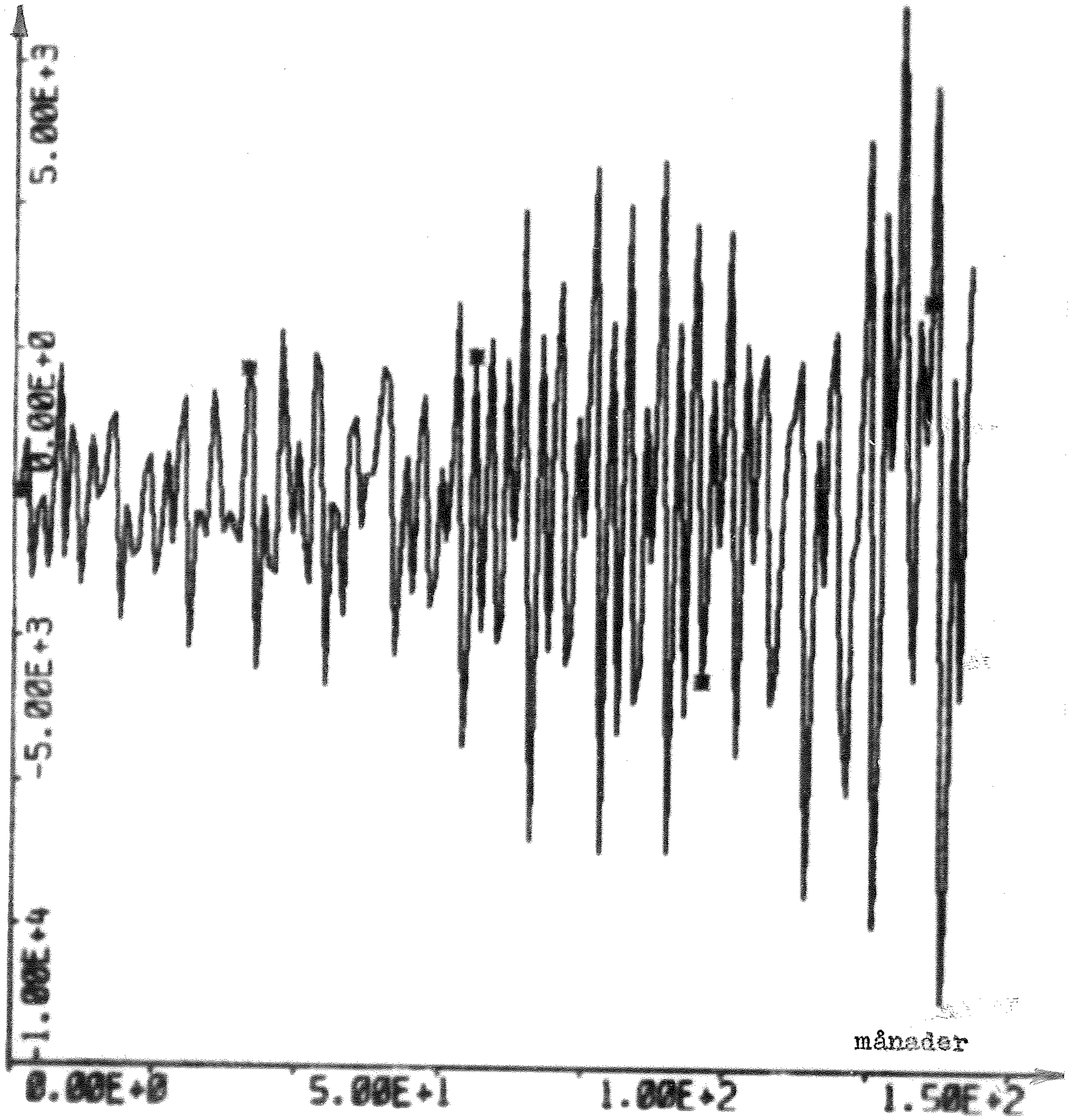

Fig. 7.6 Prediktionsfelet vid prediktion av okorrigerade Företagsdata med generell exponentiell utjämning med prediktionssteget, k=1 och β=0.94.

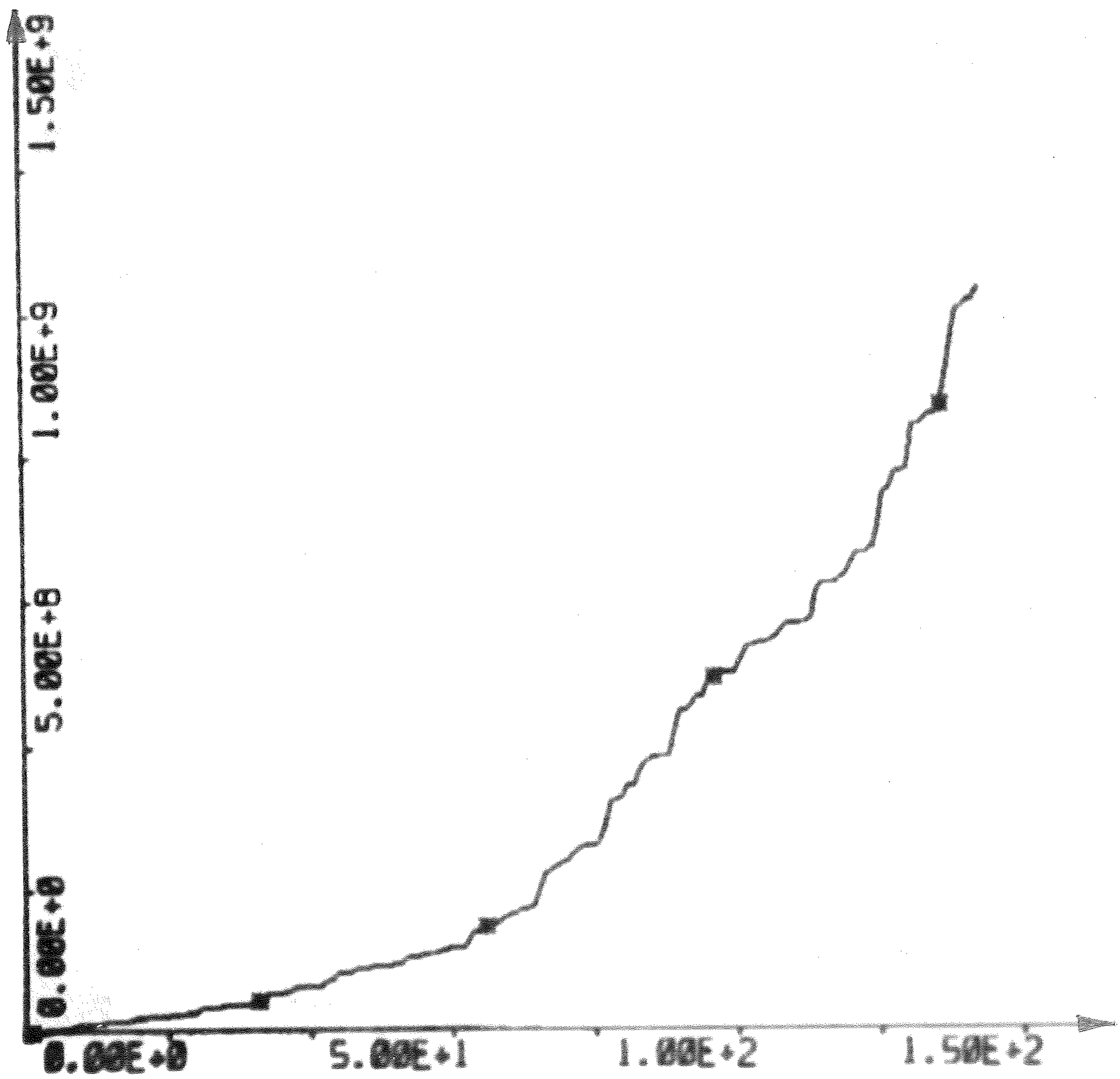

Fig. 7.7 Summa prediktionsfel i kvadrat vid prediktering av okorrigerade Företagsdata med generell exponentiell utjämning med prediktionssteget, k=1 och β=0.94.

7.1.2 Korrigerade Företagsdata

Trenden av 1:a, 2:a och 3:e ordningen bestämmdes m.h.a. IDPAC / 5 / (se figur 7.8). Härvid framgick det att dataserien hade en 2:a ordningens trend.

Genom att beräkna kovariansfunktionen för residualerna (se figur 7.9) bestämdes periodiciteten.

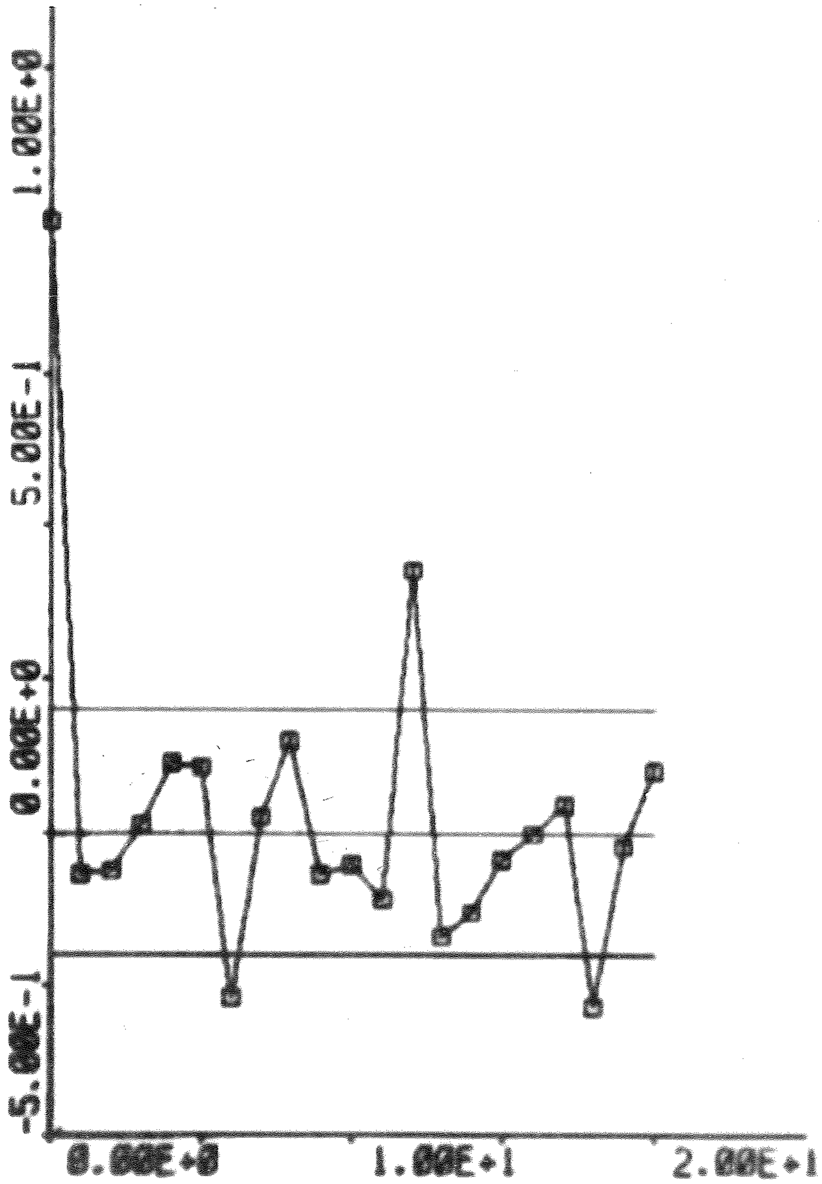

Fig.7.9 Kovariansfunktionen för residualerna.

I MINKO användes anpassningsfunktionerna:

$f_1(t) = 1$

$f_2(t) = t$

$f_3(t) = t(t-1)/2$

$f_4(t) = \sin(\frac{2\pi \cdot t}{3})$

$$f_5(t) = \cos\left(\frac{2\pi \cdot t}{3} \right)$$
$$f_6(t) = \sin\left(\frac{2\pi \cdot t}{6} \right)$$
$$f_7(t) = \cos\left(\frac{2\pi \cdot t}{6} \right)$$
$$f_8(t) = \sin\left(\frac{2\pi \cdot t}{12} \right)$$
$$f_9(t) = \cos\left(\frac{2\pi \cdot t}{12} \right)$$

Detta medförde att a-parametrarna blev:

$a_1(0) = 4532.35$
$a_2(0) = 112.73$
$a_3(0) = -0.03$
$a_4(0) = 95.83$
$a_5(0) = 0.04$
$a_6(0) = -489.80$
$a_7(0) = -64.10$
$a_8(0) = -750.43$
$a_9(0) = -645.14$

Förlustfunktionsvärdet, F, blev: $8.583 \cdot 10^8$

L-matrisen har utseendet enligt nedan:

1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	-0.500	0.866	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	-0.866	-0.500	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.500	0.866	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.866	0.500	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.866	0.500
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.500	0.866

Vid körning i dataprogrammet GEXP erhölls de värden på medelfel och varians, som finns redovisade i tabell 25, för prediktionsstegen, k=1, 2, 3, 6 och 12 månader och viktfaktorerna, β=0.97, 0.94 och 0.91.

TABELL 25

k	β =0.97 Varians	Medelfel	β =0.94 Varians	Medelfel	β =0.91 Varians	Medelfel
1	2.652 10^6	138.37	1.679 10^6	-49.03	3.550 10^6	-98.54
2	3.795 10^6	171.63	4.152 10^6	-31.34	6.263 10^6	-135.62
3	3.997 10^6	183.61	4.386 10^6	-13.89	6.679 10^6	-121.28
6	4.390 10^6	208.80	4.739 10^6	20.50	6.185 10^6	-107.80
12	5.468 10^6	288.02	7.038 10^6	189.05	16.165 10^6	126.64

Då prediktionssteget,k, är lika med en månad och viktfaktorn,β, är 0.97, följer prediktionen bra stora systematiska förändringar, men däremot inte alls små variationer (se figur 7.10). Då viktfaktorn,β, minskas till 0.94 fås en förbättring av prediktionen då även små variationer följs (se figur 7.11). Prediktionen blir ej bra om viktfaktorn,β, väljes till 0.91, vilket framgår av figur 7.12.
Den omtalade fusionen som inträffade månad 153, framgår tydligt av figurerna 7.13 och 7.14.
För att erhålla medelfelsminimum måste viktfaktorn,β, minskas, men denna måste ökas om variansminimum önskas.

7.1.3 Problem med generell exponentiell utjämning på Företagsdata

Vid prediktering med generell exponentiell utjämning av Företagsdata, speciellt okorrigerade data, är det svårt att bestämma anpassningsfunktionerna och därför blir prediktionsresultatet ganska dåligt.
När man bestämt anpassningsfunktionerna, går det ej att ändra dessa under predikteringen, vilket medför att om dataserien ändrar utseende, blir prediktionen dålig. Denna nackdel finns också i den heuristiska metoden. Vidare kan instabilitet vid lägre viktfaktorer, β, iaktagas. Orsaken till detta är att om ett relativt stort prognosfel uppkommer, korrigeras ingående parametrar kraftigt och nästa prediktion kommer att avvika ännu mer från sitt rätta värde.

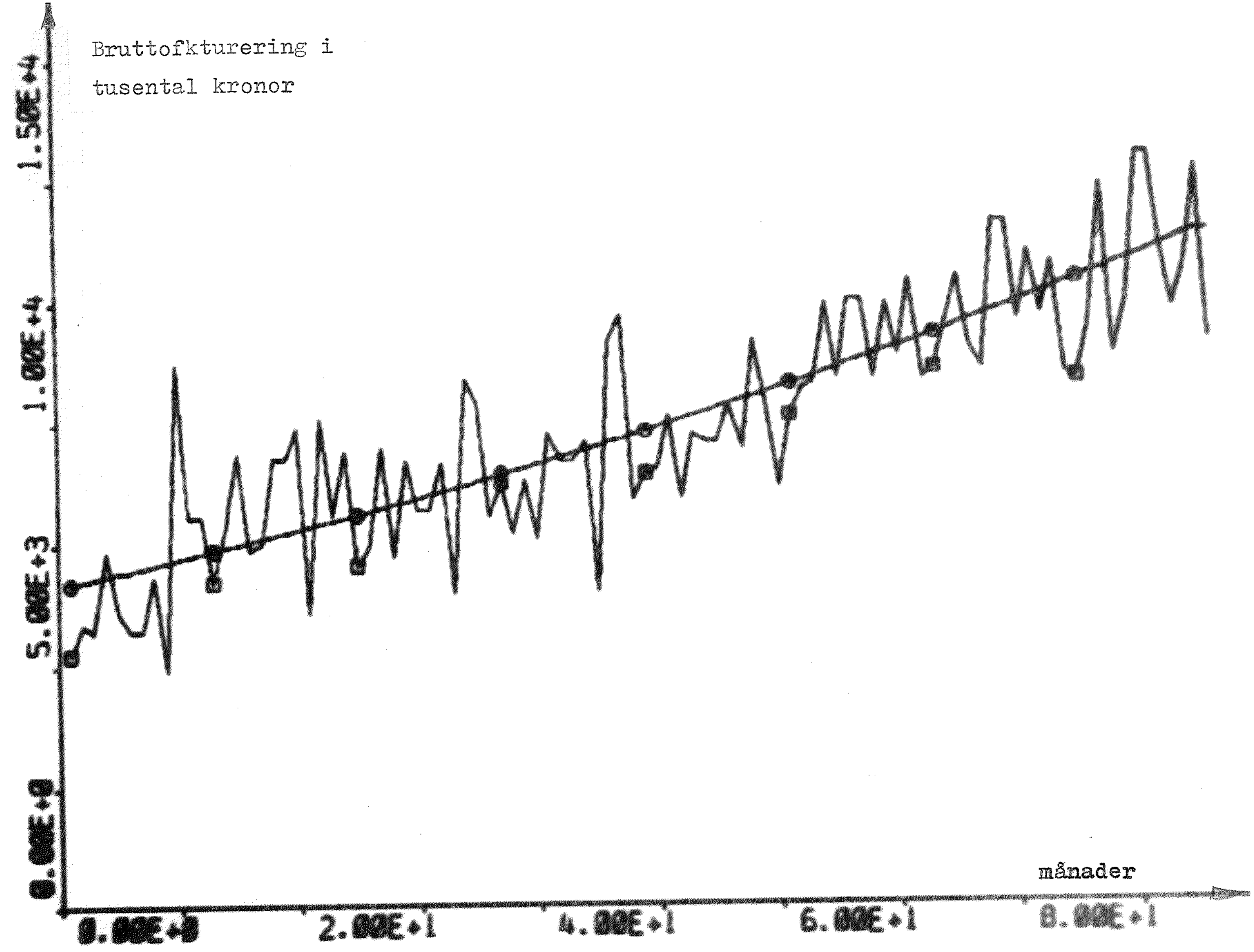

Fig. 7.8 Korrigerade Företagsdata med inlagd 2:a ordningens trend.

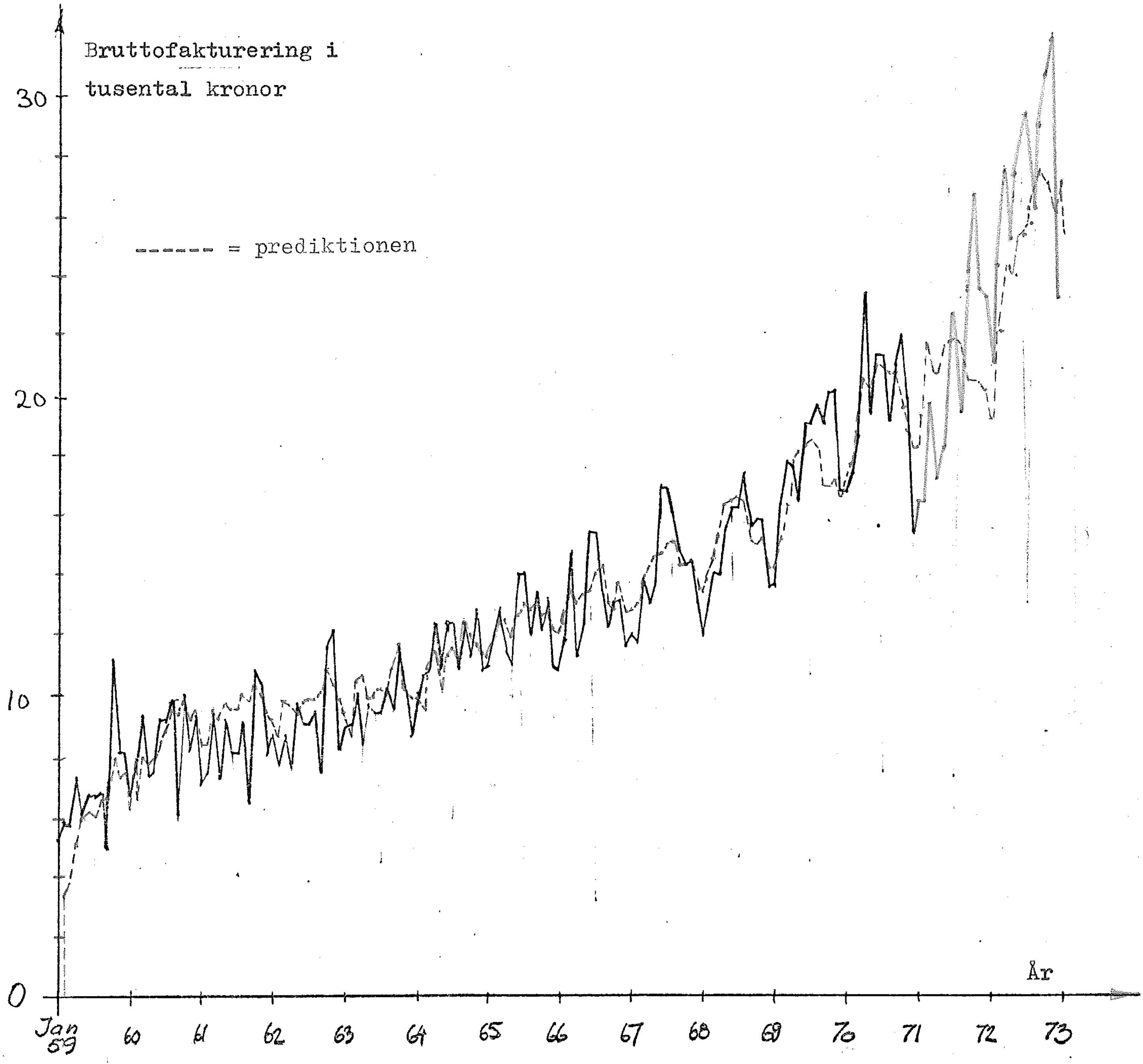

Fig. 7.10 Prediktionen av korrigersde Företagsdata med generell exponentiell utjämning med prediktionssteget,k=1 och β =0.97.

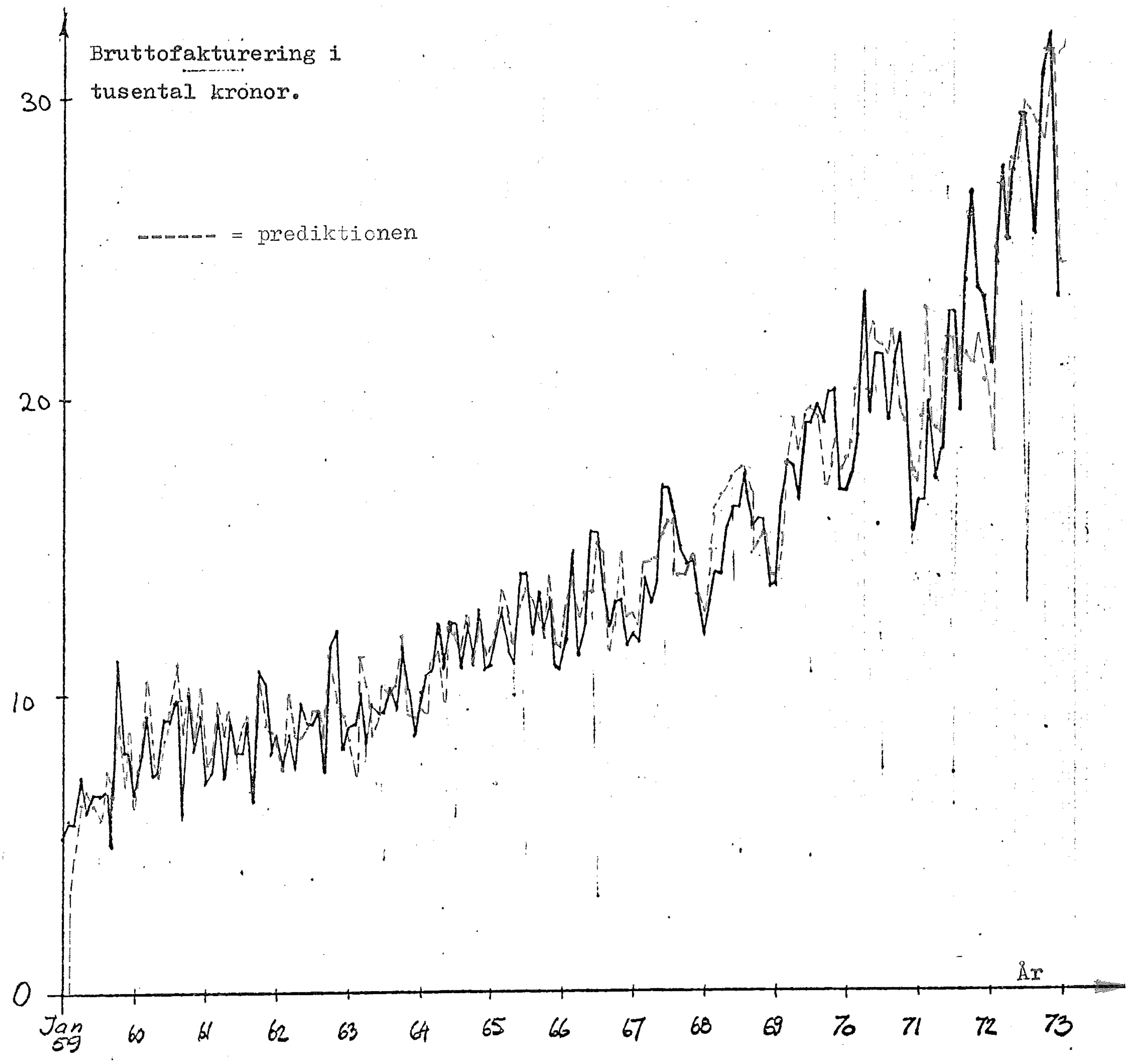

Fig. 7.11 Prediktionen av korrigerade Företagsdata med generell exponentiell utjämning med prediktionssteget,k=1 och β =0.94.

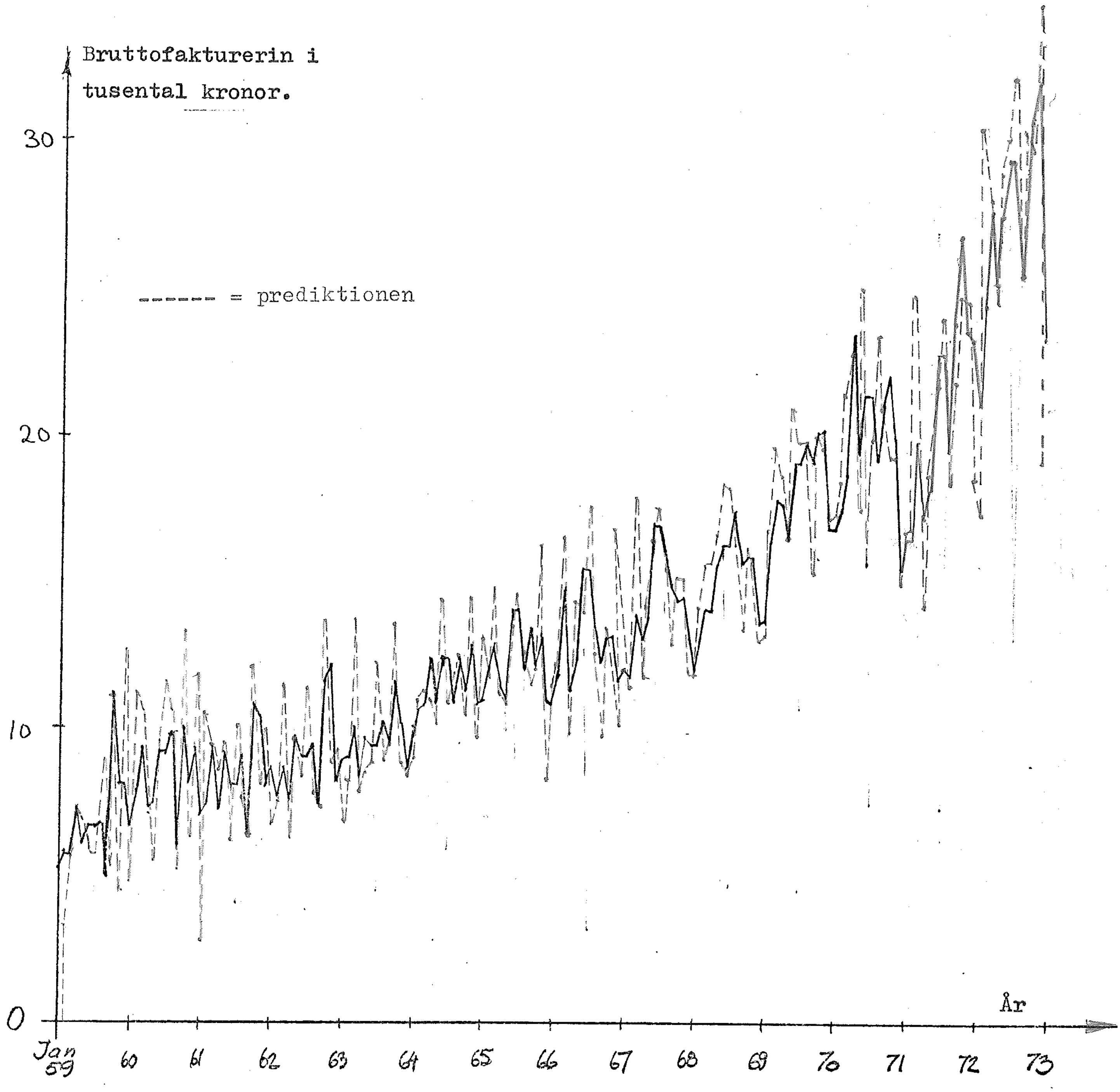

Fig. 7.12 Prediktionen av korrigerade Företagsdata med generell exponentiell utjämning med prediktionssteget, $k=1$ och $\beta=0.91$.

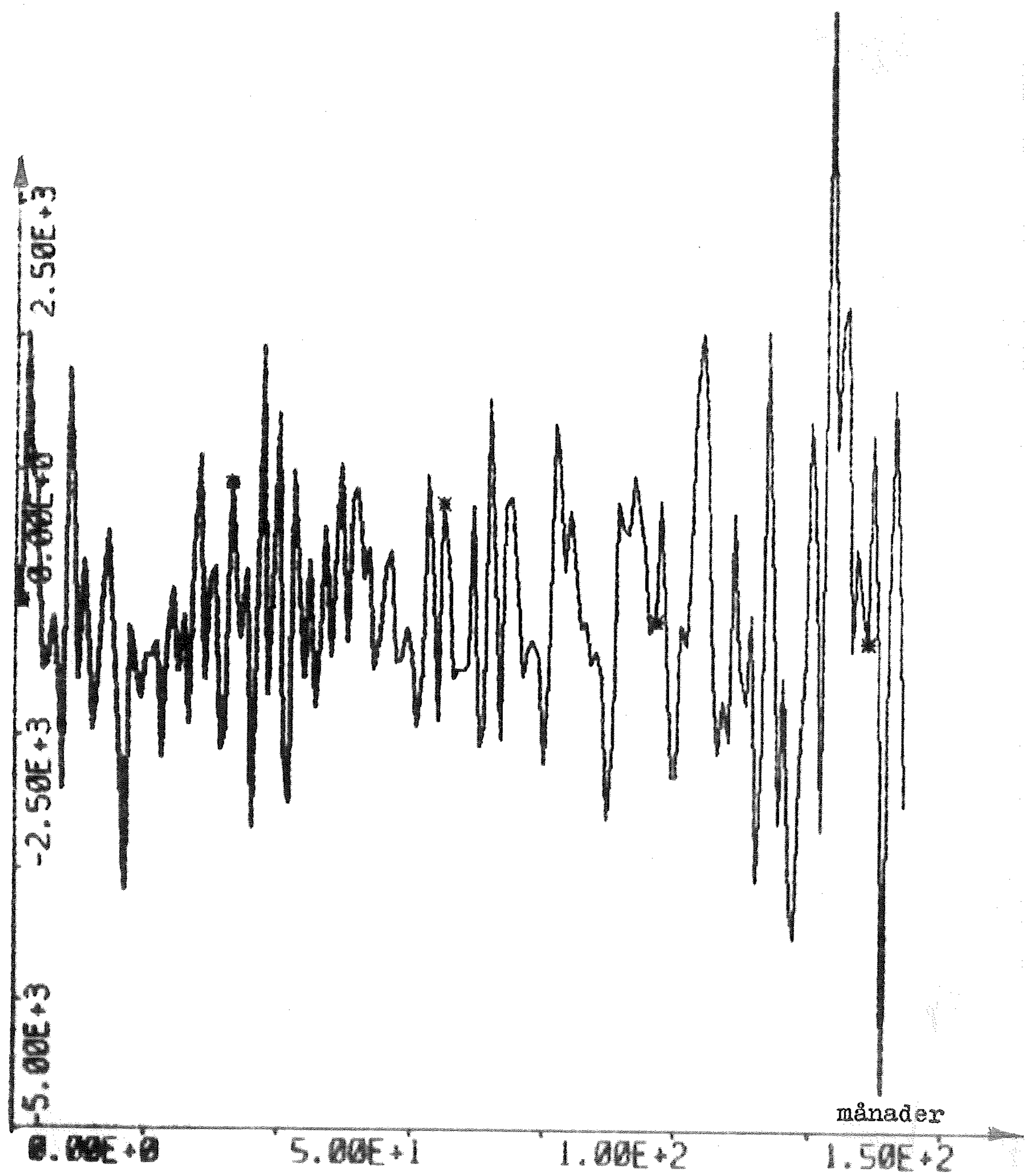

Fig. 7.13 Prediktionsfelet vid prediktion av korrigerade Föreetagsdata med generell exponentiell utjämning med prediktionssteget, k=1 och β=0.94.

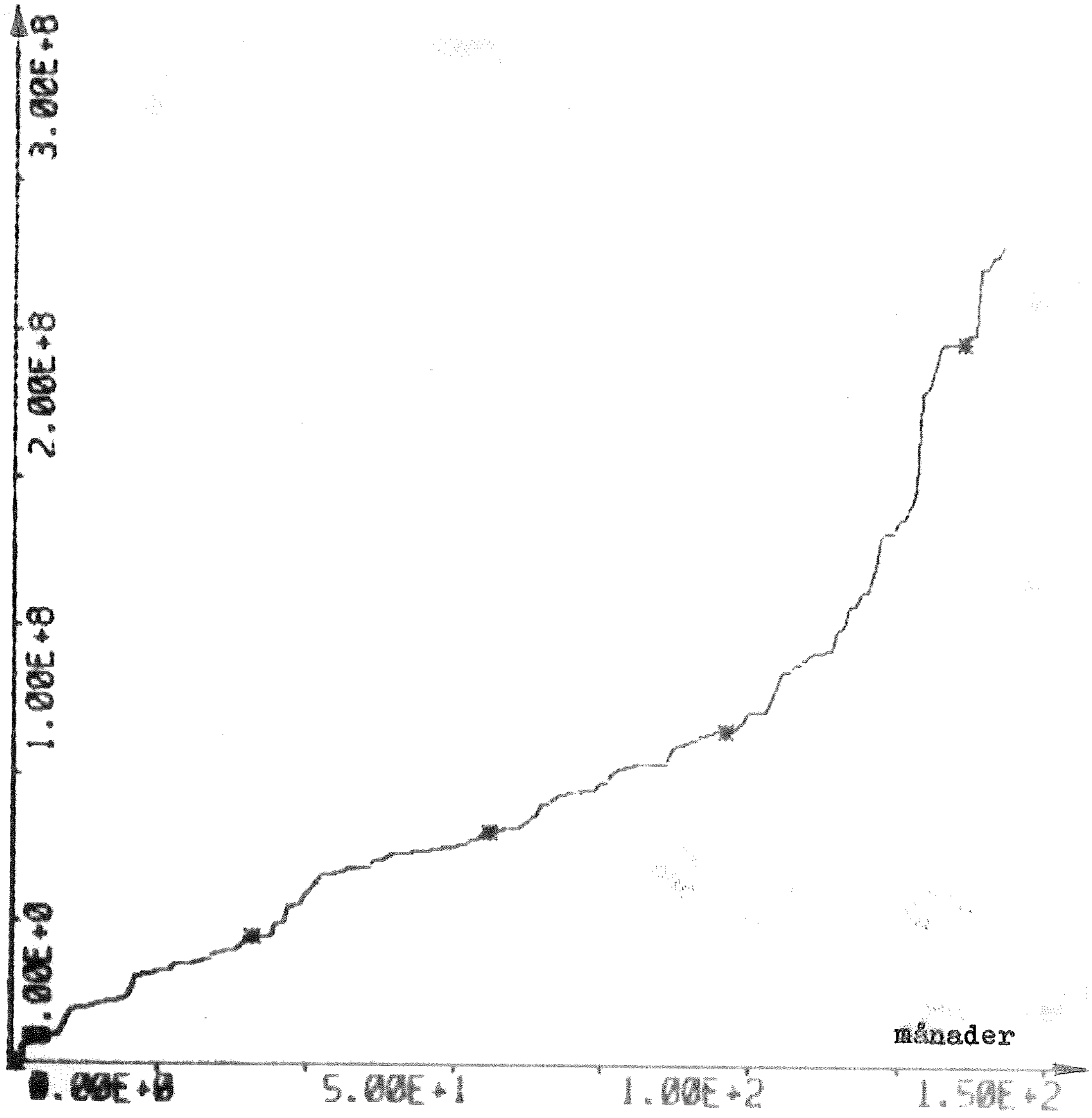

Fig. 7.14 Summa prediktionsfel i kvadrat vid korrigerade Företagsdata med generell exponentiell utjämning med prediktionssteget, k=1 och β=0.94.

7.2 Flygdata.

Med hjälp av IDPAC / 5 / bestämdes 1:a, 2:a och 3:e ordningens trend. Härvid framgick det att 2:a ordningens trend (Se figur 7.15) var den som bäst överensstämde med dataseriens utseende. Periodisiteten fastställdes genom att beräkna kovariansfunktionen för residualerna (Se figur 7.16).

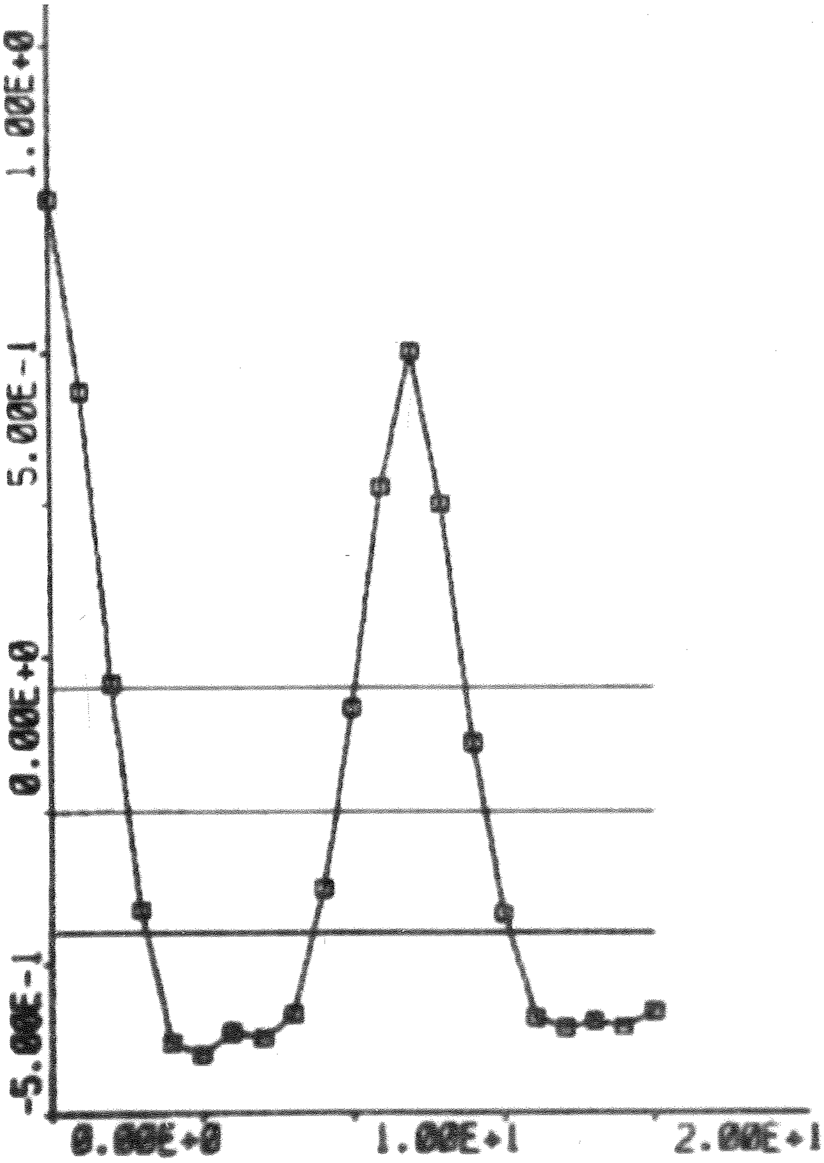

Fig. 7.16 Kovariansfunktionen för residualerna.

Följade modell testades i MINKO :

Anpassningsfunktioner:

$f_1(t) = 1$

$f_2(t) = t$

$f_3(t) = t\,(t - 1)/2$

$f_4(t) = \sin\left(\frac{2\pi t}{12}\right)$

$f_5(t) = \cos\left(\frac{2\pi t}{12}\right)$

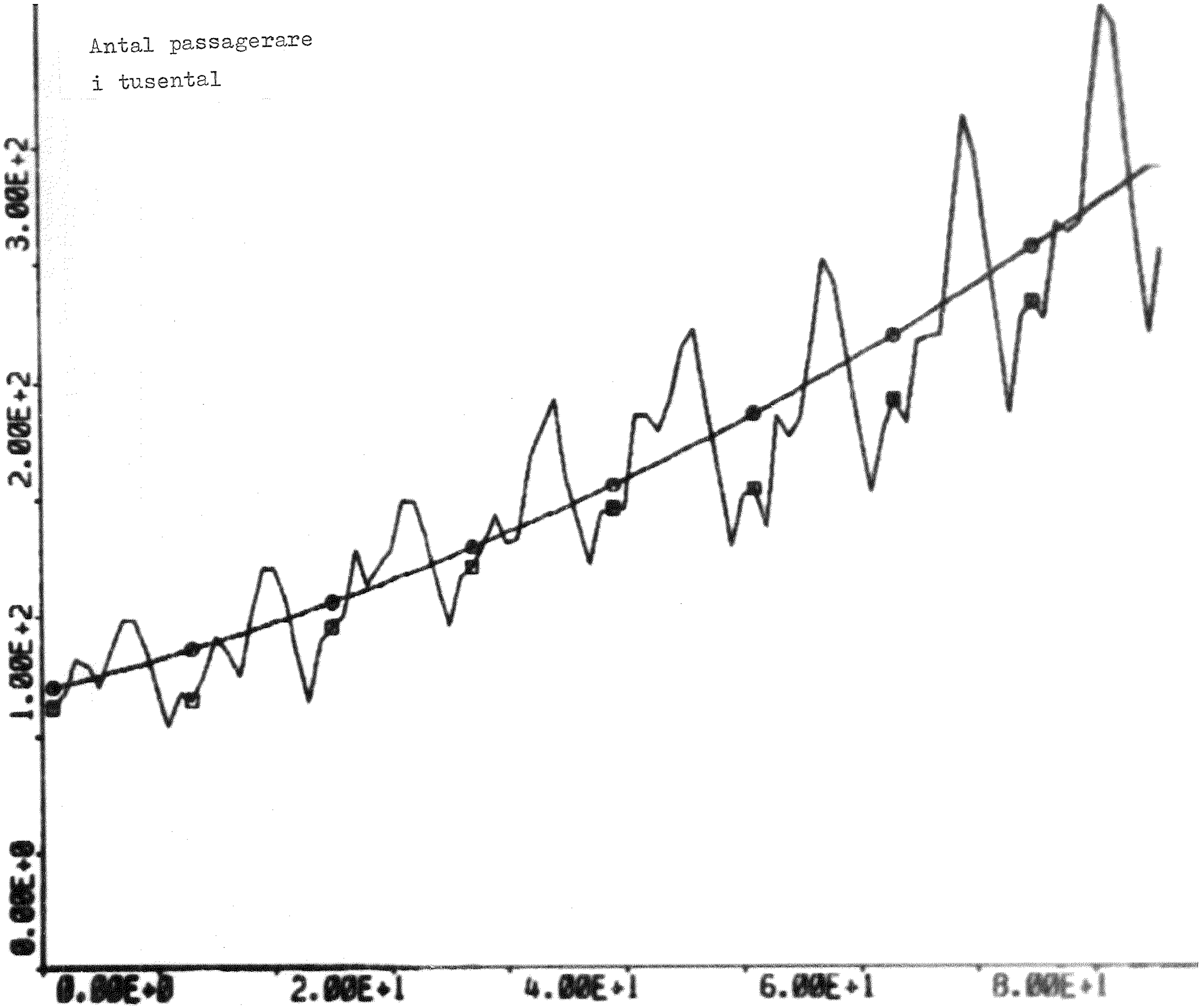

Fig. 7.15 Flygdata med inlagd 2:a ordningens trend.

Detta medförde att a-parametrarna blev:

$a_1(0) = 118.77$
$a_2(0) = 1.23$
$a_3(0) = 0.03$
$a_4(0) = -9.10$
$a_5(0) = -29.45$

Följade förlustfunksvärde erhölls, $F = 3.846 \cdot 10^4$.
Denna modell valdes som indata till GEXP.

Modellens L-matris har utseendet:

$$\begin{matrix} 1.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 1.0 & 1.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 1.0 & 1.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.866 & 0.500 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & -0.500 & 0.866 \end{matrix}$$

Vid körning erhölls följande resultat på medelfel och varians för prediktionsstegen, k=1,2,3,6 och 12 och viktfaktorerna, β=0.97,0.94, 0.91 och 0.88.

Tabell 26.

	β=0.97		β=0.94		β=0.91		β=0.88	
k	Var.	Medf.	Var.	Medf.	Var.	Medf.	Var.	Medf.
1	778.9	-2.91	560.3	-2.16	383.6	-2.02	346.2	-2.01
2	1027.1	-3.27	1048.4	-2.44	1132.8	-2.23	1239.0	-2.03
3	1170.4	-3.66	1361.9	-2.84	1759.4	-2.77	2277.4	-2.70
6	1169.7	-3.76	1164.3	-2.63	1222.4	-2.49	1639.8	-2.70
12	992.7	-4.03	922.3	-2.30	1272.5	-1.72	2937.4	-1.95

Prediktionen för prediktionssteget lika med en månad (k=1) och för viktfaktorerna β=0.97 och β=0.88 visas i figurerna 7.17 och 7.18. Här framgår att β=0.88 ger en betydligt bättre prediktion beroende på att den kan anpassa den antagna sinusformade svängningen i data till verkliga data bättre än β=0.97.

Prediktionsfelet för k=1 och β=0.88 framgår av figur 7.19. Felet uppvisar tydlig sinusform med ökande amplitud, vilket antyder att anpassningsfunktioner av typ $t \cdot \sin\left(\frac{2\pi t}{12}\right)$ borde ha medtagits.

Den trappstegsformade branta ökningen i figur 7.20, som visar summa prediktionsfel i kvadrat, beror på prediktionsfelets ökande amplitud.
Jämfört med prediktion med den heuristiska metoden, på dessa data, fås här med den generella exponentiella utjämningen högre varians. Detta beror på, trots datas ökande amplitud, att en månads andel av säsongsvärdet är relativt konstant, oberoende vilken säsong som betraktas, vilket medför att den heuristiska metoden kan prediktera både toppar och dalar bra. Generell exponentiell utjämning kan ej följa med amplitudökningen så bra, vilket medför att variansen blir högre än för den heuristiska metoden.

Prediktionen för prediktionsstegen,k=6 och 12 månader med viktfaktorn,β =0.94 visas i figurerna 7.21 och 7.22.

För Flygdata skall man för att få varians- och medelfelsminimum, öka viktfaktorn,β , för längre prediktionssteg.

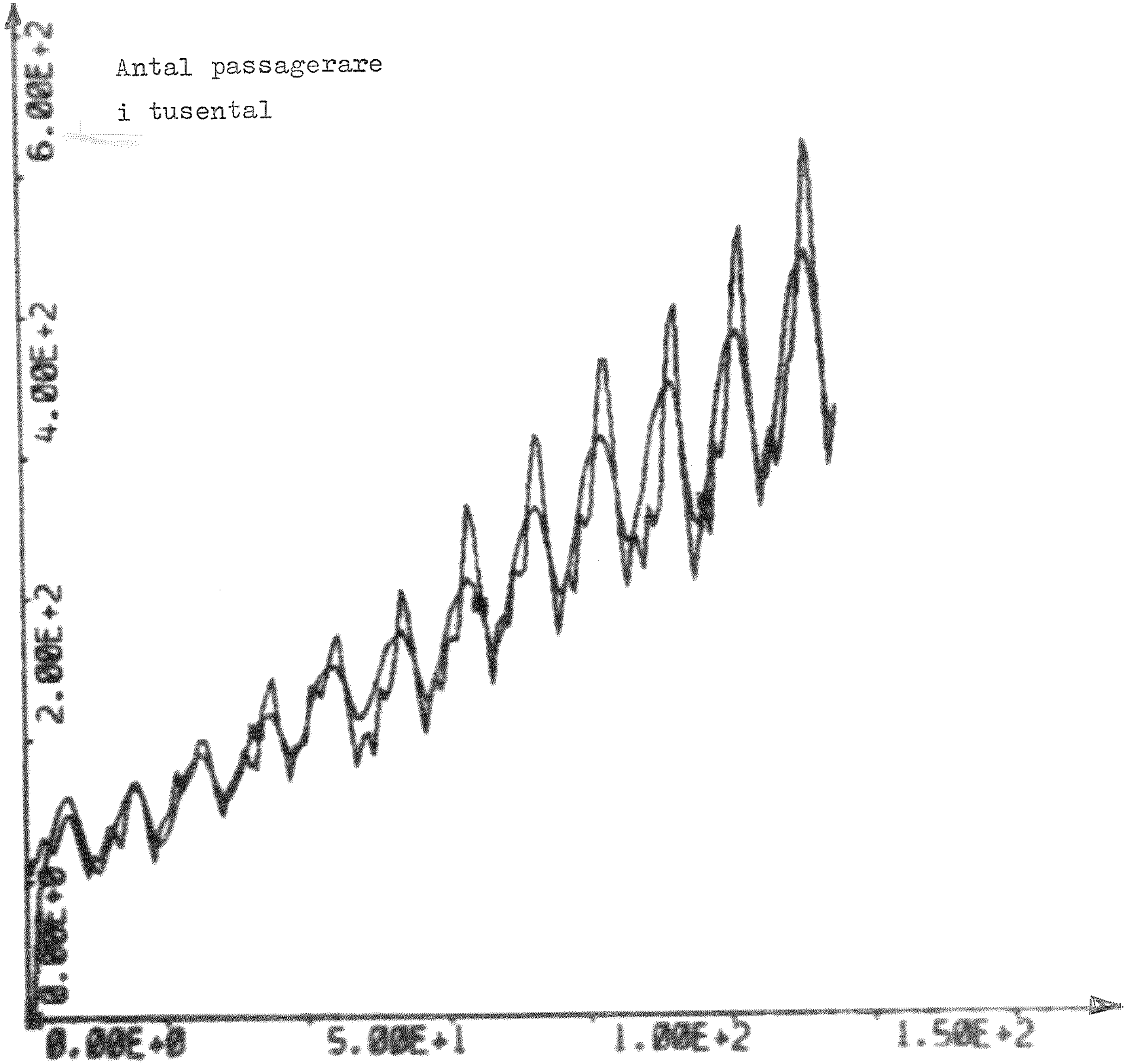

Fig. 7.17 Prediktioen av Flygdata med generell exponentiell utjämning med k=1 och β=0.97. Flygdata = I, Prediktionen av Flygdata = ж.

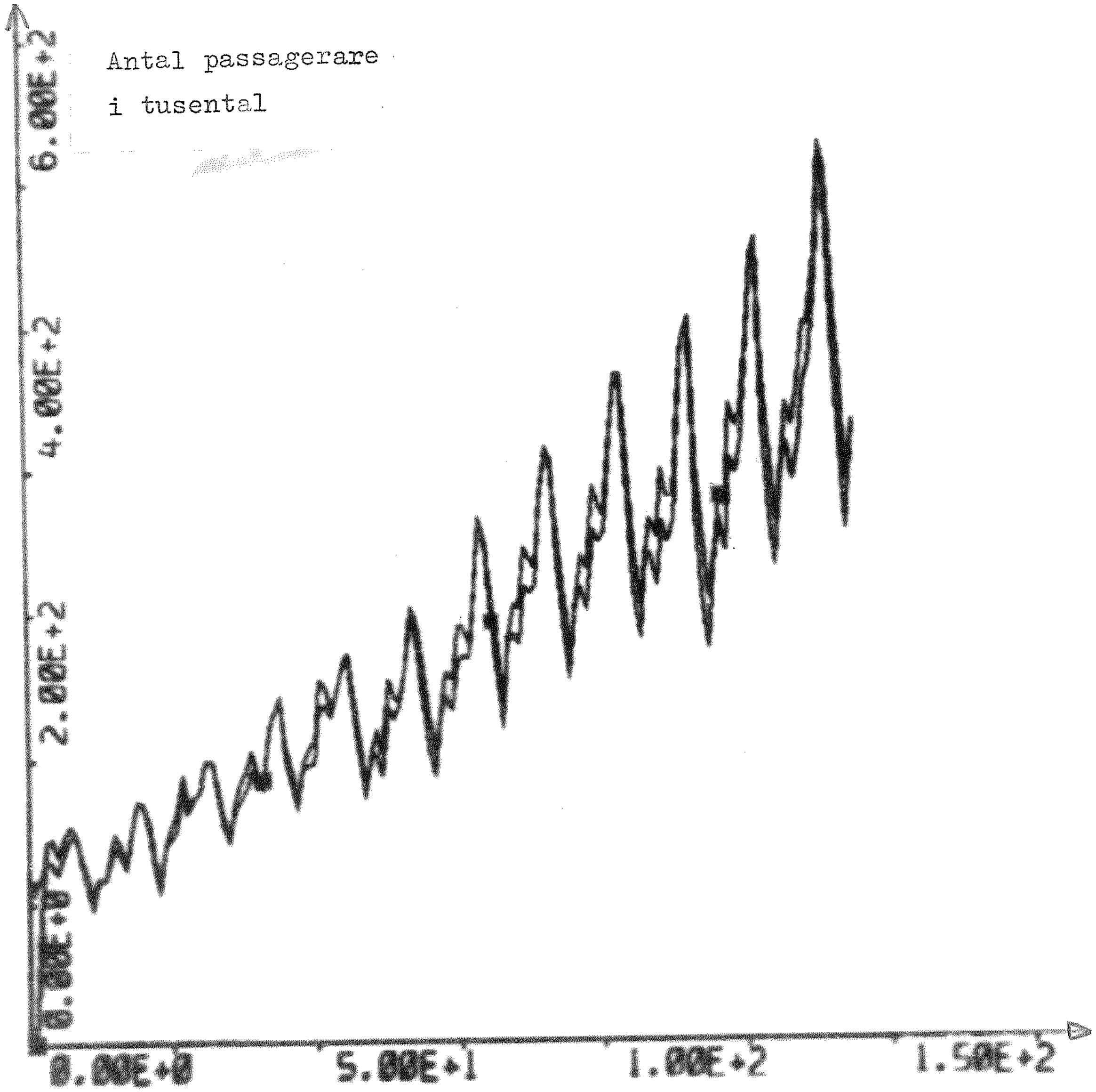

Fig. 7.18 Prediktionen av Flygdata med generell exponentiell utjämning med k=1 och β=0.88. Flygdata = I, Prediktionen av Flygdata = ⌶.

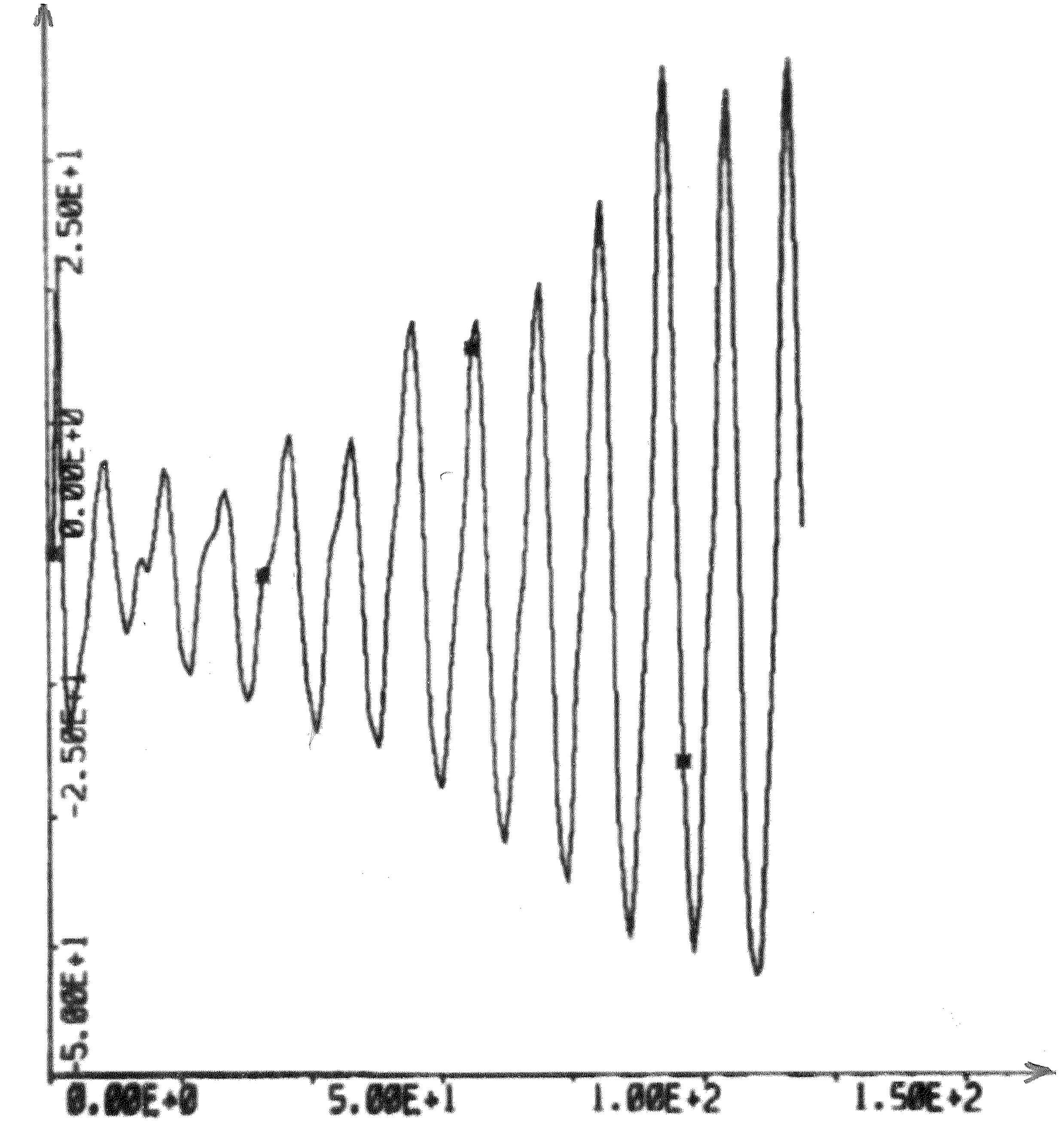

Fig. 7.19 Prediktionsfelet vid prediktion av Flygdata med generell exponentiell utjämning med k=1 och β=0.88.

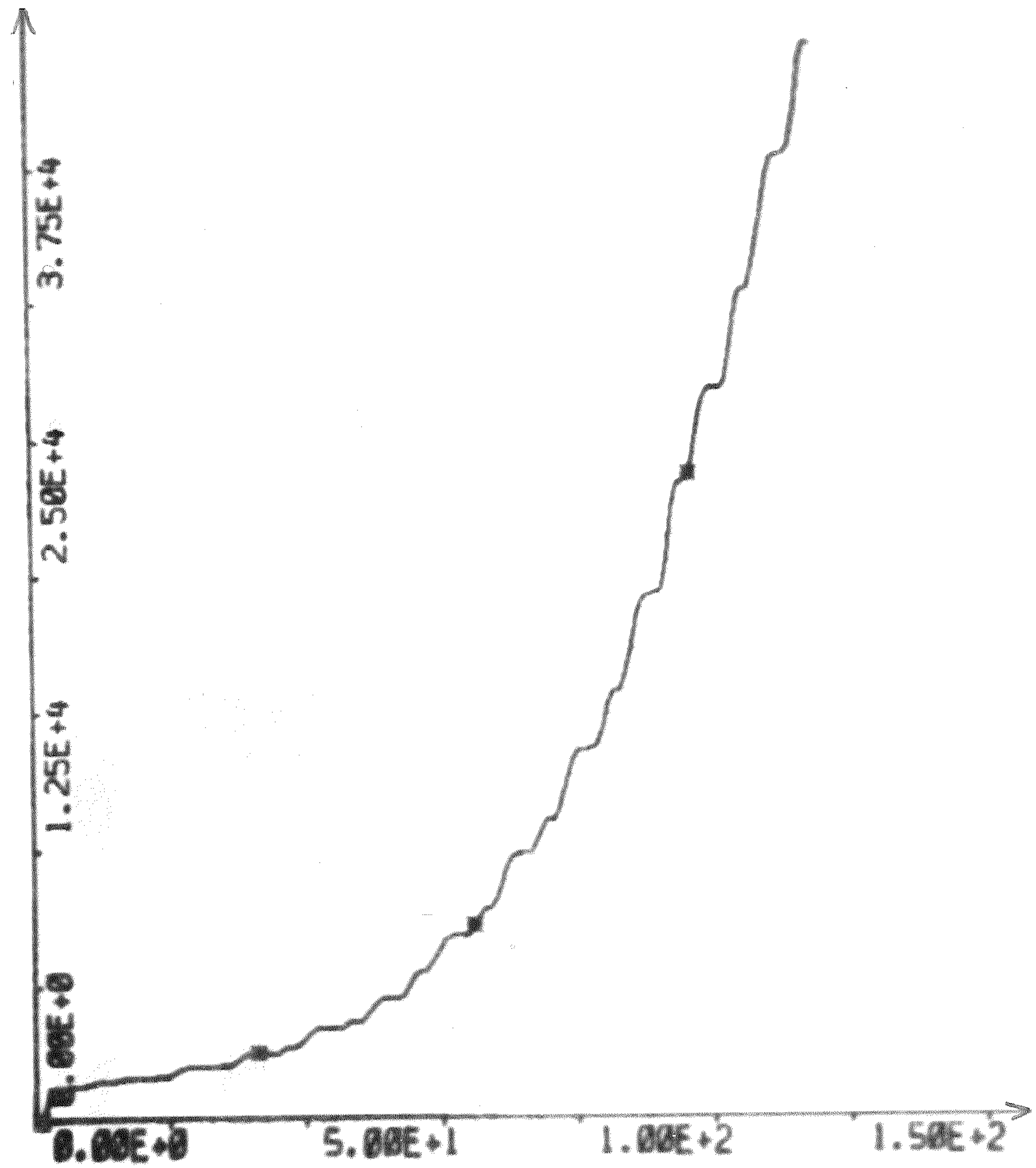

Fig. 7.20 Summa prediktionsfel i kvadrat vid prediktion av Flygdata med generell exponentiell utjämning med k=1 och β=0.88.

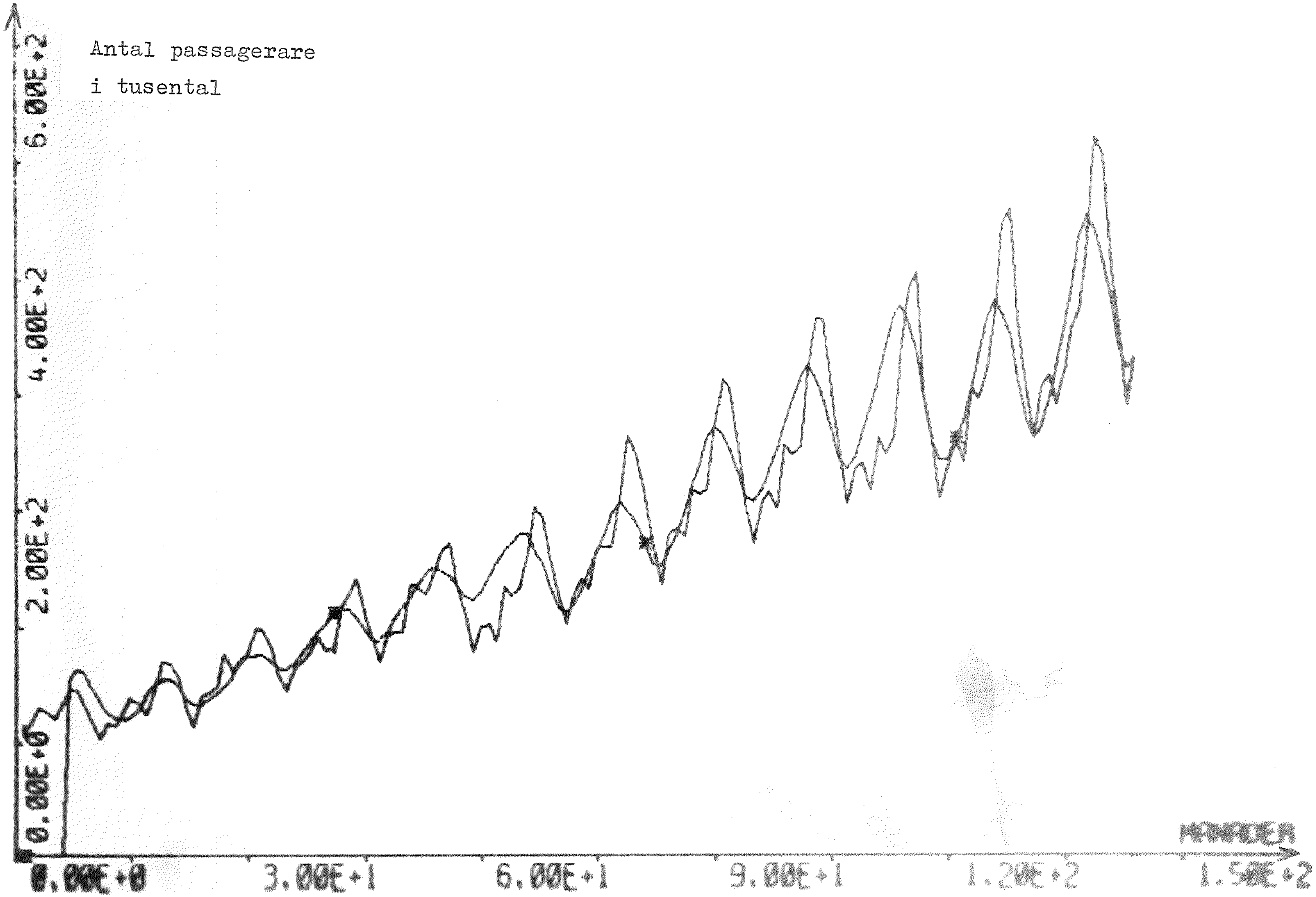

Fig. 7.21 Prediktionen av Flygdata med generell exponentiell utjämning med k=6 och β=0.94. Flygdata = I, Prediktionen av Flygdata = ※.

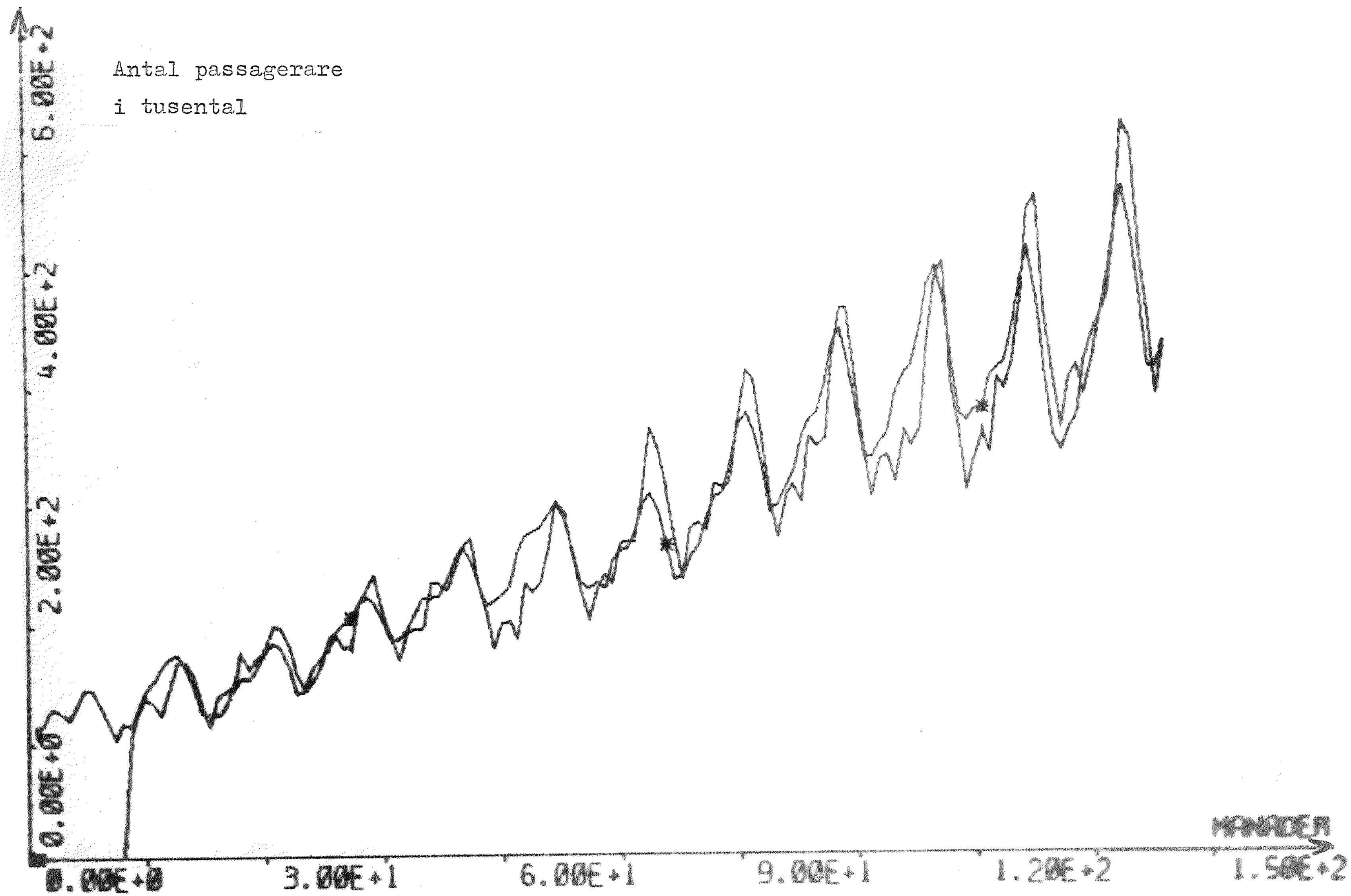

Fig. 7.22 Prediktionen av Flygdata med generell exponentiell utjämning med k=12 och β=0.94. Flygdata = I, Prediktionen av Flygdata = *.

7.3 Skogsdata.

Genom att använda IDPAC / 5 / bestämdes 1:a, 2:a och 3:e ordningens trend (Se figur 7.23). Första ordningens trend överensstämde bäst med dataseriens utseende.
Periodiciteten fastställdes genom att beräkna kovariansfunktionen för residualerna (Se figur 7.24).

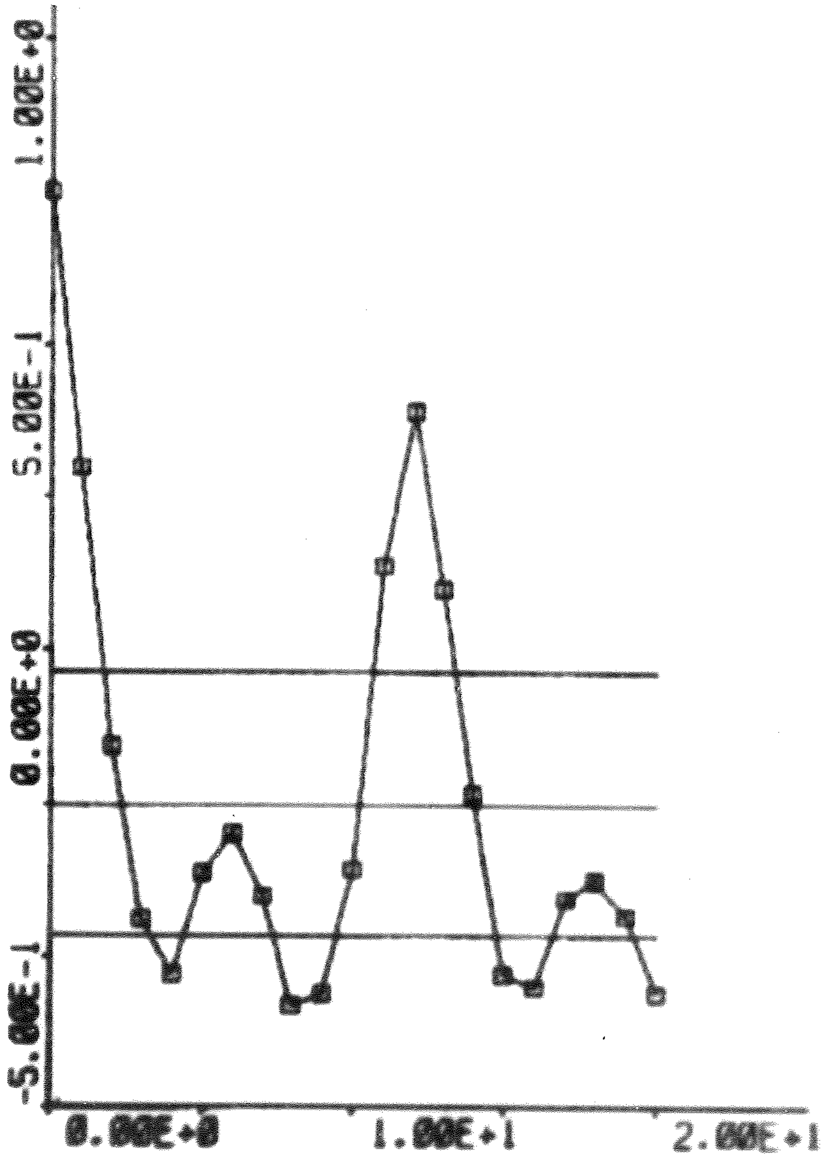

Fig. 7.24 Kovariansfunktion för residualerna.

Följande modell testades i MINKO:
Anpassningsfunktionerna:

$f_1(t) = 1$

$f_2(t) = t$

$f_3(t) = \sin(\frac{2\pi t}{12})$

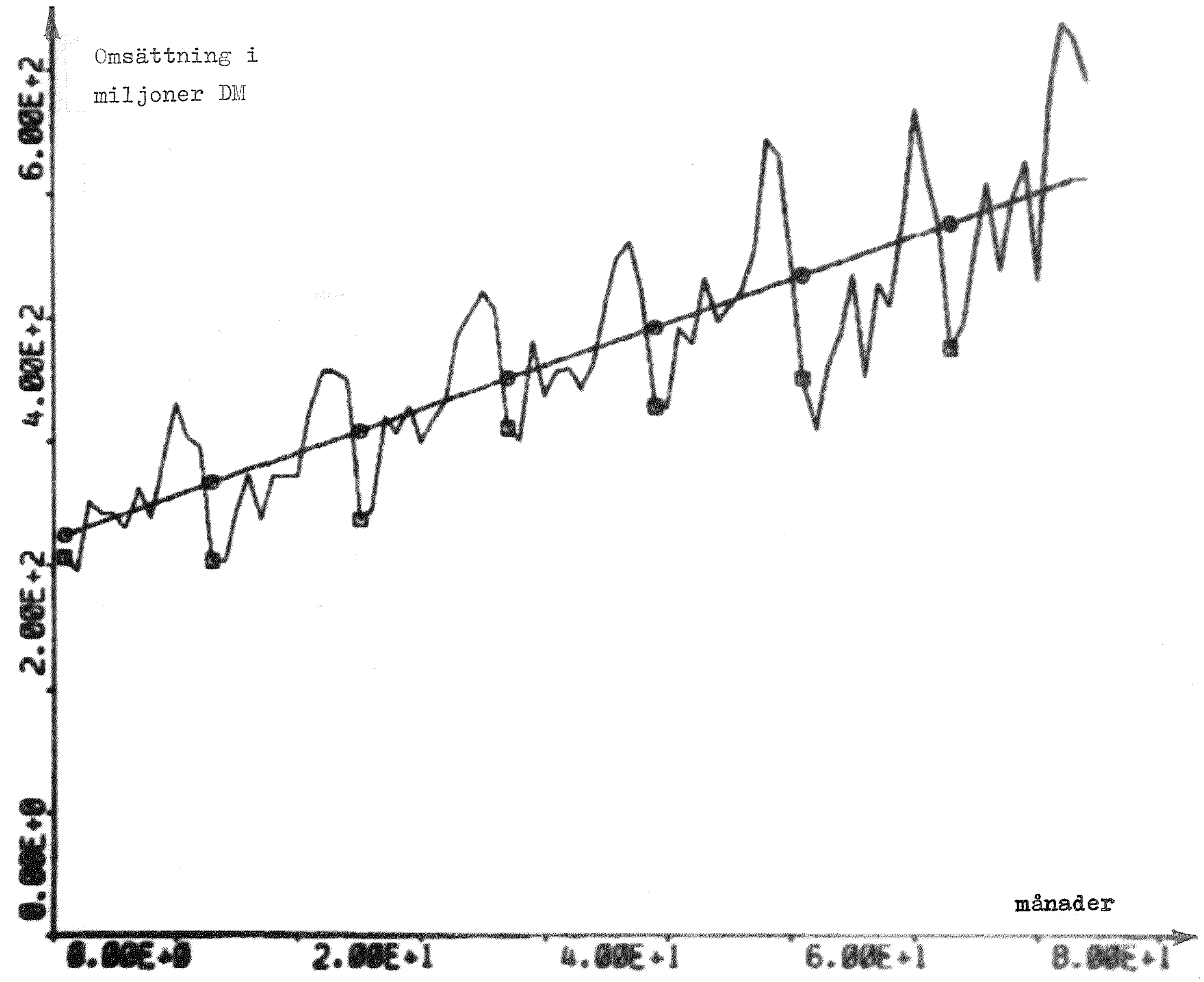

Fig. 7.23 Skogsdata med inlagd 1:a ordningens trend.

$$f_4(t) = \cos\left(\frac{2\pi t}{12} \right)$$

$$f_5(t) = \sin\left(\frac{2\pi t}{6} \right)$$

$$f_6(t) = \cos\left(\frac{2\pi t}{6} \right)$$

Detta medförde att a-parametrarna fick värdena:

$a_1(0) = 327.85$
$a_2(0) = 3.37$
$a_3(0) = -43.08$
$a_4(0) = 19.08$
$a_5(0) = -43.69$
$a_6(0) = -0.90$

Förlustfunktionsvärdet $F = 7.402 \; 10^4$

Denna modell valdes som indata till GEXP.

Modellens L-matris har utseendet:

$$\begin{matrix} 1.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 1.0 & 1.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.866 & 0.500 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & -0.500 & 0.866 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.499 & 0.866 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & -0.866 & 0.499 \end{matrix}$$

Följande resultat på medelfel och varians erhölls för prediktionsstegen, k=1,2,3,6 och 12 och viktfaktorerna, β=0.97,0.94,0.91 och 0.88.

Tabell 27.

	β =0.97		β =0.94		β =0.91		β =0.88	
k	Var.	Medf.	Var.	Medf.	Var.	Medf.	Var.	Medf.
1	2434.7	-0.13	2243.4	-4.07	1853.7	-4.14	2133.8	-4.00
2	3092.1	0.37	3569.3	-4.43	3930.9	-4.64	4723.2	-4.06
3	3199.0	-0.11	3766.5	-5.52	4143.2	-6.12	4862.2	-5.69
6	3287.1	-0.30	3941.4	-6.28	4362.1	-7.34	4899.7	-7.26
12	3288.7	1.49	4142.0	-6.45	4982.2	-9.08	7273.6	-9.89

Figur 7.25 visar prediktionen vid prediktionssteget tre månader och med viktfaktorn $\beta = 0.97$

Prediktionsfelet har ökande amplitud (Se fig. 7.26) vilket medför att summa prediktionsfel i kvadrat (Se fig. 7.27) får en ökande lutning.

För alla prediktionssteg utom ett fås minsta varians och medelfel för $\beta = 0.97$, d.v.s. stor hänsyn tas till gamla uppmätta data.

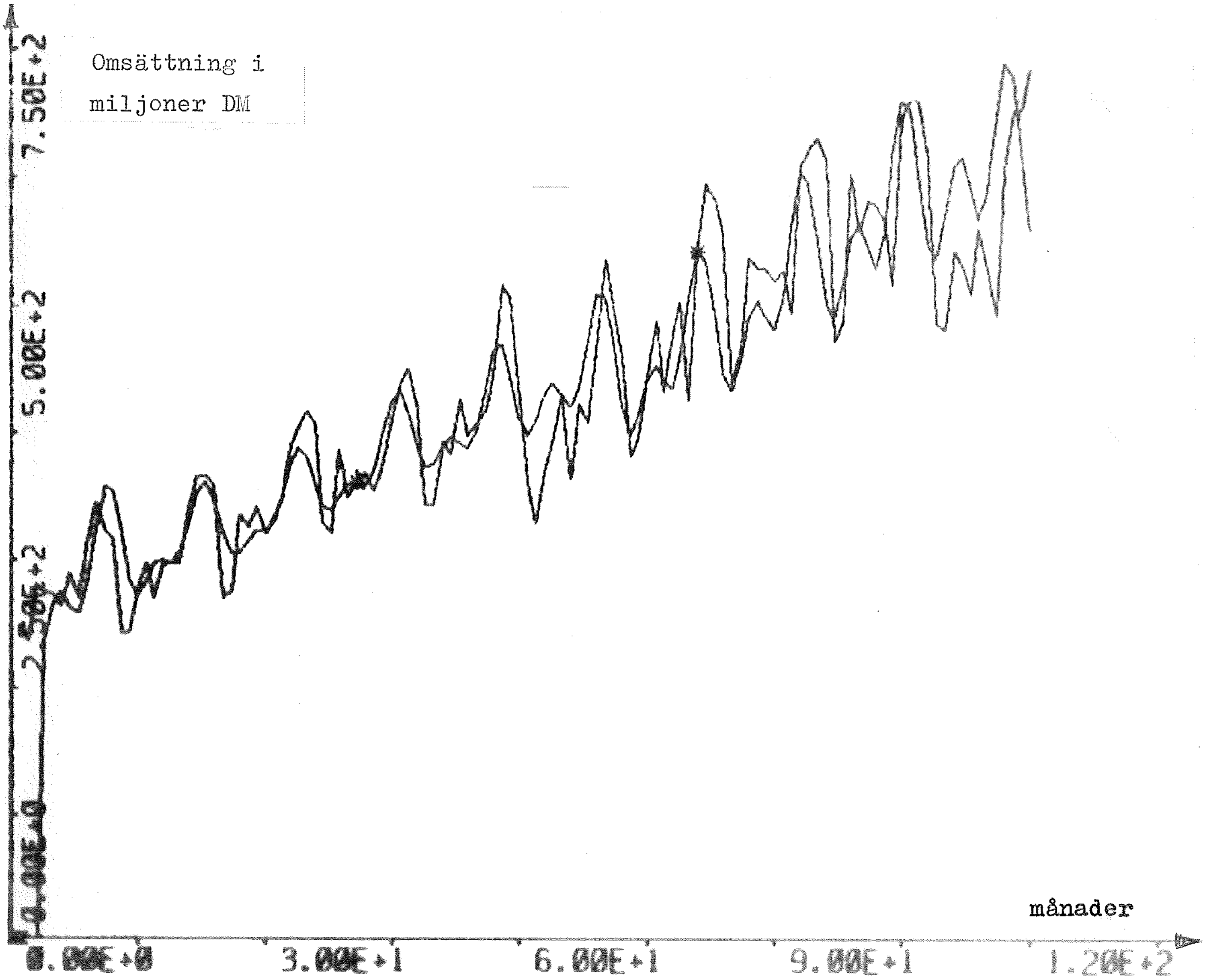

Fig. 7.25 Prediktionen av Skogsdata med generell exponentiell utjämning med k=3 och β=0.97. Skogsdata = I , Prediktionen av Skogsdata = *.

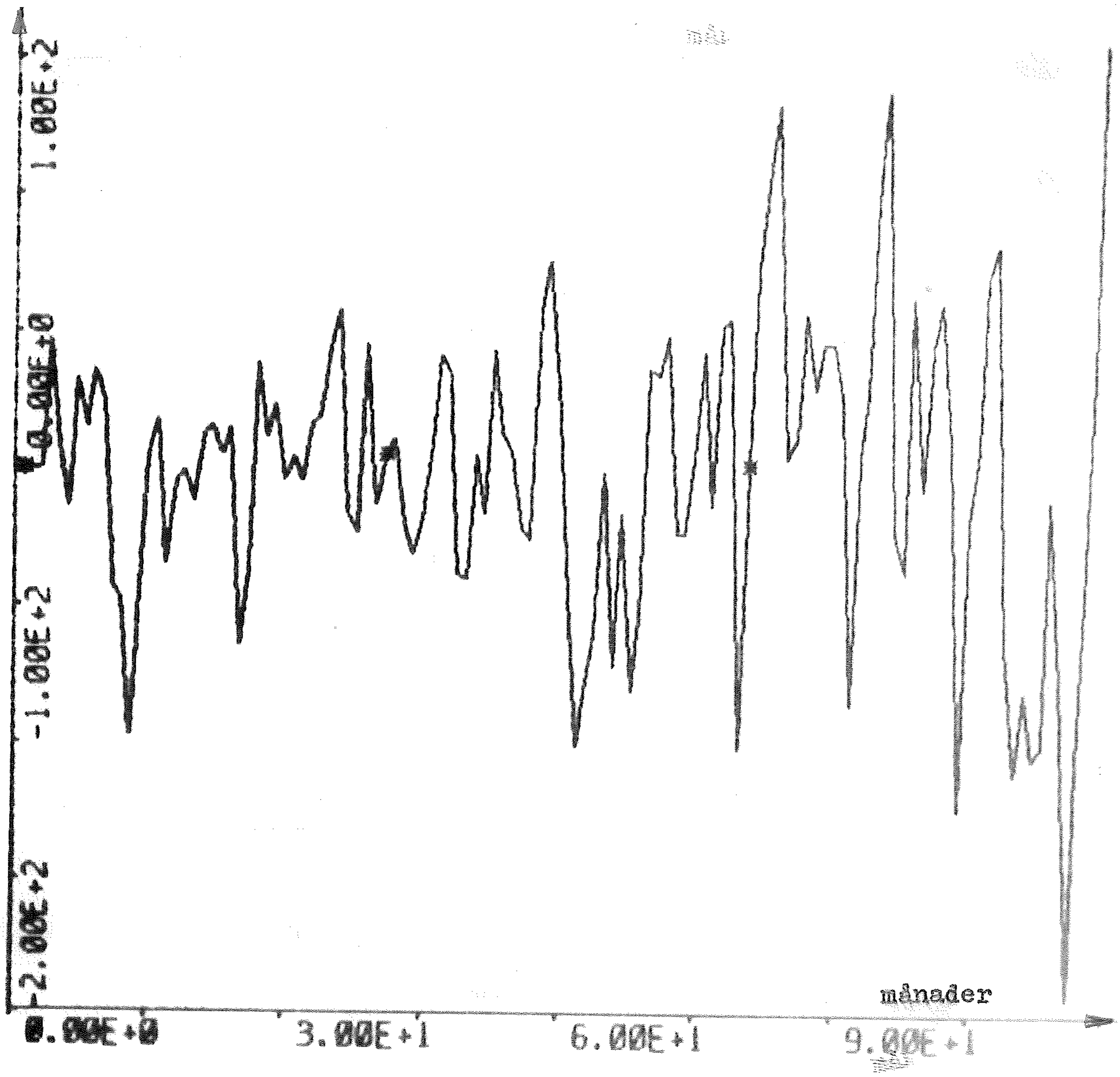

Fig. 7.26 Prediktionsfelet vid prediktion av Skogsdata med generell exponentiell utjämning med k=3 och β=0.97.

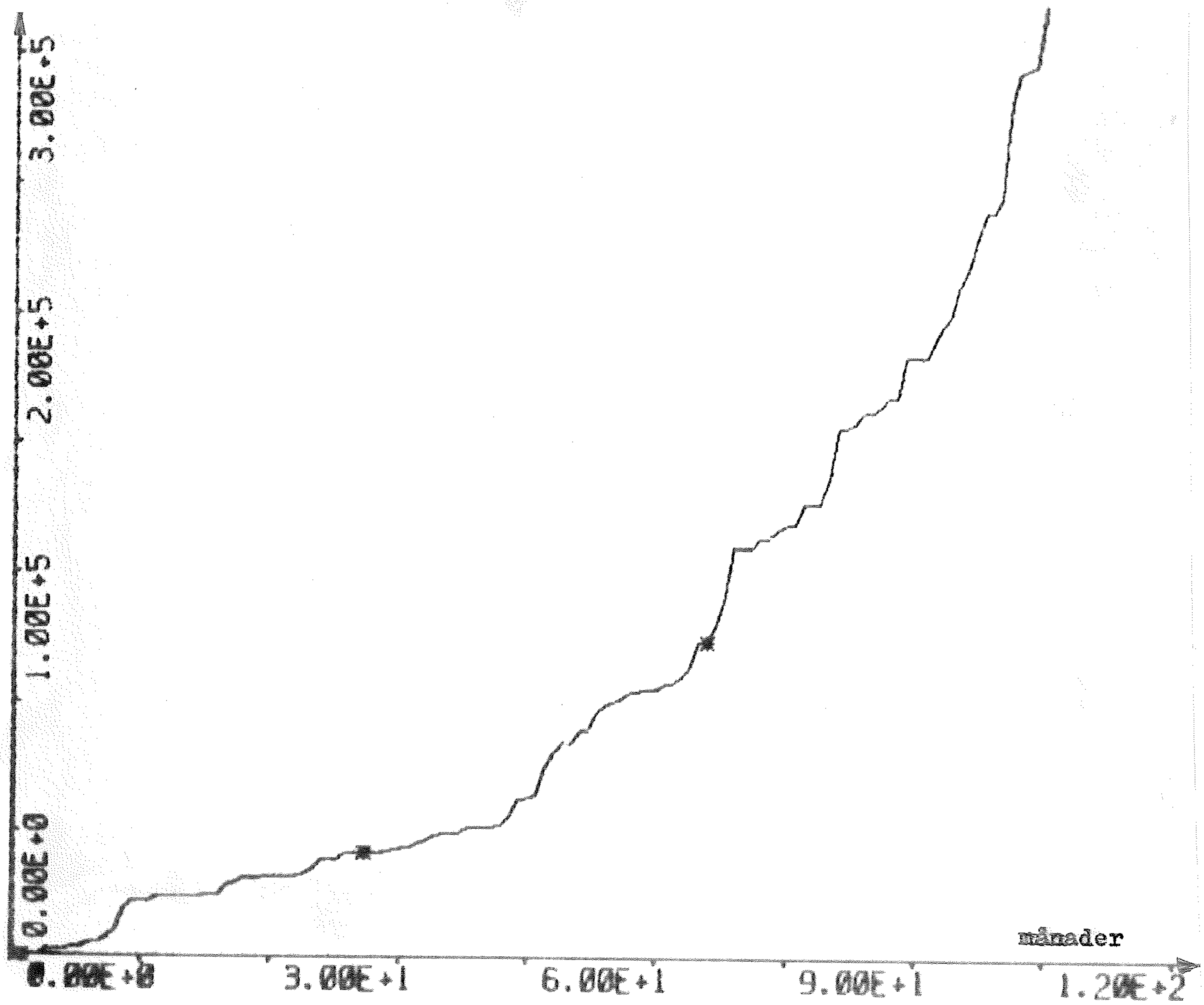

Fig. 7.27 Summa prediktionsfel i kvadrat vid prediktion av Skogsdata med generell exponentiell utjämning med k=3 och β=0.97.

8. PREDIKTIONSRESULTAT MED MINIMALVARIANSPREDIKTION DÅ KÄND DEL ÄR FRÅNDRAGEN

Med denna metod behandlade vi Flygdata. Tillvägagångssättet redovisades i kapitel 3.4.1.

8.1 Flygdata

Den kända delen, $y_d(t)$ (se kapitel 7.2), som är baserad på de 96 första data, befanns vara

$$y_d(t) = 118.77 + 1.23\cdot t + 0.03\cdot t(t-1)/2 - 9.10 \sin\left(\frac{2\pi\cdot t}{12}\right) - \\ - \cos\left(\frac{2\pi\cdot t}{12}\right)$$

Vid projektarbetet i prognosmetoder / 2 / konstaterades, att en tredje ordningens modell var den som var mest signifikant. Det fastlades också att modellen innehöll en tolvmånaderssvängning.

Vi har i detta arbete valt en femte ordningens modell (se nedanstående hypotestest). Vid kontroll av denna modells poler, får man fram att den innehåller en 12- och en 19-månaderssvängning.

I figur 8.1 finns ursprungsdata och med funktionen genererade data inlagd.

Funktionen $y_d(t)$ subtraherades från ursprungsdata och på återstoden blev modellen m.h.a. ML-identifiering (Se appendix A8) (Se fig. 8.2).

$$y(t)\left[1 - 1.35q^{-1} + 1.80q^{-2} - 0.17q^{-3} + 0.38q^{-4} + 0.06q^{-5}\right] = \\ = 12.43\left[1 - 0.82q^{-1} + 1.18q^{-2} + 0.46q^{-3} - 0.29q^{-4} + 0.65q^{-5}\right]\cdot e(t)$$

Kovariansfunktionen för residualerna för denna modell framgår av figur 8.3.

Genom identifiering (se kapitel 3.4) erhölls G^*- och F^*-polynomen enligt nedan

<u>k=1</u> $F^*(q^{-1}) = 1$

$$G^*(q^{-1}) = 0.538 - 0.620q^{-1} + 1.176q^{-2} - 0.662q^{-3} + 0.590q^{-4}$$

k=2 $\overset{*}{F}(q^{-1}) = 1 + 0.538q^{-1}$

$\overset{*}{G}(q^{-1}) = 0.109 + 0.208q^{-1} - 0.277q^{-2} + 0.393q^{-3} - 0.034q^{-4}$

k=3 $\overset{*}{F}(q^{-1}) = 1 + 0.538q^{-1}+0.109q^{-2}$

$\overset{*}{G}(q^{-1}) = 0.355 - 0.473q^{-1} + 0.470q^{-2} - 0.074q^{-3} - 0.007q^{-4}$

k=6 $\overset{*}{F}(q^{-1}) = 1 + 0.538q^{-1} + 0.109q^{-2} + 0.355q^{-3} + 0.008q^{-4} - 0.157q^{-5}$

$\overset{*}{G}(q^{-1}) = -0.048 + 0.151q^{-1} + 0.138q^{-2} + 0.057q^{-3} + 0.010q^{-4}$

k=12 $\overset{*}{F}(q^{-1}) = 1 + 0.538q^{-1} + 0.109q^{-2} + 0.355q^{-3} + 0.008q^{-4} - 0.157q^{-5} - 0.048q^{-6} + 0.086q^{-7} + 0.065q^{-8} - 0.044q^{-9} - 0.086q^{-10} - 0.021q^{-11}$

$\overset{*}{G}(q^{-1}) = 0.067 - 0.012q^{-1} + 0.020q^{-2} + 0.013q^{-3} + 0.001q^{-4}$

Sammanfattning av hypotestesten för val av modellens ordning.

Ordn. (i)	Förlustfunktion (V_i)
1	$1.23\ 10^4$
2	$1.01\ 10^4$
3	$0.93\ 10^4$
4	$0.78\ 10^4$
5	$0.74\ 10^4$

Steget för förlustfunktionen	Testkvantitet	Tabellerat värde
$1 \to 2$	10.0	3.10
$2 \to 3$	3.9	3.10
$3 \to 5$	5.5	2.48
$4 \to 5$	2.3	3.10

C-polynomen i 4:e och 6:e ordningens modeller blev instabila. 5:e ordningens modell valdes, eftersom steget för förlustfunktionen från 4:e till 5:e ordningens modell måste vara mindre eller lika med $V_5 - V_4$ och då detta steg ej är signifikant, kan steget till högre ordning från 5:e ordningen, ej vara signifikant.

Värden på medelfel och varians erhölls enligt nedan

k	Medelfel	Varians	Förväntad varians	$\frac{\sum_{i=k+4}^{96}(x_i-\hat{x}_i)^2}{92-k}$
1	-3.9	599.8	154.6	438
2	-5.9	725.6	199.3	345
3	-6.2	768.2	201.2	352
6	-6.9	807.3	224.5	230
12	-7.2	796.6	228.1	244

Prediktionen, prediktionsfelet och summa prediktionsfel i kvadrat för prediktionssteget, k=1 månad framgår av figurerna 8.4 - 8.6. Figur 8.7 visar prediktionen för prediktionssteget, k=12 månader.

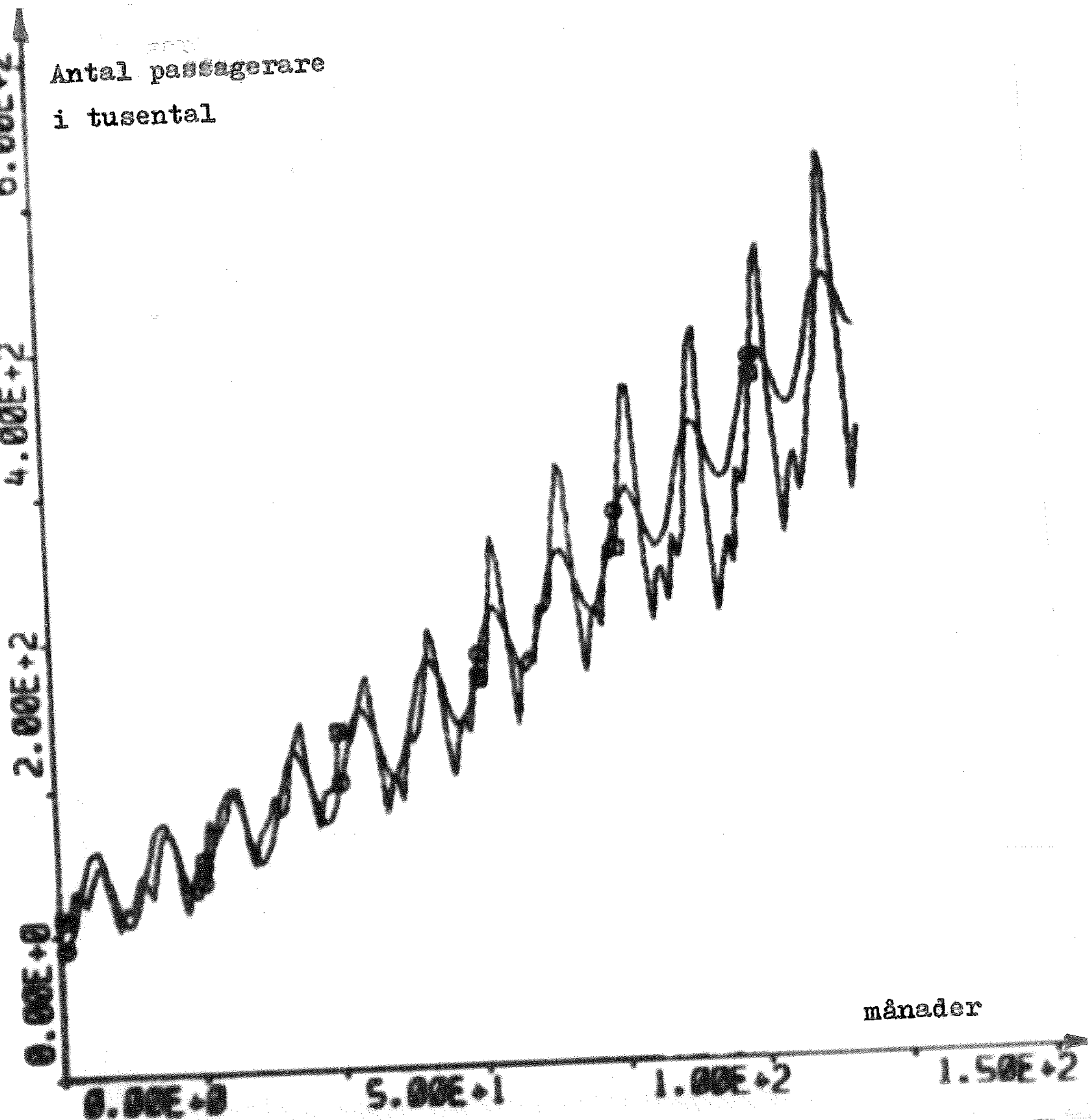

Fig. 8.1 Flygdata med den kända delen, $y_d(t)$, inlagd.

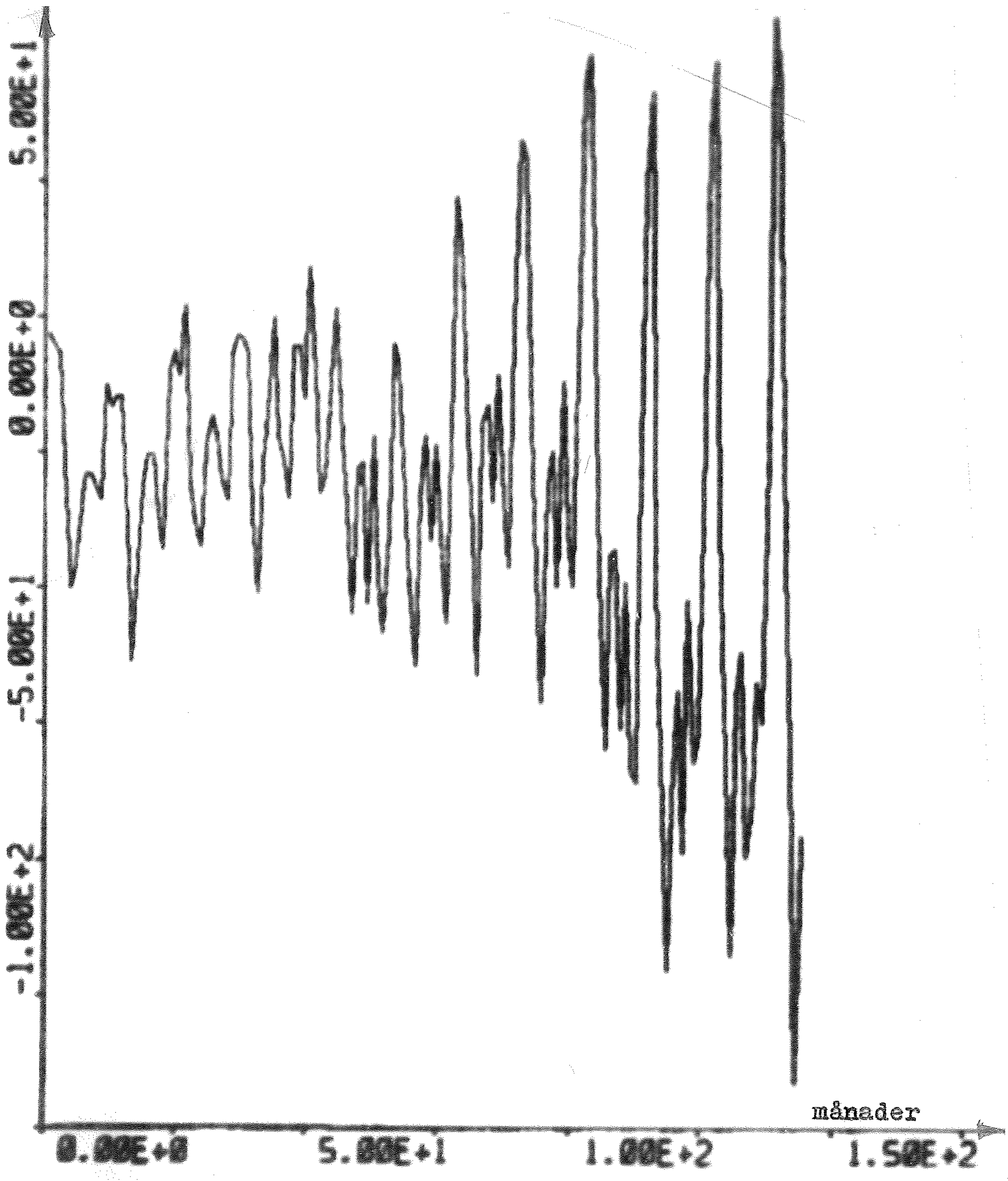

Fig. 8.2 Data som ligger till grund för ML-identifiering av Flygdata.

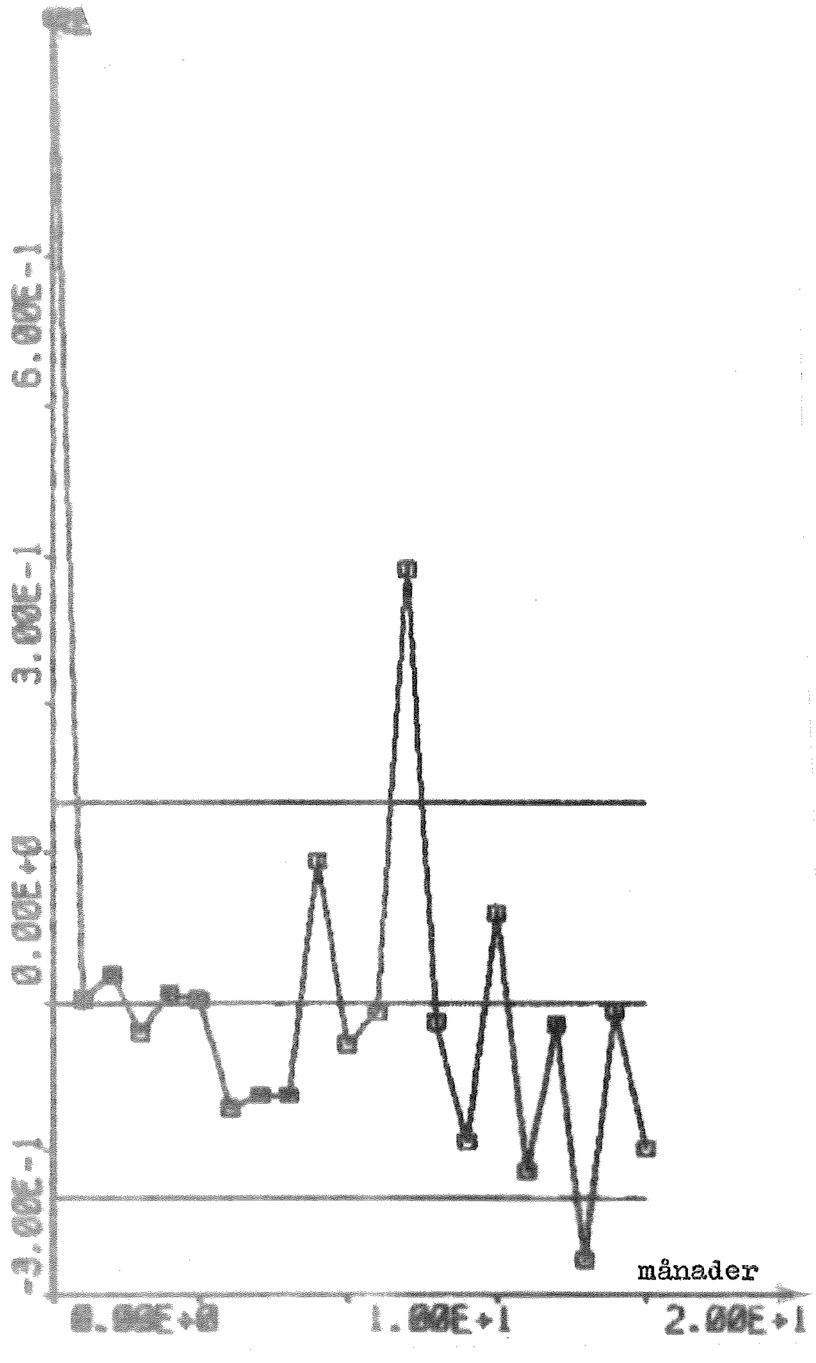

Fig. 8.3 Kovariansfunktionen för residualerna för 5:e ordningens modell.

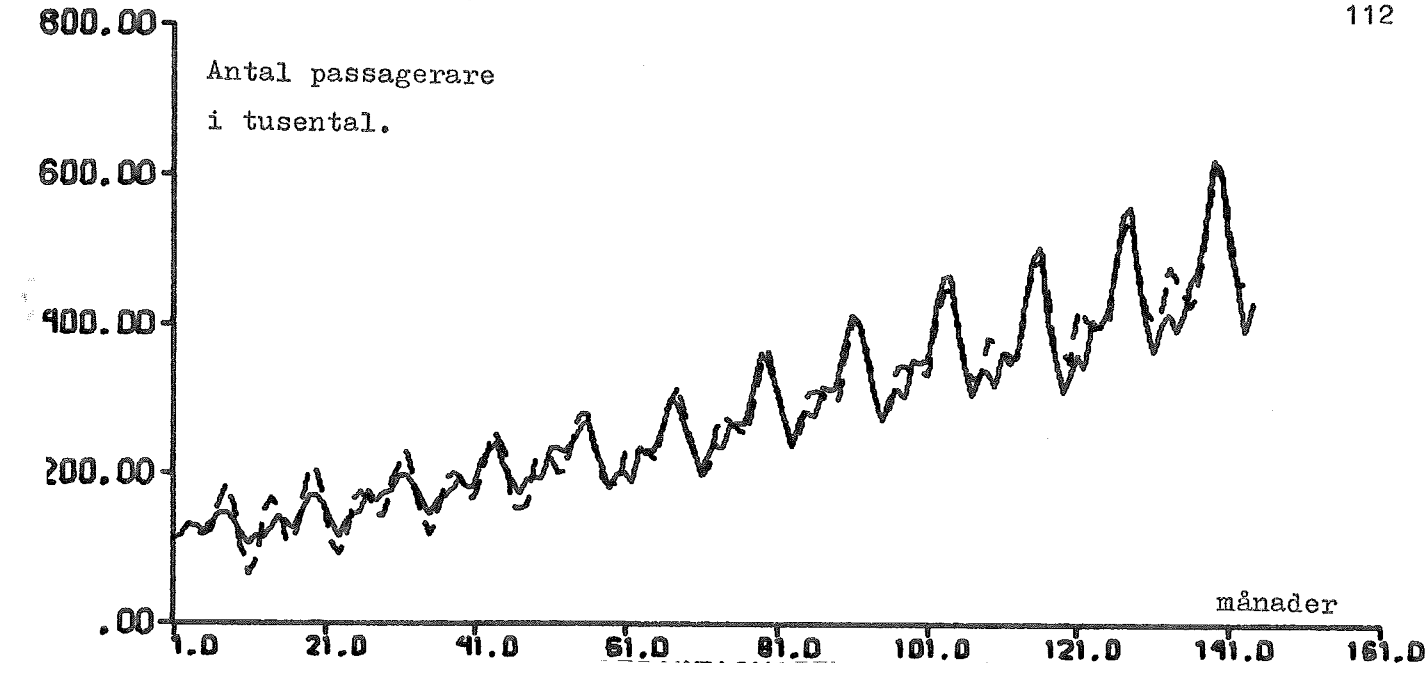

Fig. 8.4 Prediktionen av Flygdata med minimalvariansprediktion med k=1. -------- = prediktionen.

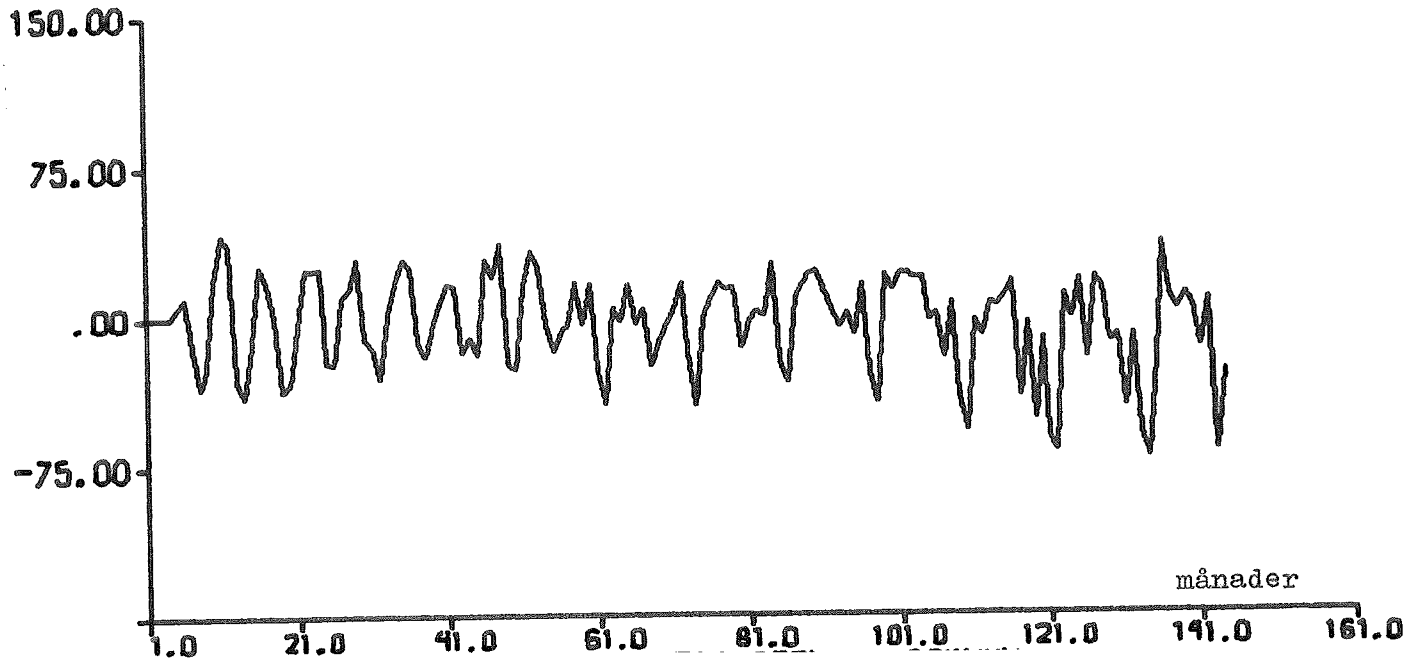

Fig. 8.5 Prediktionsfelet vid prediktion av Flygdata med minimalvariansprediktion med k=1.

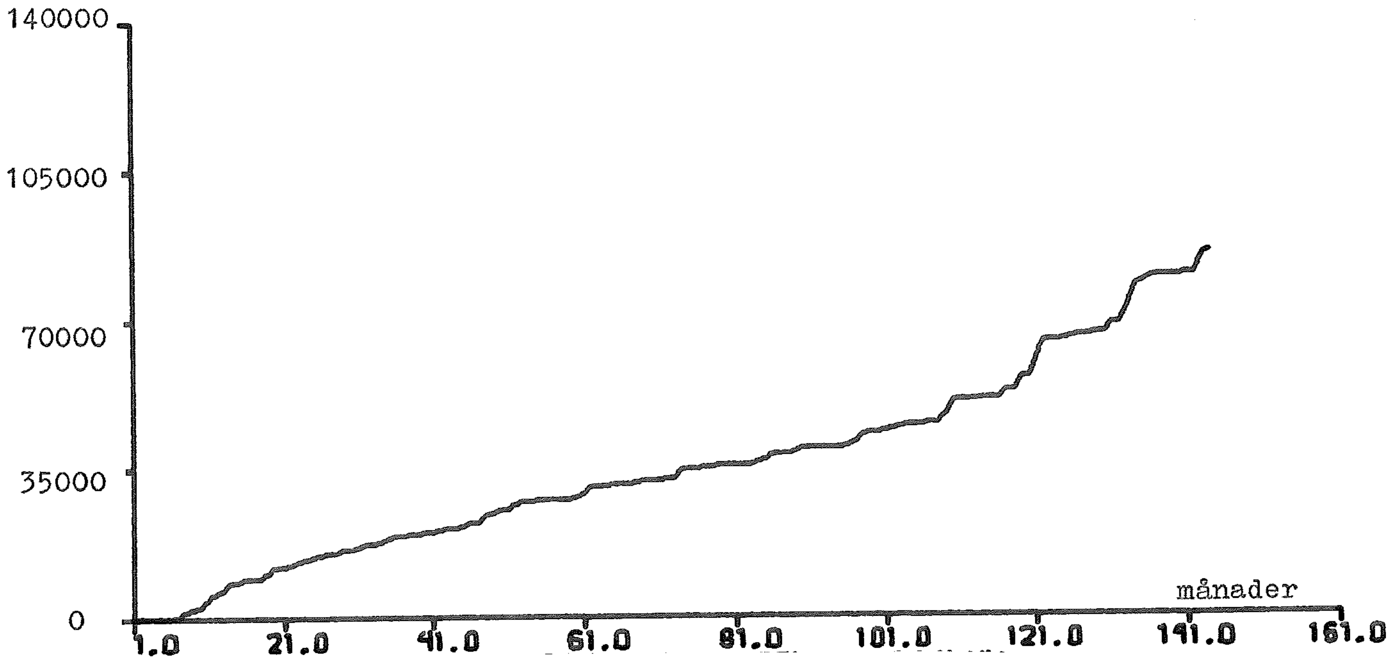

Fig. 8.6 Summa prediktionsfel i kvadrat vid prediktion av Flygdata med minimalvariansprediktion med k=1.

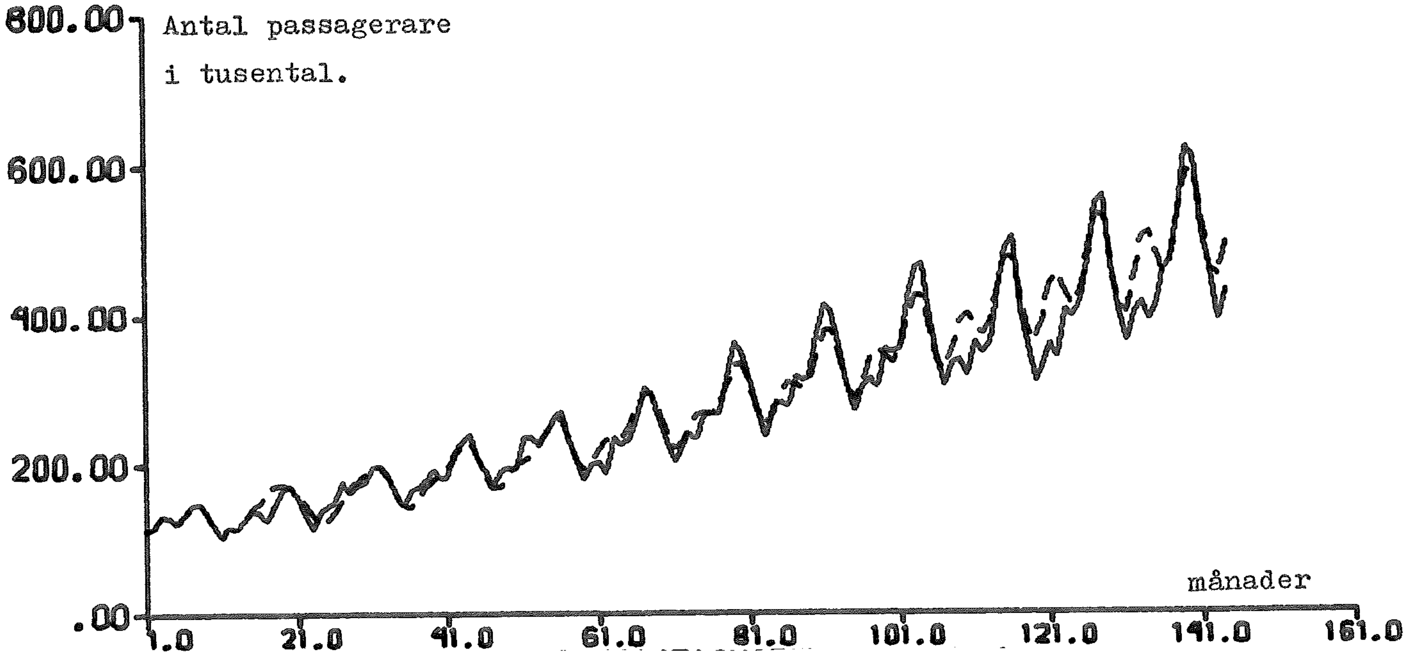

Fig. 8.7 Prediktionen av Flygdata med minimalvariansprediktion med k=12. ------ = prediktionen.

8.2 Test av hur komplex den kända delen skall vara

För att bestämma den metod, enbart trendavdragning eller känd del fråndragen, som med minimalvariansprediktion ger den bästa prediktionen, testas dessa på genererade data.

Vi har antagit att modellens utseende är

$$y(t) = x(t) + e(t)$$

där e(t) är en stokastisk process med medelvärde noll.

Vi vill jämföra de två redovisade tillvägagånssätten att prediktera med minimalvariansprediktion, på data som har ovanstående utseende.

Konstruktion av data

Vi genererade en serie data, vars utseende var

$$y(t) = -1.20 \cdot y(t-1) + 0.72 \cdot y(t-2) + 1.00 \cdot e(t) - 0.60 \cdot e(t-1) + \\ + 0.13 \cdot e(t-2)$$

Denna modell genererar data med en 8-månaderssvängning. Här är e(t) vitt brus tillhörande N(0,1). Till dessa data adderas sedan en nivå, 20.0, och en svängning, $10 \sin\left(\frac{2\pi \cdot t}{12}\right)$, (se figur 8.8).

Metod 1. Enbart identifiera trend och därefter göra minimalvariansprediktion

Vi testade en 0:e och en 1:a ordningens trend på de 96 första värdena. Vi valde 0:e ordningens trend med nivån 20.01. Återstoden visas på figur 8.9.
Kovariansfunktionen för residualerna över dessa data framgår av figur 8.10. På dessa data, som visas i figur 8.9, gjordes en 3:e-, 4:e- och 5:e ordningens ML-identifiering (Se appendix A8).
Med hjälp av hypotestest undersöktes om någon signifikant förbättring i modellerna erhölls, när ordningen ökades. Vid utförandet av testen utnyttjades förlustfunktionen.

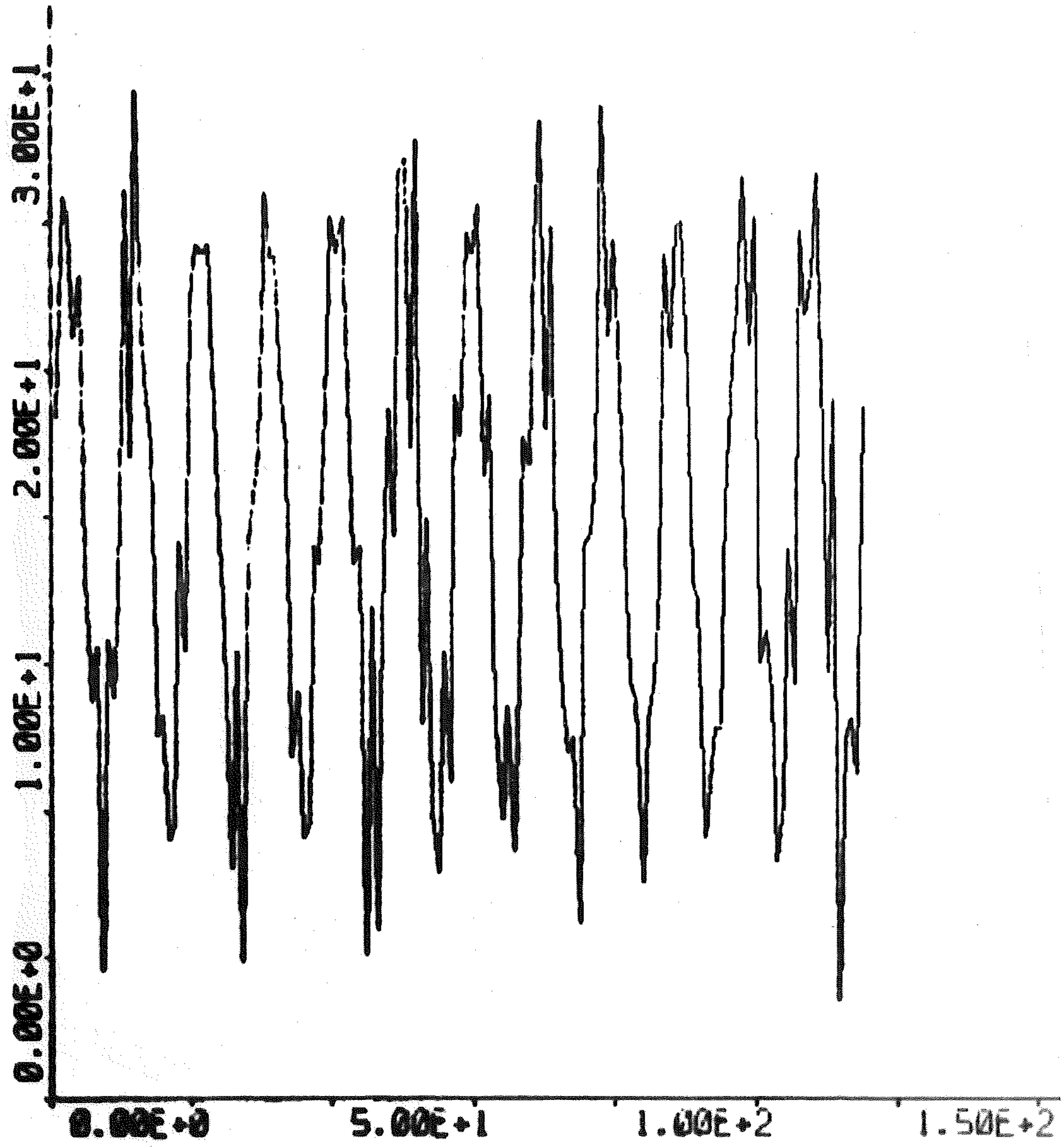

Fig. 8.8 Den genererade dataserien med adderad nivå, 20.0, och en svängning, 10 $\sin(\frac{2\pi \cdot t}{12})$.

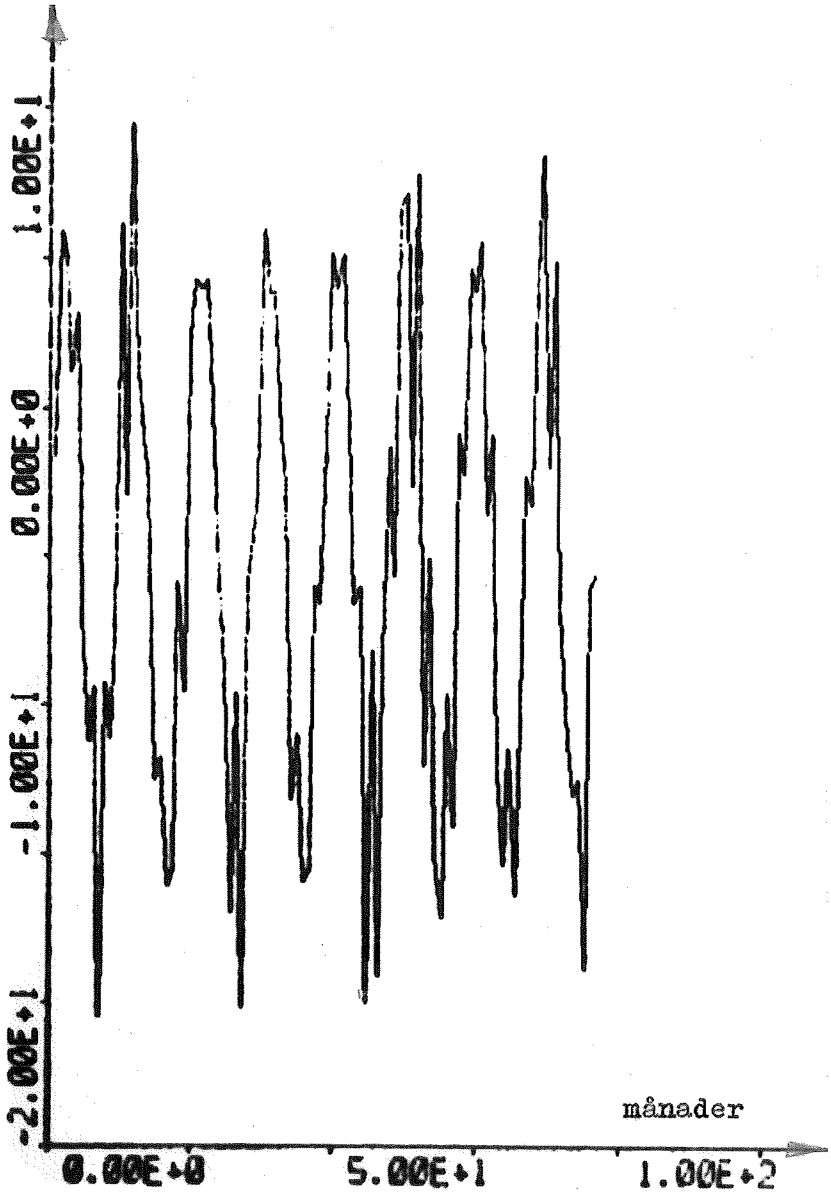

Fig. 8.9 Data som ligger till grund för ML-identifiering enligt metod 1.

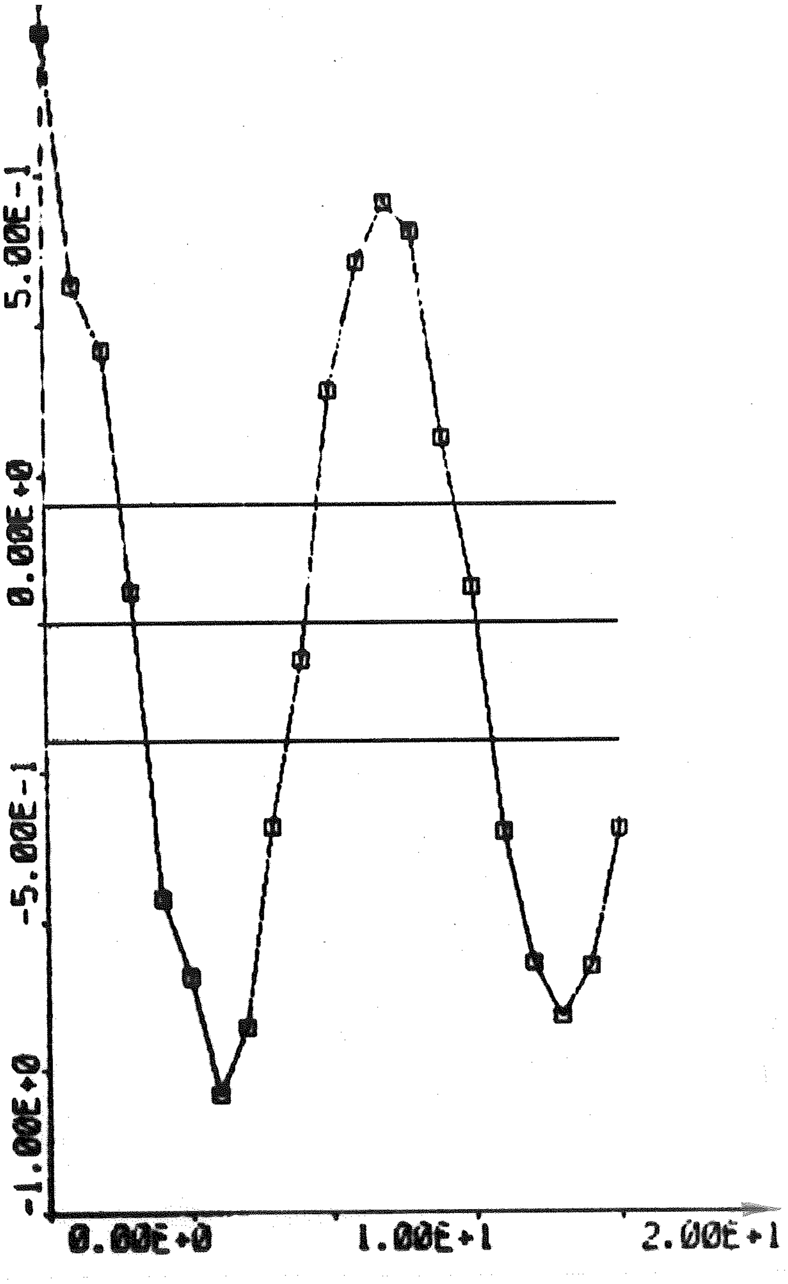

Fig. 8.10 Kovariansfunktionen för residualerna för indata.

Sammanfattning av hypotestesten:

Ordn. (i)	Förlustfunktion (V_i)
3	397.07
4	308.70
5	308.66

Steget för förlustfunktionen	Testkvantitet	Tabellerat värde
$3 \rightarrow 4$	12.60	3.10
$4 \rightarrow 5$	0.01	3.10

Av tabellen framgår att ingen signifikant förbättring fås, för steget för förlustfunktionen från 4:e till 5:e ordningens modell. En 4:e ordningens modell valdes således.
Kovariansfunktionen för residualerna till modellen framgår av figur 8.11.

Modellen fick följande utseende

$$y(t)\left[1 - 0.53q^{-1} - 0.37q^{-2} - 0.04q^{-3} + 0.72q^{-4}\right] = 2.54\left[1 - \right.$$
$$\left. - 0.90q^{-1} + 0.71q^{-2} - 0.32q^{-3} + 0.10q^{-4}\right] e(t)$$

Vid kontroll av modellens poler, framkom det att modellen innehöll svängningar med periodicteten tolv och åtta månader. Tolvmånaderssvängningen härrör från den pålagda tolvmånaders sinussvängning och åttamånaderssvängningen från det pålagda dynamiska bruset.

Genom identifiering (se kapitel 3.4) erhölls $\overset{*}{G}$- och $\overset{*}{F}$-polynomen, för olika prediktionsstegslängder,k, enligt nedan

<u>k=1</u> $\quad \overset{*}{F}(q^{-1}) = 1$
$\qquad \overset{*}{G}(q^{-1}) = -0.37 + 1.08q^{-1} - 0.28q^{-2} -0.62q^{-3}$

<u>k=2</u> $\quad \overset{*}{F}(q^{-1}) = 1 - 0.37q^{-1}$
$\qquad \overset{*}{G}(q^{-1}) = 0.88 -0.42q^{-1} -0.63q^{-2} + 0.27q^{-3}$

<u>k=3</u> $\quad \overset{*}{F}(q^{-1}) = 1 - 0.37q^{-1} + 0.88q^{-2}$
$\qquad \overset{*}{G}(q^{-1}) = 0.05 - 0.31q^{-1} + 0.30q^{-2} - 0.64q^{-3}$

<u>k=6</u> $\quad \overset{*}{F}(q^{-1}) = 1 - 0.37q^{-1} + 0.88q^{-2} + 0.05q^{-3} - 0.28q^{-4} + 0.17q^{-5}$

$$\overset{*}{G}(q^{-1}) = -0.65 + 0.02q^{-1} + 0.21q^{-2} - 0.12q^{-3}$$

<u>k=12</u>

$$\overset{*}{F}(q^{-1}) = 1 - 0.37q^{-1} + 0.88q^{-2} + 0.05q^{-3} - 0.28q^{-4} + 0.17q^{-5} - 0.65q^{-6} - 0.32q^{-7} - 0.20q^{-8} - 0.37q^{-9} + 0.19q^{-10} + 0.19q^{-11}$$

$$\overset{*}{G}(q^{-1}) = 0.29 + 0.35q^{-1} - 0.13q^{-2} - 0.13q^{-3}$$

Värden på varians och medelfel:

k	Medelfel	Varians	Förväntad varians	$\frac{\sum_{i=k+4}^{96}(x_i - x_i)^2}{92-k}$
1	-0.03	3.72	6.45	3.60
2	-0.06	6.30	7.33	6.56
3	-0.01	9.07	12.33	9.40
6	-0.03	9.61	13.04	9.80
12	0.01	11.10	18.03	10.95

Figurerna 8.12 - 8.14 visar prediktionen, prediktionsfelet och summa prediktionsfel i kvadrat för prediktionssteget, k=1 månad.

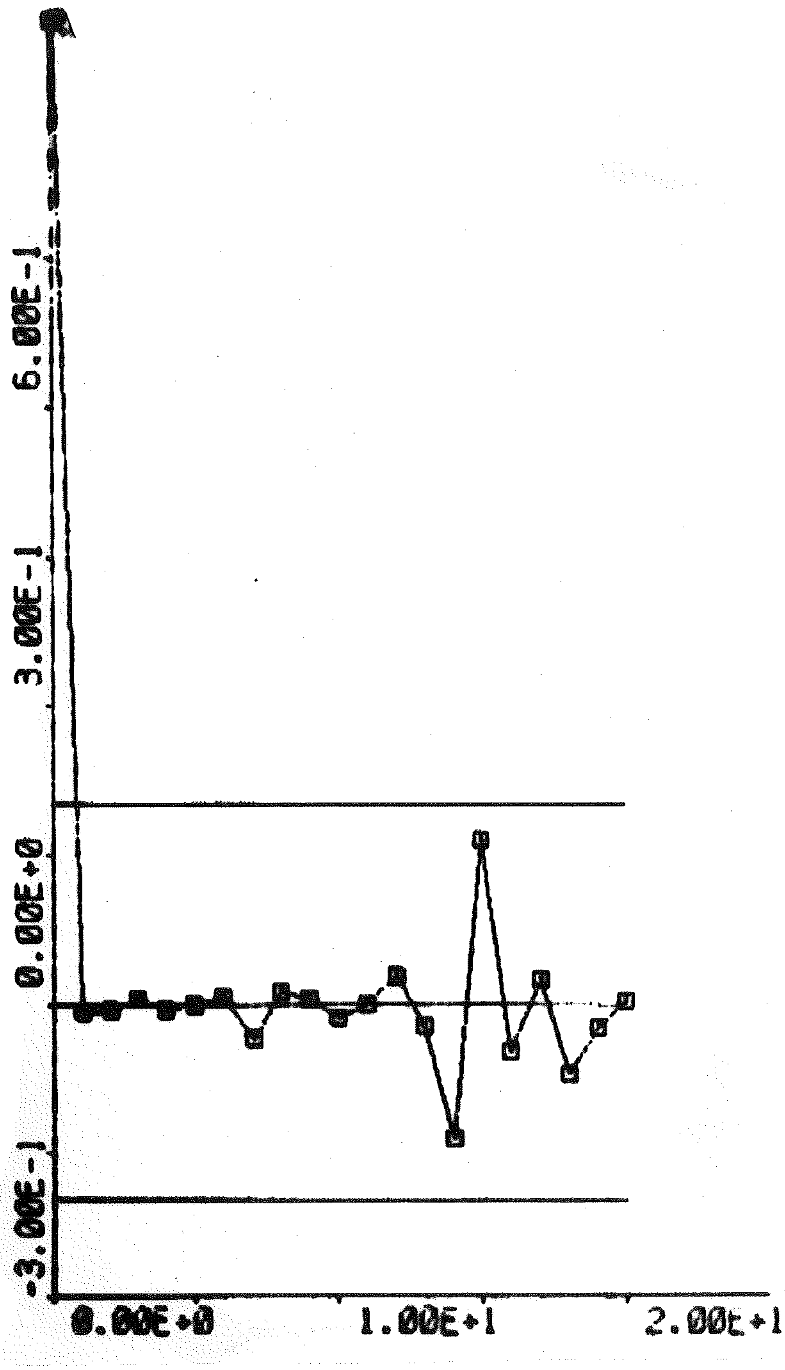

Fig 8.11 Kovariansfunktionen för residualerna till 4:e ordningens modell.

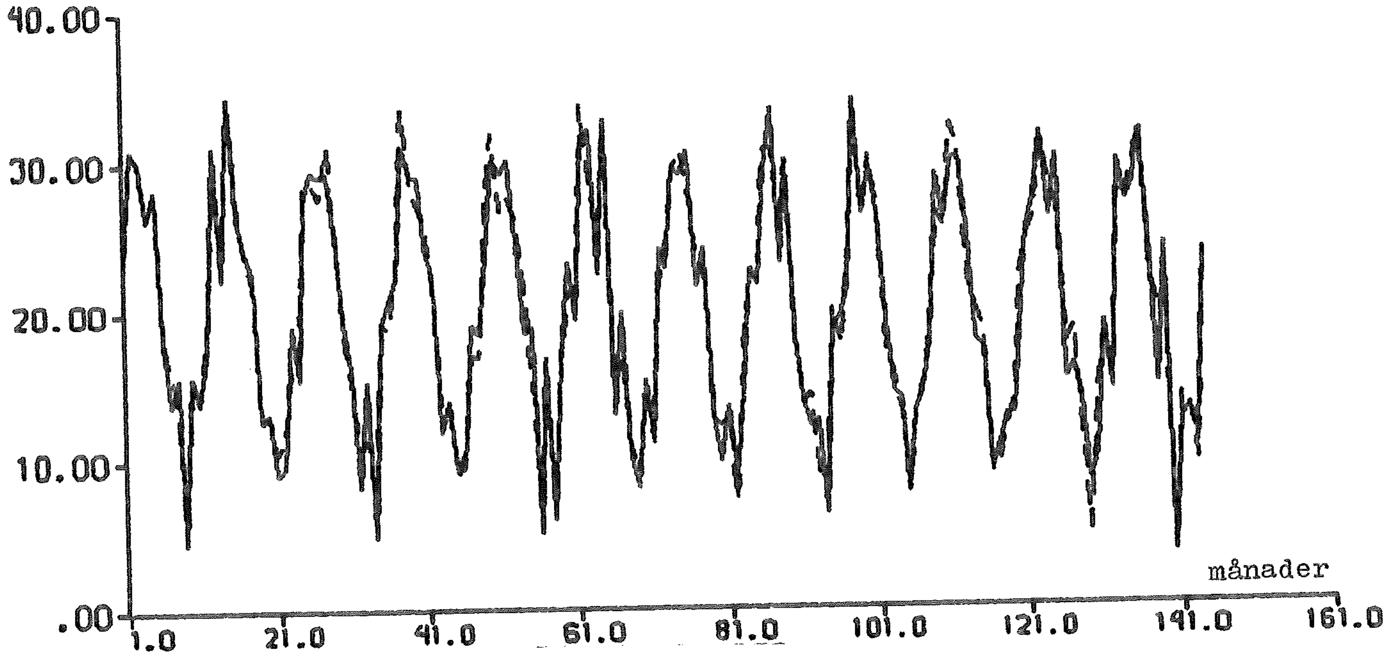

Fig. 8.12 Prediktionen av data enligt metod 1 med minimal-
variansprediktion med k=1. ----- = prediktionen.

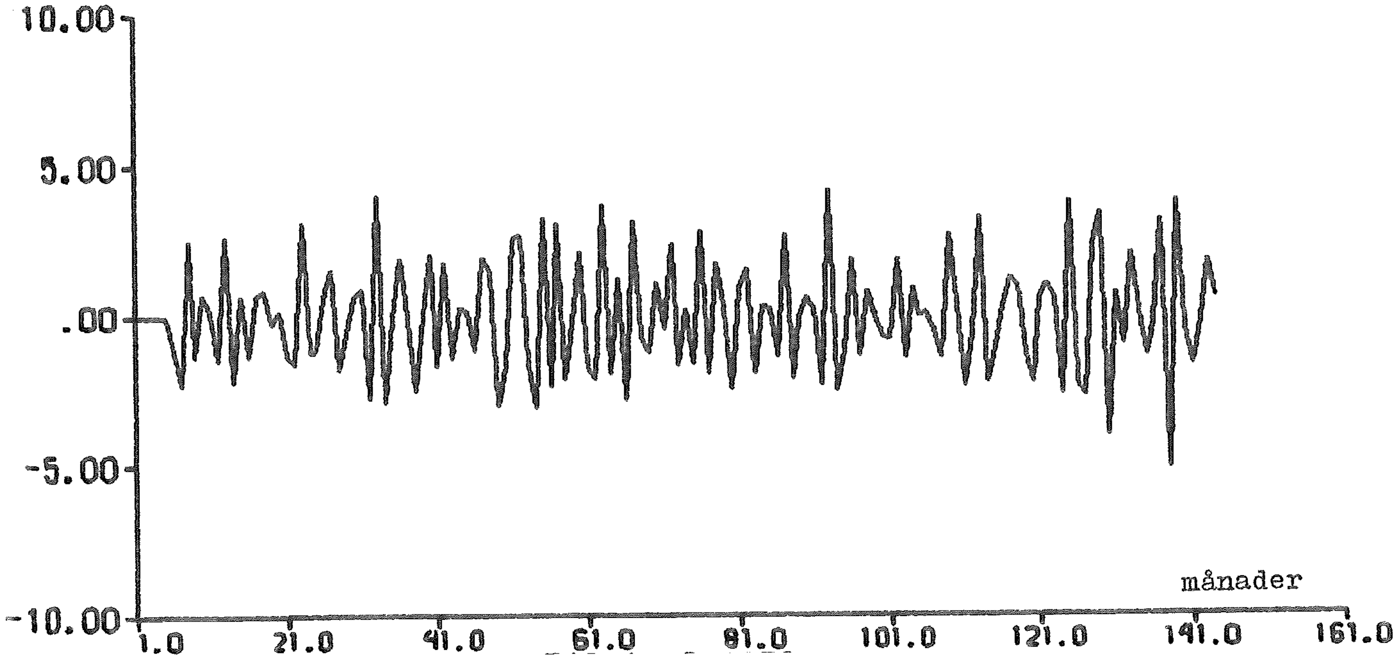

Fig. 8.13 Prediktionsfelet vid prediktion av data enligt
metod med minimalvariansprediktion med k=1.

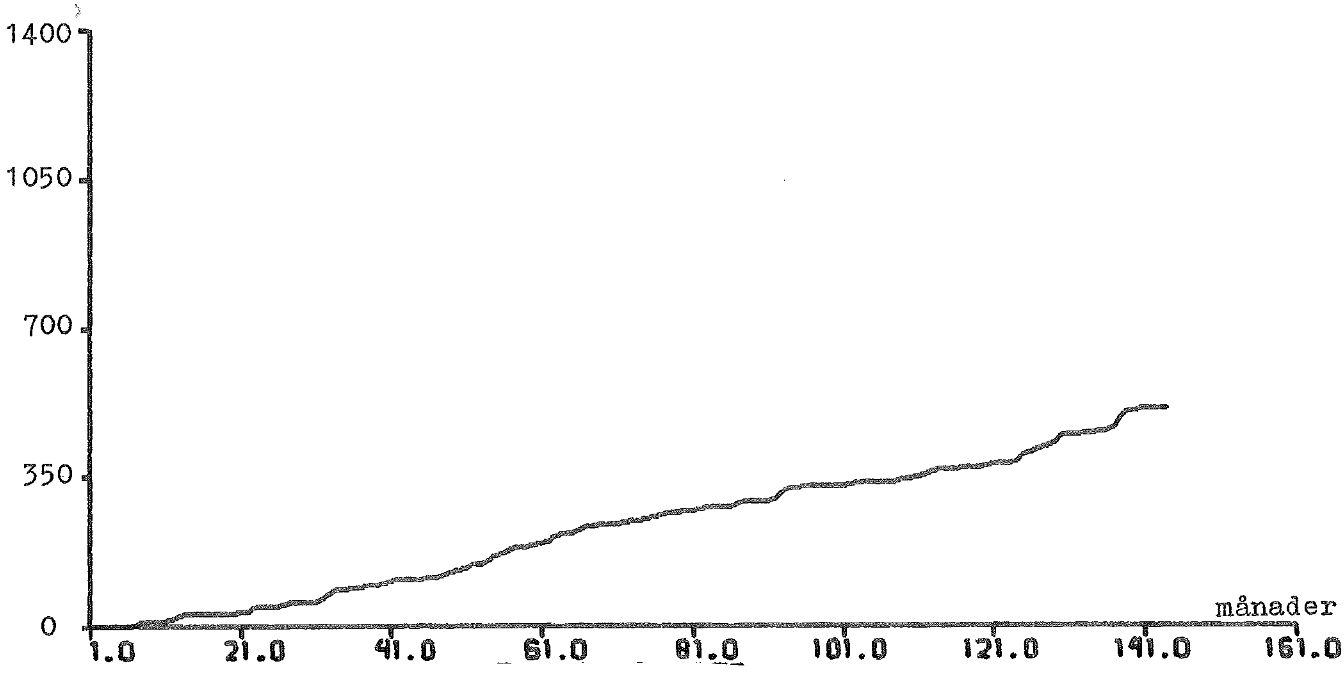

Fig. 8.14 Summa prediktionsfel i kvadrat av data enligt metod
1 med minimalvariansprediktion med k=1.

Metod 2 Identifiera trend och svängning och därefter görs minimalvariansprediktion

Från metod 1 framgick att det fanns en nivå och av figur 8.10 framgick det att det fanns en tolvmånaderssvängning. Parametrarna för dessa bestämmdes i dataprogrammet MINKO (se appendix A2).

Funktionens utseende blev

$$20.01 + 10.01 \sin\left(\frac{2\pi \cdot t}{12}\right) + 0.08 \cos\left(\frac{2\pi \cdot t}{12}\right)$$

Denna funktion dras ifrån den genererade dataserien och återstoden visas i figur 8.15. Kovariansfunktionen för residualerna över dessa data framgår av figur 8.16.

På de data som visades i figur 8.15 gjordes en 1:a, 2:a och 3:e ordningens ML-identifiering(Se appendix A8).

P.s.s. som i metod 1 gjordes m.h.a. hypotestest en undersökning, om någon signifikant förbättring i modellerna erhölls, då ordningen ökades. Även här utnyttjades förlustfunktionen vid utförandet av testen.

Sammanfattning av hypotestesten:

Ordn. (i)	Förlustfunktionen (V_i)
1	87.77
2	42.07
3	41.92

Steget för förlustfunktionen	Testkvantitet	Tabellerat värde
$1 \rightarrow 2$	49.8	3.10
$2 \rightarrow 3$	1.4	3.10

Andra ordningens modell valdes, eftersom ingen signifikant förbättring erhölls för steget för förlustfunktionen från 2:a till 3:e ordningens modell.

Kovariansfunktionen för residualerna till modellen framgår av figur 8.17.

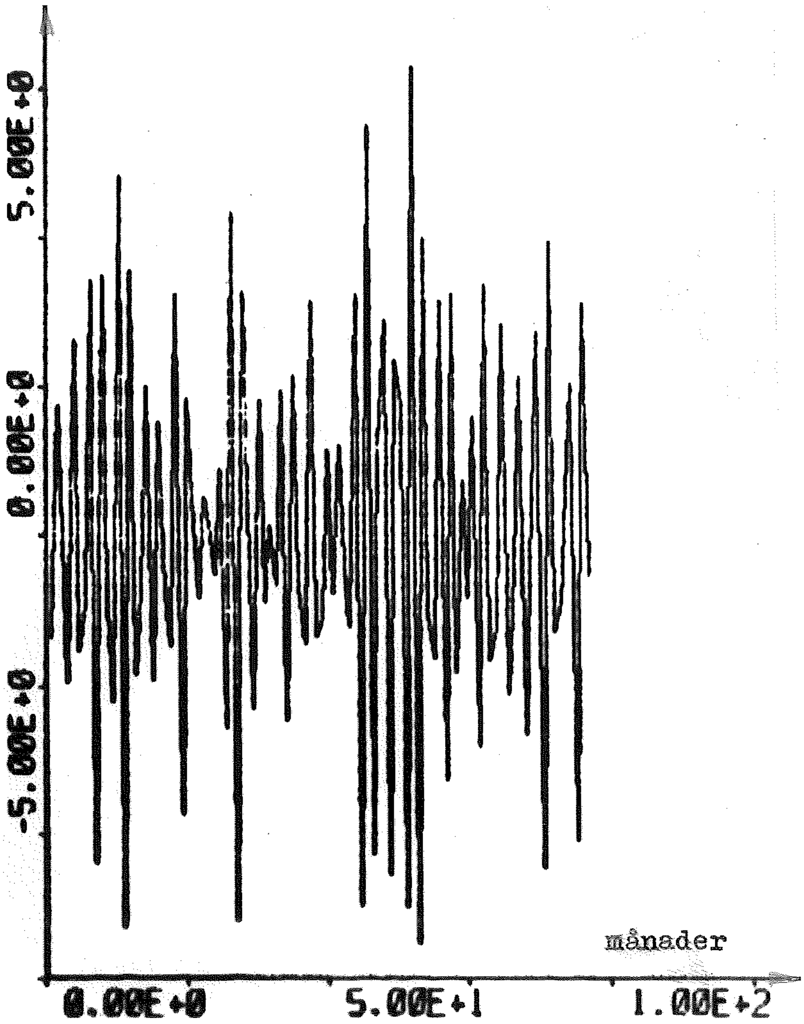

Fig. 8.15 Data som ligger till grund för ML-identifiering enligt metod 2.

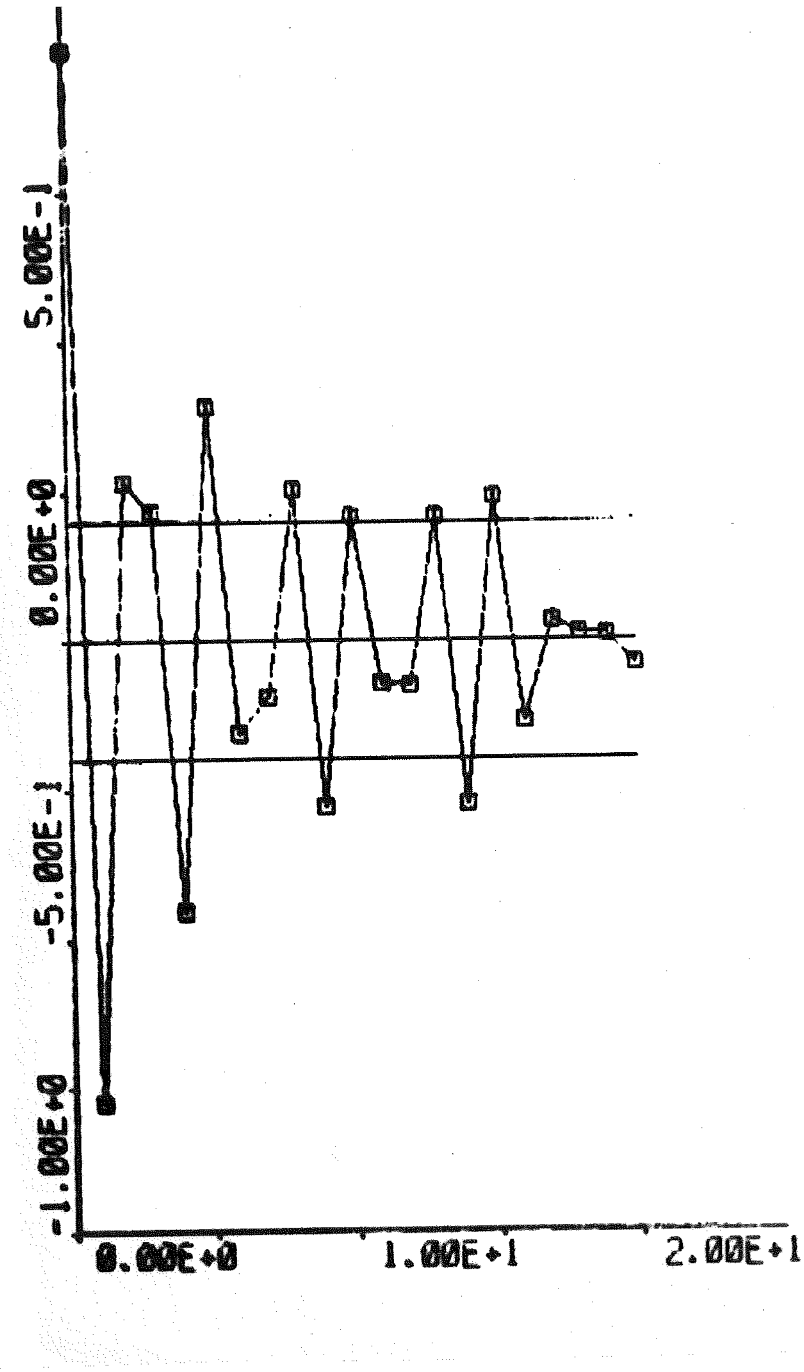

Fig. 8.16 Kovariansfunktionen för residualerna för indata.

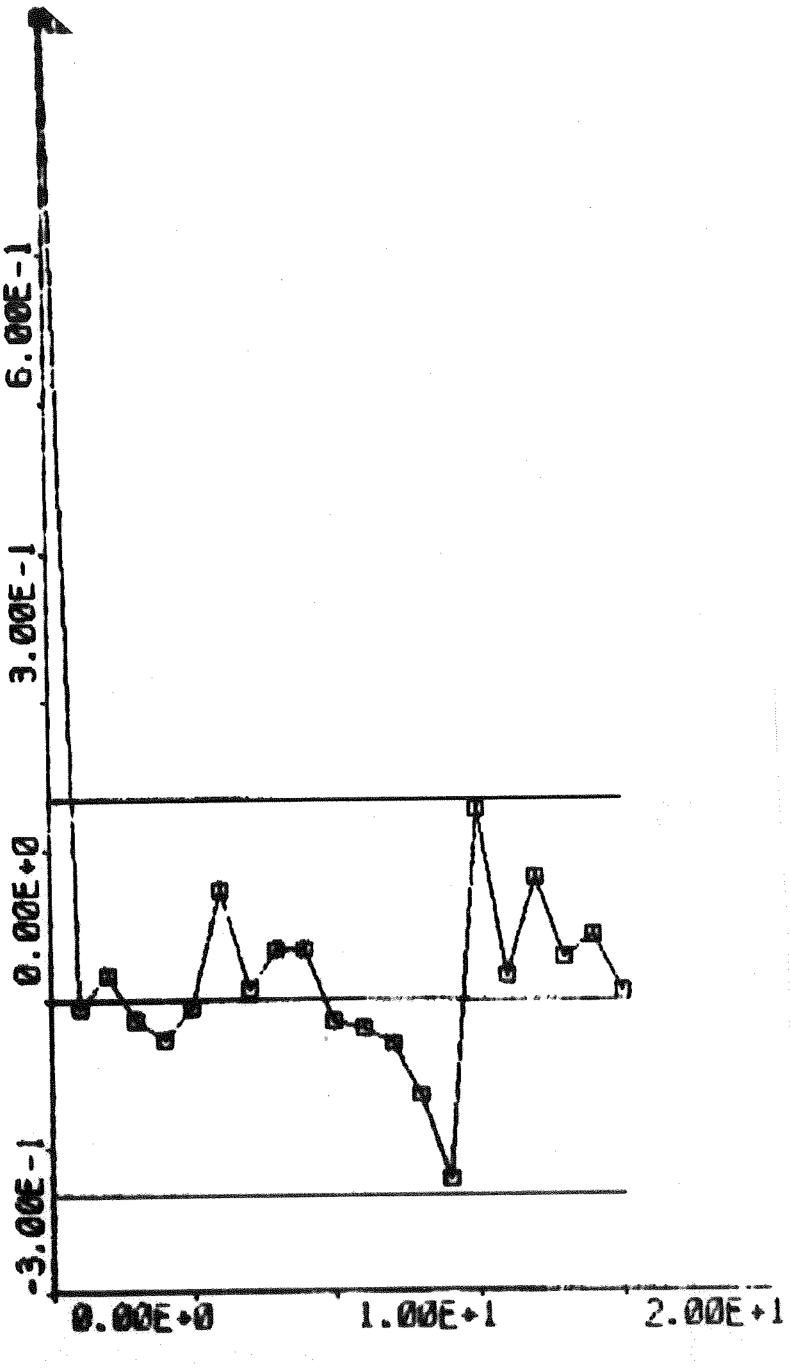

Fig. 8.17 Kovariansfunktionen för residualerna till 2:a ordningens modell.

Modellen fick utseendet

$$y(t)\left[1 + 1.26q^{-1} + 0.74q^{-2}\right] = 0.94\left[1 - 0.72q^{-1} + 0.17q^{-2}\right]e(t)$$

Vid kontroll av modellens poler, då 12-månaderssvängningen dragits ifrån, konstaterades att endast 8-månaderssvängningen från det dynamiska bruset återstod.

Genom identifiering (se kapitel 3.4) blev $\overset{*}{F}$- och $\overset{*}{G}$-polynomen för olika prediktionsstegslängder, k.

<u>k=1</u>
$$\overset{*}{F}(q^{-1}) = 1$$
$$\overset{*}{G}(q^{-1}) = -1.98 - 0.57q^{-1}$$

<u>k=2</u>
$$\overset{*}{F}(q^{-1}) = 1 - 1.98q^{-1}$$
$$\overset{*}{G}(q^{-1}) = 1.94 + 1.46q^{-1}$$

<u>k=3</u>
$$\overset{*}{F}(q^{-1}) = 1 - 1.98q^{-1} + 1.94q^{-2}$$
$$\overset{*}{G}(q^{-1}) = -0.99 - 1.43q^{-1}$$

<u>k=6</u>
$$\overset{*}{F}(q^{-1}) = 1 - 1.98q^{-1} + 1.94q^{-2} - 0.99q^{-3} - 0.17q^{-4} + 0.95q^{-5}$$
$$\overset{*}{G}(q^{-1}) = -1.07 - 0.70q^{-1}$$

<u>k=12</u>
$$\overset{*}{F}(q^{-1}) = 1 - 1.98q^{-1} + 1.94q^{-2} - 0.99q^{-3} - 0.17q^{-4} + 0.95q^{-5} - 1.07q^{-6} + 0.66q^{-7} - 0.07q^{-8} - 0.43q^{-9} + 0.57q^{10} - 0.41q^{-11}$$
$$\overset{*}{G}(q^{-1}) = 0.10 + 0.30q^{-1}$$

Följande värden på varians och medelfel erhölls:

<u>k</u>	<u>Medelfel</u>	<u>Varians</u>	<u>Förväntad varians</u>	$\dfrac{\sum_{i=k+4}^{96}(x_i - x_i)^2}{92-k}$
1	-0.93	1.01	0.88	0.88
2	0.04	4.88	4.35	4.67
3	-0.05	8.14	7.67	8.10
6	-0.06	9.69	9.36	9.63
12	0.01	10.72	10.35	10.05

För prediktionssteget, k=1 månad visas, prediktionen, prediktionsfelet och summa pradiktionsfel i kvadrat, i figurerna 8.18 - 8.20.

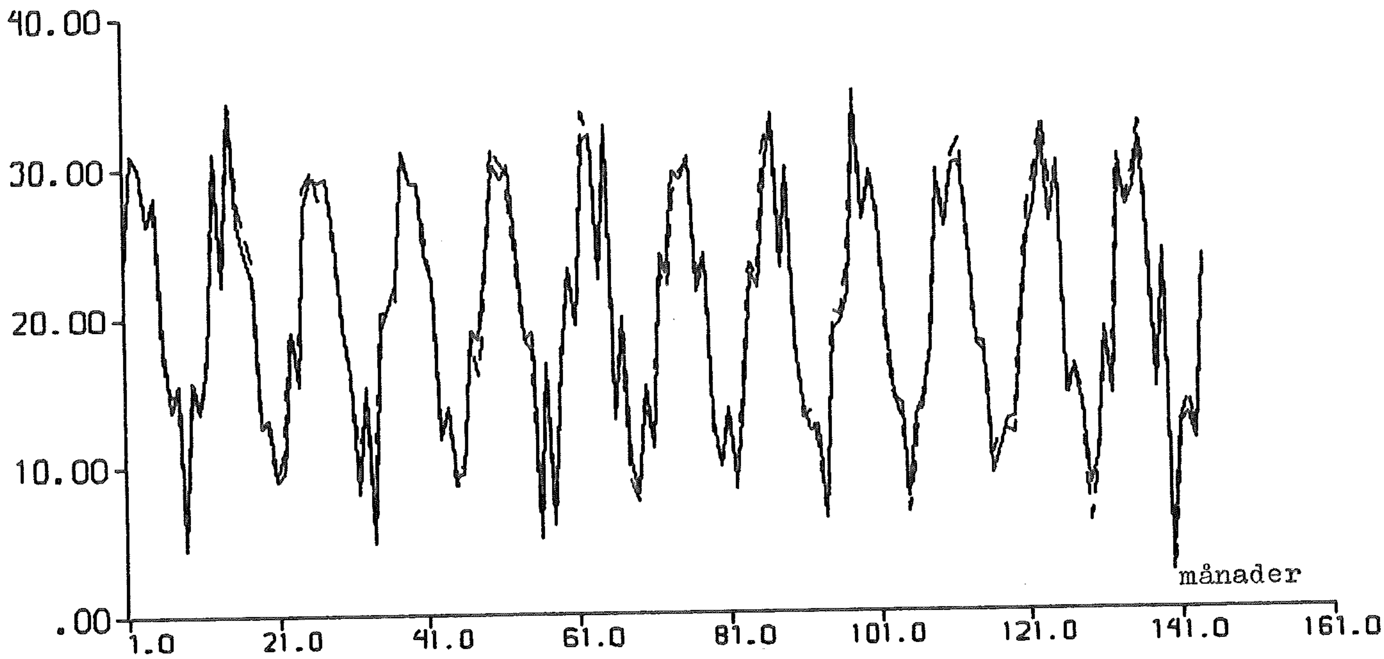

Fig. 8.18 Prediktionen av data enligt metod 2 med minimal-variansprediktion med k=1. ----- = prediktionen.

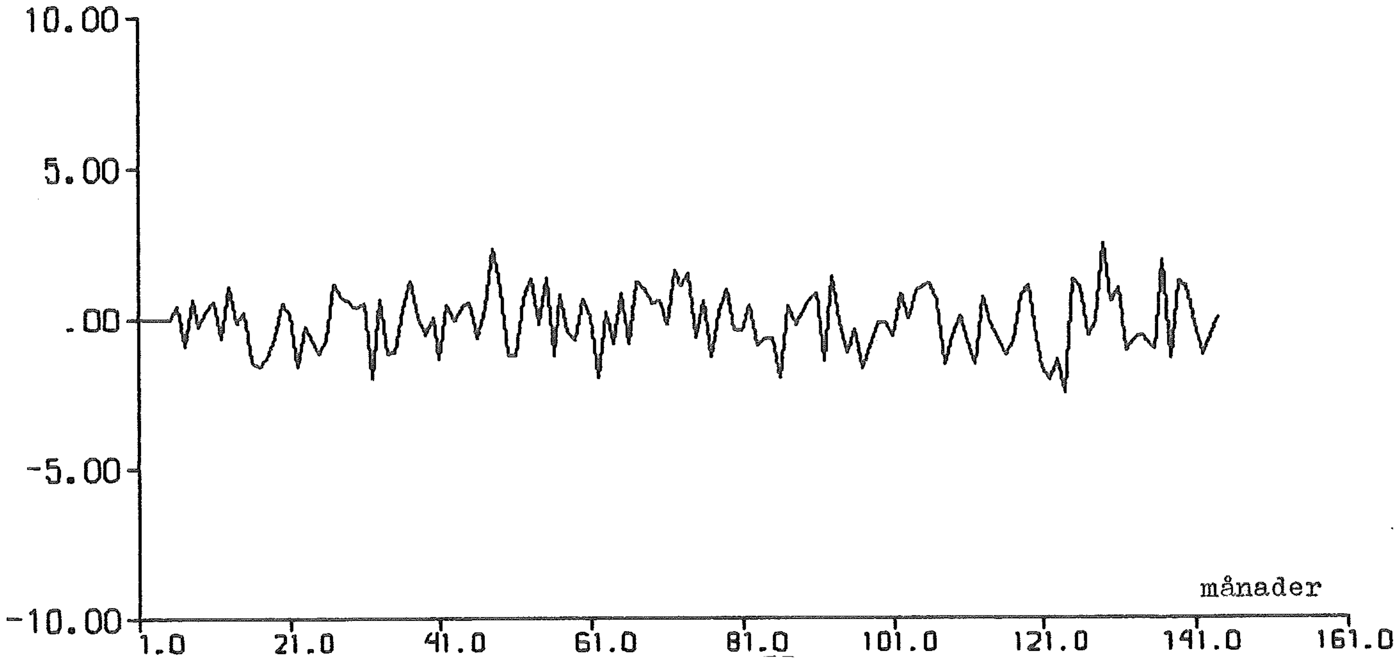

Fig. 8.19 Prediktionsfelet vid prediktion av data enligt metod 2 med minimalvariansprediktion med k=1.

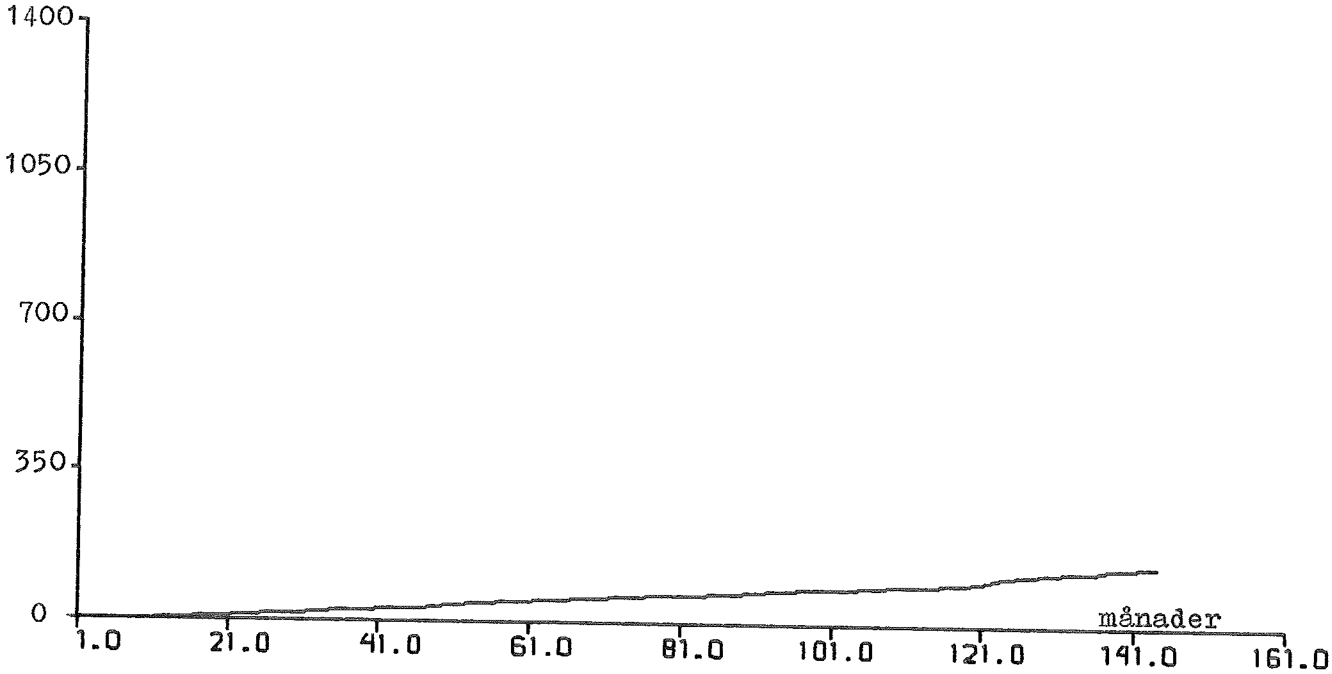

Fig. 8.20 Summa prediktionsfel i kvadrat vid prediktion av data enligt metod 2 med minimalvariansprediktion med k=1.

Den kända delens komplexitet

Den bästa variansen fås då den kända delen dras ifrån innan ML-identifiering och minimalvariansprediktion görs. Vid minimalvariansprediktion av Flygdata efter trendavdragning / 2 / erhölls, med prediktionssteget en månad, variansen 599.5 och vid prediktion med känd del fråndragen erhölls,för samma prediktionsstegslängd, variansen 599.8. Dock bör påpekas att modell i / 2 / är byggd på 132 data, medan den senare metodens modell är baserad på 96 data. Om den förra modellen / 2 / vore byggd på samma antal data, skulle dess varians bli större, varför iaktagelsen vid predikteringen ovan av genererade data,antagligen även gäller för verkliga data.

Allmänt bör gälla, att man bör dra av så mycket som möjligt, av den kunskap om datas utseende, som man kan.

9. SAMMANFATTNING AV PREDIKTIONSRESULTATET FÖR DE OLIKA DATA-SERIERNA

För varje dataserie redovisas resultaten på varians och medelfel för de olika prediktionsmetoderna. Dessutom kommer vi att kommentera hur strukturella förändringar och steg påverkar prediktionen.

9.1 Företagsdata

Resultaten för de olika prediktionsmetoderna framgår av tabell 28.

TABELL 28

Glidande medelvärde

N = antalet data vid prediktion.

	k=1		k=6	
	VARIANS	MEDELFEL	VARIANS	MEDELFEL
Variansminimum (N=5)	$11.3 \cdot 10^6$	700.2	$11.7 \cdot 10^6$	1330.1
Medelfelsminimum (N=20)	$11.8 \cdot 10^6$	394.9	$12.0 \cdot 10^6$	1022.5

Exponentiell utjämning

α_i = utjämningskoefficienten för prediktionsstegslängden, k=i

Enkel	k=1		k=6	
	VARIANS	MEDELFEL	VARIANS	MEDELFEL
Medelfelsminimum o. Variansminimum ($\alpha_1=\alpha_6=0.17$)	$11.3 \cdot 10^6$	666.9	$11.1 \cdot 10^6$	1279.0
Dubbel				
Variansminimum ($\alpha_1=0.04$, $\alpha_6=0.05$)	$10.7 \cdot 10^6$	681.8	$10.8 \cdot 10^6$	828.6
Medelfelsminimum ($\alpha_1=\alpha_6=0.17$)	$12.7 \cdot 10^6$	82.8	$11.7 \cdot 10^6$	283.0

Generell exponentiell utjämning

Okorrigerade data

β_i=viktfaktorn för prediktionssteget, k=i.

	k=1		k=6	
	VARIANS	MEDELFEL	VARIANS	MEDELFEL
Variansminimum (β_1=0.94, β_6=0.97)	$7.7 \cdot 10^6$	-28.5	$12.1 \cdot 10^6$	305.42
Medelfelsminimum (β_1=0.94, β_6=0.91)	$7.7 \cdot 10^6$	-28.5	$18.8 \cdot 10^6$	9.3

Korrigerade data, där julivärdet = junivärdet.

Variansminimum (β_1=0.94, β_6=0.97)	$1.7 \cdot 10^6$	-49.0	$4.4 \cdot 10^6$	208.8
Medelfelsminimum (β_1=β_6=0.94)	$1.7 \cdot 10^6$	-49.0	$4.7 \cdot 10^6$	20.5

Heuristisk metod

α_i= utjämningsfaktorn på säsongsprediktionen för prediktionssteget, k=i.

	k=1		k=6	
	VARIANS	MEDELFEL	VARIANS	MEDELFEL
Variansminimum (α_1=0.95, α_6=0.85)	$4.7 \cdot 10^6$	1358.7	$4.7 \cdot 10^6$	813.3
Medelfelsminimum (α_1=0.95, α_6=0.95)	$4.7 \cdot 10^6$	1358.7	$4.7 \cdot 10^6$	808.3

Av tabell 28 framgår det om man med okorrigerade företagsdata önskar prediktera för att erhålla minsta varians, skall heuristiska metoden väljas och om minsta medelfel önskas, skall generell exponentiell utjämning väljas.
Vid korrigerade företagsdata skall generell exponentiell utjämning väljas vid båda tillfällena.
Eftersom prediktering med generell exponentiell utjämning på korrigerade företagsdata har lägre värden på varians och medelfel, bör denna prediktionsmetod väljas och avvikande månad predikteras för sig själv med enkel exponentiell utjämning.

De prediktionsmetoder som kan svara mot förändringar i data (adaptiva metoder) är de som har lägsta varians. Av de metoder som vi har studerat, har den heuristiska metoden och den generella exponentiella utjämningen i någon mån denna egenskap.

9.2 Flygdata

Resultaten för de olika prediktionsmetoderna framgår av tabell 29.

TABELL 29

Glidande medelvärde

N_i= antalet data vid prediktion, för prediktionsstegslängden, k=i.

	k=2		k=6	
	VARIANS	MEDELFEL	VARIANS	MEDELFEL
Variansminimum (N_2=15, N_6=10)	2254.0	27.9	1920.0	27.4
Medelfelsminimum (N_2=2, N_6=10)	2989.0	5.2	1920.0	27.4

Exponentiell utjämning

α_i = utjämningskoefficient för prediktionsstegslängden, k=i.

Enkel	k=2		k=6	
	VARIANS	MEDELFEL	VARIANS	MEDELFEL
Variansminimum (α_2=0.10)	2549.0	26.6	-	-
Medelfelsminimum (α_2=0.80)	2696.0	4.6	-	-
Dubbel				
Variansminimum (α_2=0.05)	2536.0	9.5	-	-
Medelfelsminimum (α_2=0.20)	3985.0	-0.2	-	-

Minimalvariansprediktion

k=1		k=2		k=6	
VARIANS	MEDELFEL	VARIANS	MEDELFEL	VARIANS	MEDELFEL
599.5	-0.59	-	-	-	-

Minimalvariansprediktion med känd del fråndragen

k=1		k=2		k=6	
VARIANS	MEDELFEL	VARIANS	MEDELFEL	VARIANS	MEDELFEL
599.8	-3.9	725.6	-5.9	807.3	-6.9

Generell exponentiell utjämning

β_i = viktfaktorn för prediktionsstegslängden, k=i.

	k=2		k=6	
	VARIANS	MEDELFEL	VARIANS	MEDELFEL
Variansminimum (β_2=0.97, β_6=0.94)	1027.1	-3.3	1164.3	-2.6
Medelfelsminimum (β_2=0.88, β_6=0.91)	1239.0	-2.0	1222.4	-2.5

Heuristisk metod

α_i= utjämningsfaktorn på säsongsprediktering för prediktionsstegslängden, k=i.

	k=2		k=6	
	VARIANS	MEDELFEL	VARIANS	MEDELFEL
Variansminimum (α_2=0.95, α_6=1.00)	223.7	-2.3	274.1	-2.5
Medelfelsminimum (α_2=0.45, α_6=0.95)	246.3	-2.2	283.3	-0.7

För dessa data, som har en stark säsongsvariation, visar det sig att den heuristiska metoden ger minsta varians. Om minsta medelfel eftersträvas, är det likgiltigt vilken metod av de redovisade, som används, eftersom medelfelet för alla metoderna är mycket litet.

9.3 Skogsdata

Resultaten för de olika prediktionsmetoderna framgår av tabell 30.

TABELL 30

Glidande medelvärde

N = antal data vid prediktion

	k=1 VARIANS	k=1 MEDELFEL	k=6 VARIANS	k=6 MEDELFEL
Variansminimum (N=13)	3828.0	25.2	-	-
Medelfelsminimum (N=10)	4938.0	20.5	-	-

Exponentiell utjämning

α_i = utjämningskoefficienten för prediktionsstegslängden, k=i.

Enkel

	k=1 VARIANS	k=1 MEDELFEL	k=6 VARIANS	k=6 MEDELFEL
Variansminimum (α_1=0.10, α_6=0.12)	3973.0	35.3	4452.0	47.1
Medelfelsminimum (α_1=0.15, α_6=0.16)	3984.0	24.4	4568.0	41.4

Dubbel

	k=1 VARIANS	k=1 MEDELFEL	k=6 VARIANS	k=6 MEDELFEL
Variansminimum (α_1=0.02, α_6=0.12)	4039.0	55.6	5763.0	1.9
Medelfelsminimum (α_1=0.15, α_6=0.12)	4329.0	2.4	5763.0	1.9

Minimalvariansprediktion

k=1 VARIANS	k=1 MEDELFEL	k=6 VARIANS	k=6 MEDELFEL
3390.0	-5.6	5026.0	-8.4

Generell exponentiell utjämning

β_i= viktfaktorn för prediktionsstegslängden, k=i.

	k=1		k=6	
	VARIANS	MEDELFEL	VARIANS	MEDELFEL
Variansminimum				
(β_1=0.91, β_6=0.97)	1853.7	-4.1	3287.1	-0.3
Medelfelsminimum				
(β_1=0.97, β_6=0.97)	2434.7	-0.1	3287.1	-0.3

På dessa data har inte den heuristiska metoden och inte heller minimalvariansprediktion med känd del frândragen testats och av de övriga,i tabell 30 redovisade prediktionsmetoderna, ger generell exponentiell utjämning minsta värde på varians och medelfel.

9.4 Kommentar

Av de av oss behandlade metoderna har det visat sig att data som innehåller mest slumpmässiga variationer, nämligen Företagsdata och Skogsdata, bör predikteras med generell exponentiell utjämning. De data som innehåller mest markanta säsomgsvariationer, såsom Flygdata, bör predikteras med den heuristiska metoden. Generell exponentiell utjämning har visat sig vara arbetssam och tidskrävande och blir sämre ju längre fram i tiden man kommer.
En metod som är lätt att utföra och som kräver liten tid vid prediktionsarbetet och som dessutom ger ett bra resultat, är den heuristiska metoden. Denna metod är därför fördelaktig att använda.
Det har visat sig att metoder som är adaptiva, är att föredra, då de ger lägre varians och medelfel. Av de av oss studerade prognosmetoderna, har den heuristiska metoden och den generella exponentiella utjämningen i någon mån denna egenskap.
En annan iaktagelse är att,om kunskap om datas speciella utseende byggs in i modellen, ger prediktionen låg varians och lågt medelfel.
Kunskapen kan byggas in på olika sätt. I den heuristiska metoden byggs denna kunskap, om datas utseende, in i modellen genom att datas profil över säsongen ej förändras med tiden.
Vid generell exponentiell utjämning tages de termer, ur fourierserien,som beskriver profilen, med som ger störst bidrag till profilen.

REFERENSER

1. Brown, R.G. Smoothing, Forecasting and Prediction of Discrete Time Series, Prentice-Hall, 1962.

2. Prognosmetoder, Projektarbete vid Institutionen för Reglerteknik, LTH, Rapport 7335 (C), 1973.

3. Åström, K.J. Introduction to Stochastic Control Theory, Academic Press, 1970.

4. Reichhelm, W. Möglichkeiten zur Beurteilung der kurzfristigen wirtschaftlichen Entwicklung in der Holzindustrie der Bundesrepublik Deutschland unter besonderer Berücksichtigung univariabler Modelle, Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Reinbeck bei Hamburg, Kommisionsverlag, Buchhandlung Max Wiedebusch, Hamburg, 1971.

5. Gustavsson, I.- Selander, S.- Wieslander, J. IDPAC, Users Guide, Report 7331, Lund Institute of Technology, Division of Automatic Control.

6. Gustavsson, I. Parametric Identification of Time Series, Report 6803, Lund Institute of Technology, Division of Automatic Control.

APPENDIX A1

Datagenereringsprogrammet GENE

Programmet behöver SUBROUTINERNA:

FILES -	biblioteksprogram
MNODI -	biblioteksprogram
AMP1 -	innehåller störningens amplitudändring. (se nedan)
AMP2 -	innehåller svängningens amplitudändring. (se nedan)
TREND -	innehåller datas trend. (se nedan)

Variabler:

X(500)	- vektor som innehåller genererade data.
R(16,16)	- kovariansfunktionsmatrisen för slumptalen.
E(16)	- vektor som innehåller slumptalen.
FEL(512)	- vektor som innehåller störningen.
AA(10)	- vektor som innehåller svängningarnas amplitud.
T(10)	- vektor som innehåller svängningarnas period.
F(10)	- vektor som innehåller svängningarnas fasförskjutning.
IT(10)	- vektor som innehåller information för inläsning på fil.
VEC(1)	- överför genererade data till fil.
N	- antal data.
K	- antal svängningar.
IS	- väljare, =1 vid inläsning.
STEG	- beloppet på ett eventuellt steg.
ISTEG	- tidpunkt då steget inträffar.
C1,C2	- störningens trend.
C3,C4	- svängningens trend.
C5,C6	- basdatas trend.

```
C
C        DETTA PROGRAM GENERERAR DATA
C
         LOGICAL LOG
         DIMENSION AA(10),T(10),F(10),X(500),E(16),R(16,16),FEL(512),
         6IT(10),VEC(1)
         COMMON X
         DO 500 JJ=1,16
         DO 500 JK=1,16
500      R(JK,JJ)=0.0
         DO 100 JJ=1,16
100      R(JJ,JJ)=1.0
         WRITE(8,70)
C
C        N AR ANTALET DATA. K AR ANTALET SVANGNINGAR
C        OCH IS AR 1 VID INLASNING
C
70       FORMAT(' N=ANTAL DATA,K=ANTALET SVANGNINGAR',
         6',IS=SWITCH=1=INLASNING')
         I=1
         N=RTTFF(I)
         K=RTTFF(I)
         IS=RTTFF(I)
         IF(K.EQ.0) GO TO 1
         WRITE(8,71)
C
C        SVANGNINGSPARAMETRARNA AA AR AMPLITUDEN, T AR
C        PERIODEN OCH F AR FASFORSKJUTNINGEN
C
71       FORMAT(' SVANGNINGSPARAMETRAR AA(I),T(I),F(I),I=1,K')
         DO 200 JJ=1,K
         AA(JJ)=RTTFF(I)
         T(JJ)=RTTFF(I)
200      F(JJ)=RTTFF(I)
1        WRITE(8,72)
C
C        C1 C2 AR  TREND PA STORNINGEN, C3 C4
C        AR TREND PA SVANGNINGEN OCH C5 C6 AR
C        TRENDEN PA BASDATA
C
72       FORMAT(' C1 C2 STORNINGENS TREND,C3 C4 SVANGNINGENS TREND',
         6',C5 C6 TREND')
         C1=RTTFF(I)
         C2=RTTFF(I)
         C3=RTTFF(I)
         C4=RTTFF(I)
         C5=RTTFF(I)
         C6=RTTFF(I)
         WRITE(8,73)
C
C        ETT STEG MED BELOPPET STEG INTRAFFAR VID TID-
C        PUNKTEN ISTEG
C
73       FORMAT(' STEG,ISTEG=TIDPUNKTEN')
         STEG=RTTFF(I)
         ISTEG=RTTFF(I)
         NI=16
         IA=16
         NODD=19
         ILOG=0
         DO 50 I=1,N
50       X(I)=0
C
```

```
C       GENERERING AV DATA
C
        DO 10 I=1,N
        IF(K.EQ.0) GOTO 12
        DO 20 J=1,K
        U=2.*3.1416*(FLOAT(I)-F(J))/T(J)
20      X(I)=X(I)+AA(J)*SIN(U)
        CALL AMP2(Y,I,C3,C4)
        X(I)=X(I)*Y
12      CALL TREND(Z,I,C5,C6)
        IF(I.LT.ISTEG) GO TO 30
        X(I)=X(I)+Z+STEG
        GO TO 10
30      X(I)=X(I)+Z
10      CONTINUE
        L=(N+15)/16
        DO 7 IX=1,L
        CALL MNODI(E,R,NI,IA,NODD,ILOG,IND)
        IM=(IX-1)*16+1
        IN=IM+15
        DO 7 I=IM,IN
        M=MOD(I-1,16)+1
7       FEL(I)=E(M)
        DO 40 I=1,N
        CALL AMP1(XX,I,C1,C2)
        FEL(I)=FEL(I)*XX
40      X(I)=X(I)+FEL(I)
C
C       UTSKRIFT AV DATAS UPPBYGGNAD
C
        WRITE(6,956)N,K,C1,C2,C3,C4,C5,C6
956     FORMAT('1N=',I3/' K=',I2/' C1=',F10.5/' C2=',F10.5/
        6' C3=',F10.5/' C4=',F10.5/' C5=',F10.5/
        6' C6=',F10.5)
        WRITE(6,600)K
600     FORMAT(10X,22HANTALET SVANGNINGAR K=,I1)
        WRITE(6,700)(J,AA(J),F(J),T(J),J=1,K)
700     FORMAT(10X,17HSVANGNING NUMMER ,I1,2H =,F10.5,
        614H*SIN(2*3.1416*,3H(I-,F10.5,2H)/,F10.5,1H))
        WRITE(6,800)C5,C6
800     FORMAT(10X,'TREND =',F10.5,'+',F10.5,'*T')
        WRITE(6,960)C1,C2,C3,C4
960     FORMAT(10X,'AMPLITUD 1 =',F10.5,'+',F10.5,'*T'/
        610X,'AMPLITUD 2 =',F10.5,'+',F10.5,'*T')
        WRITE(6,900)ISTEG,STEG
900     FORMAT(10X,'ETT STEG INTRAFFAR VID T=',I3,4X,'STEGET=',
        6F10.2)
        WRITE(6,950)(I,X(I),I=1,N)
950     FORMAT(1H0,11X,1HI,11X,'X'//(10X,I3,6X,F8.2))
        IF(IS.NE.1) GO TO 955
        WRITE(9,951)
C
C       INLASNING KOMMER ATT SKE PA FILEN FNAM PA DK
C
951     FORMAT(' FNAM')
        READ(8,952)FNAM
952     FORMAT(A5)
        I=1
        WRITE(8,957)
957     FORMAT(' IT-VEKTORN')
        DO 953 J=1,10
953     IT(J)=RTTFF(I)
C
C       FILEN LASES IN
```

```
C
      CALL FILES('ENTER',2,IT,FNAM,'BIN',LOG)
      NNR=1
      DO 954 J=1,N
      VEC(1)=X(J)
  954 CALL FILDAT('WRITE',2,VEC,NNR)
      CALL FILES('CLOSE',2,IT,FNAM,'BIN',LOG)
  955 CONTINUE
      STOP
      END
```

```
      SUBROUTINE AMP1(X,I,C1,C2)
      XI=I
      X=C1+C2*XI
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE AMP2(Y,I,C3,C4)
      YI=I
      Y=C3+C4*YI
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE TREND(Z,I,C5,C6)
      ZI=I
      Z=C5+C6*ZI
      RETURN
      END
```

APPENDIX A2

Dataprogrammet MINKO

Programmet behöver SUBROUTINERNA:

FLEPO	-	biblioteksprogram (minimeringsprogram).
DOT	-	biblioteksprogram (FUNCTION till FLEPO).
UPDOT	-	biblioteksprogram (FUNCTION till FLEPO).
FU	-	FUNCTION till FLEPO. (se nedan)
SYMINV	-	biblioteksprogram (matrisinverteringsprogram).
FOGIX	-	SUBROUTINE till FLEPO. (se nedan)

Variabler:

X(500)	- vektor som innehåller data.
H(210)	- vektor som innehåller inverterade andraderivatan till förlustfunktionen.
A(20)	- vektor som innehåller a-parametrarna.
AD(20,20)	- matris som innehåller förlustfunktionens andraderivata.
IT(10)	- vektor som innehåller information för läsning och inläsning av data på fil.
VEC(1)	- överför data från eller till fil.
M	- antal data.
N	- antal a-startvärden.
EPS	- iterationen håller på tills delta förlustfunktionen är mindre än EPS.
LIMIT	- maximalt antal iterationer.
FNAM	- namn på datafilen.

```
      C
      C      DETTA PROGRAM ANPASSAR EN FUNKTION TILL GIVNA
      C      DATA ,SA ATT FORLUSTFUNKTIONEN MINIMERAS,
      C      MED HJALP AV PROGRAMMET FLEPO.
      C
             INTEGER CONV
             DIMENSION A(20),H(210),X(500),L(2),IT(10),VEC(1),AD(20,20)
             COMMON X,L
             EXTERNAL FOGIX
             WRITE(8,1)
      C
      C      N AR ANTALET A-STARTVARDEN
      C
      1      FORMAT(' N=ANTAL A-STARTVARDEN')
             I=1
             N=RTTFF(I)
             L(1)=N
             WRITE(8,2)
      2      FORMAT(' A-STARTVARDEN')
             DO 3 J=1,N
             I=1
      3      A(J)=RTTFF(I)
             WRITE(8,4)
      C
      C      ITERATIONEN HALLER PA TILLS DELTA FORLUSTFUNKTIONEN
      C      AR MINDRE AN EPS.
      C
      4      FORMAT(' EPS')
             I=1
             EPS=RTTFF(I)
             WRITE(8,5)
      C
      C      MAXIMALT ANTAL ITERATIONER
      C
      5      FORMAT(' ANTAL ITERATIONER')
             I=1
             LIMIT=RTTFF(I)
             WRITE(8,11)
      C
      C      DATA LASES FRAN FILEN FNAM PA DT1
      C
      11     FORMAT(' FNAM')
             READ(8,12)FNAM
      12     FORMAT(A5)
             WRITE(8,13)
      13     FORMAT(' IT-VEKTORN')
             DO 14 J=1,10
             I=1
      14     IT(J)=RTTFF(I)
             CALL FILES('SEEK',3,IT,FNAM,'BIN',LOG)
             IF(LOG) GO TO 15
             WRITE(8,16)
      16     FORMAT(' FILEN EJ FUNNEN')
      15     WRITE(8,25)
      C
      C      M AR ANTALET DATA VID MINIMERING
      C
      25     FORMAT(' M=ANTAL DATA VID MINIMERING')
             I=1
             M=RTTFF(I)
             L(2)=M
             NNR=1
             DO 17 J=1,M
```

```
          CALL FILDAT('READ',3,VEC,NNR)
   17     X(J)=VEC(1)
          CALL FILES('CLOSE',3,IT,FNAM,'BIN',LOG)
          LOADH=0
   10     DO 20 I=1,N
          DO 20 K=1,N
   20     AD(I,K)=0.
          II=0
C
C         ANDRADERIVATAN TILL FORLUSTFUNKTIONEN BERAKNAS
C
          DO 18 I=1,N
          DO 18 K=1,N
          DO 18 J=1,M
   18     AD(I,K)=2.*FU(I,J)*FU(K,J)+AD(I,K)
C
C         ANDRADERIVATMATRISEN INVERTERAS
C
          CALL SYMINV(N,N,IFAIL,AD)
          IF(IFAIL.EQ.0) GOTO 21
          WRITE(6,22)
   22     FORMAT(' INVERTERINGEN MISSLYCKADES')
          GO TO 23
C
C         OVRE HOGRA DELEN AV MATRISEN , SOM INNEHALLER
C         INVERSEN TILL ANDRADERIVATAN, LAGRAS RADVIS I EN
C         VEKTOR H.
C
   21     DO 24 I=1,N
          LL=I
          DO 24 K=LL,N
          II=II+1
   24     H(II)=AD(I,K)
C
C         FORLUSTFUNKTIONEN MINIMERAS
C
          CALL FLEPO(N,A,F,EPS,CONV,LIMIT,H,LOADH,FOGIX)
          WRITE(6,6)
    6     FORMAT(5X,'A-PARAMETRARNA')
          WRITE(6,7)(I,A(I),I=1,N)
    7     FORMAT(/(7X,'A(',I2,')=',F20.4))
          WRITE(6,8)
    8     FORMAT(/5X,'FUNKTIONSVARDET')
          WRITE(6,9)F
    9     FORMAT(7X,'F=',F20.4)
          IF(CONV.EQ.0) GO TO 10
   23     CONTINUE
          STOP
          END
```

```
C
C       SUBROUTINE FOGIX(A,F,G) AR EN SUBROUTINE TILL
C       PROGRAMMET MINKO OCH BERAKNAR SUMMA AVVIKELSE
C       I KVADRAT SAMT FORLUSTFUNKTIONENS GRADIENT
C
C       A( )=A-KOEFFICIENTER
C       F=ACKUMULERAD AVVIKELSE I KVADRAT
C       G( )=FORLUSTFUNKTIONENS GRADIENT
C
        SUBROUTINE FOGIX(A,F,G)
        DIMENSION X(500),G(1),A(1),L(1)
        COMMON X,L
        N=L(1)
        M=L(2)
        F=0.
        DO 8 J=1,20
8       G(J)=0.
        DO 9 J=1,M
        B=0.
        DO 10 K=1,N
10      B=A(K)*FU(K,J)+B
        F=(X(J)-B)*(X(J)-B)+F
        DO 9 K=1,N
9       G(K)=-(X(J)-B)*2.*FU(K,J)+G(K)
        RETURN
        END
```

```
      C
      C        FUNCTION FU(I,J) AR FUNCTION TILL  PROGRAMMET
      C        MINKO
      C
               FUNCTION FU(I,J)
               T=FLOAT(J)
               IF(I.NE.1) GOTO 2
               FU=1.
               GOTO 1
      2        IF(I.NE.2) GOTO 3
               FU=T
               GOTO 1
      3        IF(I.NE.3) GOTO 4
               FU=SIN(2.*3.1416*T/12.)
               GOTO 1
      4        IF(I.NE.4) GOTO 5
               FU=COS(2.*3.1416*T/12.)
               GOTO 1
      5        IF(I.NE.5)GO TO 6
               FU=SIN(2.*3.1416*T/6.)
               GOTO 1
      6        IF(I.NE.6) GOTO 7
               FU=COS(2.*3.1416*T/6.)
               GOTO 1
      7        IF(I.NE.7) GOTO 8
               FU=SIN(2.*3.1416*T/6.)
               GOTO 1
      8        IF(I.NE.8) GOTO 9
               FU=COS(2.*3.1416*T/6.)
               GOTO 1
      9        IF(I.NE.9) GOTO 10
               FU=COS(2.*3.1416*T/5.)
               GOTO 1
      10       IF(I.NE.10) GOTO 11
               FU=SIN(2.*3.1416*T/7.)
               GOTO 1
      11       IF(I.NE.11) GOTO 12
               FU=COS(2.*3.1416*T/7.)
               GOTO 1
      12       IF(I.NE.12) GOTO 13
               FU=SIN(2.*3.1416*T/1.)
               GOTO 1
      13       IF(I.NE.13) GOTO 14
               FU=COS(2.*3.1416*T/1.)
               GOTO 1
      14       CONTINUE
      1        CONTINUE
               RETURN
               END
```

APPENDIX A3

Dataprogrammet ALBER

Programmet behöver SUBROUTINEN:

FILES - biblioteksprogram

Variabler:

x(500)	- vektor som innehåller data.
A(40)	- vektor som innehåller a-parametrarna.
L(40,40)	- L-matrisen.
AA(40)	- vektor som innehåller svängningarnas amplitud.
T(40)	- vektor som innehåller svängningarnas period.
F(40)	- vektor som innehåller svängningarnas fasförskjutning.
P(6)	- vektor som innehåller polynomkoefficienterna.
D(24)	- vektor som innehåller autoregressionskoefficienterna.
IT(10)	- vektor som innehåller information för läsning och inläsning på fil.
VEC(1)	- vektor som överför data till eller från fil.
IS	- väljare, =1 medför inlasning på fil.
IQ	- väljare, =1 medför att andra a-parametrar kan väljas.
IPO	- antal polynomkoefficienter.
IAS	- antal svängningar.
IAAK	- antal autoregressionskoefficienter.
C1,C2	- störningens trend.
C3,C4	- svängningens trend.
LL	- antal a-parametrar som skall ändras.
FNAM	- namn på datafil.

```
C
C     DETTA PROGRAM ANPASSAR A-KOEFFICIENTERNA OCH
C     BERAKNAR L-MATRISEN TILL GEXP, SAMT LASER IN
C     DESSA TILLSAMMANS MED DATA PA EN FIL
C
      LOGICAL LOG
      REAL L
      DIMENSION A(40),P(6),AA(40),T(40),F(40),D(24),L(40,40),
     6VEC(1),IT(10),X(500)
      COMMON X,A,L
      WRITE(8,79)
C
C     IS LIKA MED 1 MEDFOR INLASNING PA FIL OCH
C     OM IQ AR LIKA MED 1 KAN ANDRA A-PARAMETRAR VALJAS
C
79    FORMAT(' IS=SWITCH.IS=1 MEDFOR INLASNING PA FIL'/
     6' IQ=SWITCH. DA IQ=1 KAN ANDRA A-PARAMETRAR VALJAS')
      I=1
      IS=RTTFF(I)
      IQ=RTTFF(I)
      WRITE(8,80)
C
C     IPO AR ANTAL POLYNOMKOEFFICIENTER, IAS AR ANTAL
C     SVANGNINGAR OCH IAAK AR ANTAL AUTOREGRESIONS-
C     KOEFFICIENTER
C
80    FORMAT(' IPO,IAS,IAAK')
      I=1
      IPO=RTTFF(I)
      IAS=RTTFF(I)
      IAAK=RTTFF(I)
      IF(IPO.EQ.0) GO TO 2
      DO 1 J=1,6
1     P(J)=0
      WRITE(8,81)
81    FORMAT(' POLYNOMKOEFFICIENTERNA P(I),I=1,IPO')
      I=1
      DO 101 J=1,IPO
101   P(J)=RTTFF(I)
2     IF(IAS.EQ.0) GO TO 3
      WRITE(8,82)
C
C     SVANGNINGSPARAMETRARNA AA AR AMPLITUDEN, T AR
C     PERIODEN OCH F AR FASFOSKJUTNINGEN
C
82    FORMAT(' SVANGNINGSPARAMETRARNA AA(I),T(I),F(I),I=1,IAS')
      I=1
      DO 102 J=1,IAS
      AA(J)=RTTFF(I)
      T(J)=RTTFF(I)
102   F(J)=RTTFF(I)
3     IF(IAAK.EQ.0) GO TO 4
      WRITE(8,83)
C
C     D AR AUTOREGRESIONSKOEFFICIENTERNA
C
83    FORMAT(' AUTOREGRESIONSKOEFFICIENTERNA D(I),I=1,IAAK')
      I=1
      DO 103 J=1,IAAK
103   D(J)=RTTFF(I)
4     WRITE(8,84)
C
C     C1 C2 AR TRENDEN PA STORNINGEN, C3 C4 AR TRENDEN PA
```

```
C        SVANGNINGEN
C
84       FORMAT(' C1,C2 STORNINGENS TREND C3,C4 SVANGNINGENS TREND')
         I=1
         C1=RTTFF(I)
         C2=RTTFF(I)
         C3=RTTFF(I)
         C4=RTTFF(I)
         DO 38 I=1,40
         DO 38 J=1,40
38       L(I,J)=0
         II=0
         I=0
         WRITE(6,105)
105      FORMAT(1H1,10X,'FITTING FUNCTIONS'/)
         IF(IPO.EQ.0) GO TO 23
C
C        BERAKNING AV A-KOEFFICIENTERNA OCH DEN DEL AV
C        L-MATRISEN SOM BEROR AV POLYNOMKOEFFICIENTERNA
C
         A1=P(1)
         A2=P(2)+P(3)+P(4)+P(5)+P(6)
         A3=2.*P(3)+6.*P(4)+14.*P(5)+30.*P(6)
         A4=6.*P(4)+36.*P(5)+150.*P(6)
         A5=24.*P(5)+240.*P(6)
         A6=120.*P(6)
         IC=100.*A1
         IF(IC.EQ.0) GO TO 5
         I=I+1
         A(I)=A1
         L(1,1)=1.
         WRITE(6,106)I
106      FORMAT(11X,'F',I2,'=1')
5        IF(IPO.EQ.1) GO TO 23
         IC=1000.*A2
         IF(IC.EQ.0) GO TO 7
         I=I+1
         A(I)=A2
         DO 6 J=1,I
6        L(I,J)=1.
         WRITE(6,107)I
107      FORMAT(11X,'F',I2,'=T')
7        IF(IPO.EQ.2) GO TO 23
         IC=10000.*A3
         IF(IC.EQ.0) GO TO 11
         I=I+1
         A(I)=A3
         IF(I.EQ.1) GO TO 9
         K=I-1
         DO 8 J=K,I
8        L(I,J)=1.
         GO TO 10
9        L(1,1)=1.
10       WRITE(6,108)I
108      FORMAT(11X,'F',I2,'=T*(T-1.)/2.')
11       IF(IPO.EQ.3) GO TO 23
         IC=10000.*A4
         IF(IC.EQ.0) GO TO 15
         I=I+1
         A(I)=A4
         IF(I.EQ.1) GO TO 13
         K=I-1
         DO 12 J=K,I
12       L(I,J)=1.
```

```
             GO TO 14
   13        L(1,1)=1.
   14        WRITE(6,109)I
  109        FORMAT(11X,'F',I2,'=T*(T-1.)*(T-2.)/2./3.')
   15        IF(IPO.EQ.4) GO TO 23
             IC=10000.*A5
             IF(IC.EQ.0) GO TO 19
             I=I+1
             A(I)=A5
             IF(I.EQ.1) GO TO 17
             K=I-1
             DO 16 J=K,I
   16        L(I,J)=1.
             GO TO 18
   17        L(1,1)=1.
   18        WRITE(6,110)I
  110        FORMAT(11X,'F',I2,'=T*(T-1.)*(T-2)*(T-3.)/2./3./4.')
   19        IF(IPO.EQ.5) GO TO 23
             IC=10000.*A6
             IF(IC.EQ.0) GO TO 23
             I=I+1
             A(I)=A6
             IF(I.EQ.1) GO TO 21
             K=I-1
             DO 20 J=K,I
   20        L(I,J)=1.
             GO TO 22
   21        L(1,1)=1.
   22        WRITE(6,111)I
  111        FORMAT(11X,'F',I2,'=T*(T-1.)*(T-2.)*(T-3.)*(T-4.)',
             6'/2./3./4./5.')
   23        IF(IAS.EQ.0) GO TO 26
   C
   C         BERAKNING AV A-KOEFFICIENTERNA OCH DEN DEL AV
   C         L-MATRISEN SOM BEROR AV SVANGNINGARNA
   C
             DO 25 K=1,IAS
             X0=2.*3.14159265*F(K)/T(K)
             X1=2.*3.14159265/T(K)
             SX=SIN(X0)
             CX=COS(X0)
             SX1=SIN(X1)
             CX1=COS(X1)
             IC=100.*AA(K)*C3
             IF(IC.EQ.0) GO TO 24
             I=I+1
             A(I)=AA(K)*C3*CX
             WRITE(6,112)I,T(K)
  112        FORMAT(11X,'F',I2,'=SIN(2.*3.1416*T/',
             6F4.1,')')
             I=I+1
             A(I)=-AA(K)*C3*SX
             WRITE(6,113)I,T(K)
  113        FORMAT(11X,'F',I2,'=COS(2.*3.1416*T/',
             6F4.1,')')
             L(I-1,I-1)=CX1
             L(I-1,I)=SX1
             L(I,I-1)=-SX1
             L(I,I)=CX1
             II=1
   24        IC=100.*AA(K)*C4
             IF(IC.EQ.0) GO TO 25
             I=I+1
             A(I)=AA(K)*C4*CX
```

```
                WRITE(6,114)I,T(K)
        114     FORMAT(11X,'F',I2,'=T*SIN(2.*3.1416*T/',F4.1,')')
                I=I+1
                A(I)=-AA(K)*C4*SX
                WRITE(6,115)I,T(K)
        115     FORMAT(11X,'F',I2,'=T*COS(2.*3.1416*T/',F4.1,')')
                L(I-1,I-1)=CX1
                L(I-1,I)=SX1
                L(I,I-1)=-SX1
                L(I,I)=CX1
                IF(II.EQ.0) GO TO 26
                L(I-1,I-3)=CX1
                L(I-1,I-2)=SX1
                L(I,I-3)=-SX1
                L(I,I-2)=CX1
        25      II=0
        26      IF(IAAK.EQ.0) GO TO 28
        C
        C       BERAKNING AV A-KOEFFICIENTERNA OCH DEN DEL AV
        C       L-MATRISEN SOM BEROR AV AUTOREGRESIONSKOEFF-
        C       FICIENTERNA
        C
                N=I
                DO 27 J=1,IAAK
                I=I+1
                A(I)=D(J)
                K=I-J+1
                L(K,I)=D(J)
                M=N+IAAK
                IF((I+1).GT.M) GO TO 71
                L(I+1,I)=1.
        71      CONTINUE
        27      WRITE(6,116)I,J
        116     FORMAT(11X,'F',I2,'=X(T-',I2,'.)')
        28      IF(IQ.NE.1) GO TO 50
                JK=1
                WRITE(8,72)
        C
        C       EVENTUELLA A-KORFFICIENTER SOM SKALL ANDRAS
        C
        72      FORMAT(' ANTAL A-PARAMETRAR SOM SKALL ANDRAS')
                LL=RTTFF(JK)
                WRITE(8,56)
        56      FORMAT(' NUMMER    VARDE')
                DO 70 K=1,LL
                JK=1
                J=RTTFF(JK)
                U=RTTFF(JK)
        70      A(J)=U
        50      WRITE(6,117)(J,A(J),J=1,I)
        117     FORMAT(1H0/(11X,'A',I2,'=',F15.8))
                WRITE(6,118)
        118     FORMAT(1H0/11X,'L-MATRISEN')
                DO 29 J=1,I
        29      WRITE(6,119)(L(J,K),K=1,I)
        119     FORMAT(1X,10F12.8/(13X,9F12.8))
                IF(IS.NE.1) GO TO 44
        C
        C       DATA LASES FRAN FILEN FNAM PA DK
        C
                WRITE(9,130)
        130     FORMAT(' GAMMALT FNAM')
                READ(8,131)FNAM
        131     FORMAT(A5)
```

```
      WRITE(9,132)
132   FORMAT(' IT-VEKTORN TILL DEN GAMLA FILEN')
      I=1
      DO 45 J=1,10
45    IT(J)=RTTFF(I)
      LOG=.FALSE.
      CALL FILES('SEEK',2,IT,FNAM,'BIN',LOG)
      IF(LOG) GO TO 135
      WRITE(8,133)
133   FORMAT(' FILEN EJ FUNNEN')
135   NNR=1
      M=IT(1)
      DO 39 J=1,M
      CALL FILDAT('READ',2,VEC,NNR)
39    X(J)=VEC(1)
      CALL FILES('CLOSE',2,IT,FNAM,'BIN',LOG)
      WRITE(8,49)
C
C     INLASNING AV DATA, A-KOEFFICIENTER OCH L-MATRIS
C     SKER PA FILEN FNAM PA DK
C
49    FORMAT(' NYTT FNAM')
      READ(8,222)FNAM
222   FORMAT(A5)
      WRITE(9,134)
134   FORMAT(' IT-VEKTORN TILL DEN NYA FILEN')
      I=1
      DO 40 J=1,10
40    IT(J)=RTTFF(I)
      CALL FILES('ENTER',1,IT,FNAM,'BIN',LOG)
      NNR=1
      M=IT(8)
      DO 41 J=1,M
      VEC(1)=X(J)
41    CALL FILDAT('WRITE',1,VEC,NNR)
      NNR=1
      N=IT(9)
      DO 42 J=1,N
      DO 42 K=1,N
      VEC(1)=L(K,J)
42    CALL FILDAT('WRITE',1,VEC,NNR)
      NNR=1
      N=IT(9)
      DO 43 J=1,N
      VEC(1)=A(J)
43    CALL FILDAT('WRITE',1,VEC,NNR)
      WRITE(6,46)(I,X(I),I=1,M)
46    FORMAT(//,10X,'DATA'/11X,'T         X(T)'/(11X,I3,2X,F14.7))
      WRITE(6,47)((J,I,L(J,I),J=1,N),I=1,N)
47    FORMAT(//,10X,'L-MATRISEN'/(11X,'L(',I2,',',I2,')=',F14.7))
      WRITE(6,48)(I,A(I),I=1,N)
48    FORMAT(//,10X,'A-PARAMETRARNA'/(11X,'A(',I2,')=',F14.7))
      CALL FILES('CLOSE',1,IT,FNAM,'BIN',LOG)
44    CONTINUE
      STOP
      END
```

APPENDIX A4

Dataprogrammet GEXP

Programmet behöver SUBROUTINERNA:

FILES - biblioteksprogram
SYMINV - biblioteksprogram (matrisinverteringsprogram).
FIT - SUBROUTINE till GEXP. (se nedan)
RITA - SUBROUTINE. (se appendix A6)

Variabler:

X(500) - vektor som innehåller data.
XP(500) - vektor som innehåller prediktionen.
F(20,20) - stabila tillståndsmatrisen och dess invers.
L(20,20) - L-matrisen.
A(20) - vektor som innehåller a-parametrarna.
FEL1(500) - vektor som innehåller prediktionsfelet.
FEL2(500) - vektor som innehåller summa prediktionsfel i kvadrat.
H(20) - vektor som innehåller viktfaktorerna.
IT(10) - vektor som innehåller information för läsning och inläsning på fil.
VEC(1) - vektor som överför data från fil.
S(50) - vektor som innehåller data för konvergenstest.
FNAM - namn på datafil.
N - antal a-startvärden.
M - antal data.
IS - väljare, =1 medför uthopp ur programmet.
=2 medför fortsättning av programmet.
IV - väljare, =1 om ny viktfaktor ,β, önskas.
=2 om gammal viktfaktor,β,vill behållas.
JB - antal sparade värden för konvergenstest (mellan 1 och 50).
IU - väljare, =1 ger utskrift.
IRIT - väljare, =0 medför ingen uppritning på displayen.
=1 medför uppritning av verkliga data,X( ), och prediktionen,XP( ) på displayen.
=2 medför uppritning av verkliga data,X( ), prediktionen,XP( ), och prediktionsfelet, FEL1( ).

=3 medför uppritning av verkliga data,X( ), prediktionen,XP( ),prediktionsfelet,FEL1( ), och summa prediktionsfel i kvadrat,FEL2( ).

BETA - viktfaktor.

K - prediktionsstegets längd.

VAR - variansen.

FMED - medelfelet.

IAVS - antal värden per sida (bild) vid uppritning på displayen.

```
C
C          DETTA PROGRAM GOR EN PREDIKTION MED HJALP AV
C          GENERELL EXPONENTIELL UTJAMNING
C
           LOGICAL LOG
           REAL L
           DIMENSION F(20,20),L(20,20),H(20),B(20),X(500),XP(500),
           6A(20),S(50),FEL1(500),FEL2(500),VEC(1),IT(10),P(20)
           COMMON L,X,A,F,H,B,XP,S,FEL1,FEL2,VEC,IT
           WRITE(9,101)
     101   FORMAT(' FNAM')
           READ(8,102)FNAM
     102   FORMAT(A5)
C
C          INLASNING AV DATA KOMMER ATT SKE FRAN FILEN FNAM PA DT1
C
           WRITE(9,103)
     103   FORMAT(' IT-VEKTORN')
           I=1
           DO 104 J=1,10
     104   IT(J)=RTTFF(I)
           LOG=.FALSE.
           CALL FILES('SEEK',3,IT,FNAM,'BIN',LOG)
           IF(LOG) GOTO 73
           WRITE(9,105)
     105   FORMAT(' FILEN EJ FUNNEN')
     73    NNR=1
           M=IT(8)
C
C          LASER IN DATA FRAN FILEN FNAM
C
           DO 106 J=1,M
           CALL FILDAT('READ',3,VEC,NNR)
     106   X(J)=VEC(1)
           N=IT(9)
C
C          LASER IN OVERFORINGSMATRISEN L FRAN FILEN FNAM
C
           DO 107 J=1,N
           DO 107 K=1,N
           CALL FILDAT('READ',3,VEC,NNR)
     107   L(K,J)=VEC(1)
C
C          LASER IN STARTKOEFFICIENTERNA I GEN.EXP.UTJ. FRAN FILEN FNAM
C
           DO 108 J=1,N
           CALL FILDAT('READ',3,VEC,NNR)
     108   A(J)=VEC(1)
           CALL FILES('CLOSE',3,IT,FNAM,'BIN',LOG)
           DO 74 K=1,N
     74    P(K)=A(K)
     23    WRITE(8,71)
     71    FORMAT(' IS=1=UTHOPP UR PROG.,IS=2 FORTS.,IV=1 VID NYTT BETA
           6'IV=2 VID GAMMALT BETA')
           I=1
           IS=RTTFF(I)
           IV=RTTFF(I)
C
C          M=ANTALET DATA   N=ANTALET KOEFFICIENTER I GEN.EXP.UTJ.
C          JB=ANTALET SPARADE VARDEN FOR KONVERGENSTEST (MELLAN
C          1 OCH 50)
C
           WRITE(8,70)
```

 ILD,',

```
   70 FORMAT(' JB=ANTAL DATA I KONV.TEST,IU=1=UTSKRIFT,IRIT=0=EJ B
     6/' IRIT=1=X,XP,,IRIT=2=X,XP,FEL2.,IRIT=3=X,XP,FEL2,FEL1')
      I=1
      JB=RTTFF(I)
      IU=RTTFF(I)
      IRIT=RTTFF(I)
C
C     IS,IV AR SWITCHAR . IS=1 AVSLUTAS PROGRAMMET. IS=2 FORT-
C     SATTER PROGRAMMET MED EFTERFOLJANDE SATS. IV=1 SKER
C     BERAKNING AV H(J). IV=2 SKER HOPP TILL PREDIKTIONSBERAK-
C     NINGEN.
C
      GO TO(24,25),IS
   25 WRITE(8,72)
   72 FORMAT(' BETA,KSTEG=PRED.LANGD')
      I=1
      BETA=RTTFF(I)
      KSTEG=RTTFF(I)
C
C     BETA=VIKTTAL. KSTEG=PREDIKTIONSSTEGETS LANGD.
C
      GO TO(21,22),IV
C
C     BERAKNINGEN AV F SOM AVSLUTAS NAR ALLA INGAENDE ELEMENT
C     AR MINDRE AN ETT VISST VARDE ELLER DA BERAKNINGSSLINGAN
C     GENOMLOPTS 10000 GANGER.
C
   21 DO 11 J=1,N
      DO 11 KK=J,N
      DD=0.
      BD=1.
      WRITE(6,225)KK,J
  225 FORMAT(//,11X,1HI,11X,2HF(,I2,1H,,I2,1H))
      DO 3 I=1,10000
      BD=BD*BETA
      CALL FIT(J,-I,Y)
      CALL FIT(KK,-I,Z)
      D=BD*Y*Z
      DD=DD+D
      II=MOD(I,20)
      IF(II.NE.0) GO TO 4
      WRITE(6,230)I,DD
  230 FORMAT(9X,I5,3X,F14.2)
    4 JT=JB-1
      DO 52 JP=1,JT
      JS=JB-JP+1
   52 S(JS)=S(JS-1)
      S(1)=ABS(DD)
      IF(I.LT.JB) GO TO 3
      SMAX=0.
      DO 53 JP=1,JB
   53 SMAX=AMAX1(SMAX,S(JP))
      SMIN=SMAX
      DO 54 JP=1,JB
   54 SMIN=AMIN1(SMIN,S(JP))
      TEST=SMAX/SMIN-1.
      IF(TEST.LT.1.E-3) GO TO 77
    3 CONTINUE
   77 WRITE(6,230)I,DD
      F(KK,J)=DD
   11 F(J,KK)=DD
      WRITE(6,235)
  235 FORMAT(//,10X,10HF-MATRISEN)
      DO 98 I=1,N
```

```
98      WRITE(6,240)(F(I,J),J=1,N)
240     FORMAT(11X,10F10.2/(21X,9F10.2))
        IA=10
C
C       INVERTERAR F OCH LAGGER RESULTATET I F
C
        CALL SYMINV(N,IA,IFAIL,F)
        IF(IFAIL.NE.1) GO TO 99
        WRITE(6,280)IFAIL
280     FORMAT(1H0,11X,'IFAIL=',I3,14H INVERTERINGEN,
        633H MISSLYCKADES. KORNINGEN AVBRYTES)
        GO TO 24
99      WRITE(6,245)
245     FORMAT(//,10X,'F-1-MATRISEN')
        DO 97 I=1,N
97      WRITE(6,240)(F(I,J),J=1,N)
        DO 13 I=1,N
13      H(I)=0
C
C       H(J) AR EN VEKTOR (VIKTVEKTOR) SOM VIKTAR FELETS BETYDELSE
C       VID BERAKNING AV DE NYA A-PARAMETRARNA.
C
        DO 14 KK=1,N
        DO 14 J=1,N
        CALL FIT(KK,0,Y)
14      H(J)=F(J,KK)*Y+H(J)
        WRITE(6,350)(H(J),J=1,N)
350     FORMAT(//,10X,4HH(J)/(11X,F14.6))
22      DO 76 K=1,N
76      A(K)=P(K)
75      WRITE(6,650)BETA
650     FORMAT(1H1,10X,'BETA=',F7.5)
        IF(IU.NE.1) GOTO 65
        WRITE(6,700)
700     FORMAT(//,1X,'TID    DATA                                              ',
        6'KOEFFICIENTER                               PREDIKTION',
        6' PREDIKTIONS- SUM PREDIKTIONS-')
        WRITE(6,800)KSTEG
800     FORMAT(3X,'T      X(T)       A1      A2      A3      A4      A5',
        6'     A6      A7      A8      A9     A10  XP(T-',I2,
        6')     FEL       FEL I KVADRAT')
        WRITE(6,850)(A(J),J=1,N)
850     FORMAT(/15X,F9.2,9F7.2)
C
C       BERAKNING AV A-PARAMETRARNA
C
65      DO 27 K=1,M
        XP(K)=0
        FEL1(K)=0
27      FEL2(K)=0
        IR=0
        SUM=0
        DO 26 I=1,M
        IF(I.EQ.1) GO TO 78
        C=0
        DO 15 J=1,N
15      B(J)=0
        DO 17 J=1,N
        CALL FIT(J,1,Y)
17      C=A(J)*Y+C
        E=X(I+1)-C
        DO 18 J=1,N
        DO 18 KK=1,N
18      B(J)=L(KK,J)*A(KK)+B(J)
```

```
              DO 16 J=1,N
        16    A(J)=B(J)+H(J)*E
        C
        C     BERAKNING AV PREDIKTIONEN
        C
        78    DO 20 KK=1,N
              CALL FIT(KK,KSTEG,Y)
              JJ=I+KSTEG
              IF(JJ.GT.M) GO TO 26
        20    XP(JJ)=A(KK)*Y+XP(JJ)
              FEL1(JJ)=X(JJ)-XP(JJ)
              IF(JJ.NE.1) GO TO 28
              FEL2(JJ)=FEL1(JJ)**2
              GO TO 29
        28    FEL2(JJ)=FEL1(JJ)**2+FEL2(JJ-1)
        29    SUM=SUM+FEL1(JJ)
              IR=IR+1
              IF(IU.NE.1) GOTO 26
              WRITE(6,900)I,X(I),(A(IJ),IJ=1,10),XP(I),FEL1(I),FEL2(I)
        900   FORMAT(2X,I3,1X,2F9.2,9F7.2,1X,F9.2,F9.2,F15.4)
              IF(N.LE.10) GOTO 26
              WRITE(6,901)(A(I),I=10,N)
        901   FORMAT(15X,F9.2,9F7.2)
        26    CONTINUE
        C
        C     BERAKNING AV VARIANS OCH MEDELFEL
        C
              VAR=(FEL2(M)-SUM**2/FLOAT(IR))/FLOAT(IR-1)
              FMED=SUM/FLOAT(IR)
              WRITE(6,950)KSTEG,VAR,FMED
        950   FORMAT(//,10X,'PREDIKTIONSSTEG=',I2,5X,'VARIANS=',F20.7,
              65X,'MEDELFEL=',F15.7)
              IF(IRIT.EQ.0) GO TO 23
              WRITE(8,64)
        64    FORMAT(' IAVS=ANTAL VARDEN PER SIDA')
              I=1
              IAVS=RTTFF(I)
              CALL RITA(X,XP,M,IAVS)
              PAUSE 1
              IF(IRIT.EQ.1) GOTO 23
              CALL RITA(FEL2,FEL2,M,IAVS)
              PAUSE 2
              IF(IRIT.EQ.2) GOTO 23
              CALL RITA(FEL1,FEL1,M,IAVS)
              GOTO 23
        24    CONTINUE
              STOP
              END
```

```
      SUBROUTINE FIT(I,J,Y)
      T=J
      GOTO(1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20),I
1     Y=1.
      GOTO 21
2     Y=T
      GOTO 21
3     Y=T*(T-1.)/2.
      GO TO 21
4     Y=SIN(2.*3.1416*T/12.)
      GOTO 21
5     Y=COS(2.*3.1416*T/12.)
      GOTO 21
6     Y=SIN(2.*3.1416*T/3.)
      GOTO 21
7     Y=COS(2.*3.1416*T/3.)
      GOTO 21
8     Y=SIN(2.*3.1416*T/6.)
      GOTO 21
9     Y=COS(2.*3.1416*T/6.)
      GOTO 21
10    Y=SIN(2.*3.1416*T/7.)
      GOTO 21
11    Y=COS(2.*3.1416*T/7.)
12    CONTINUE
13    CONTINUE
14    CONTINUE
15    CONTINUE
16    CONTINUE
17    CONTINUE
18    CONTINUE
19    CONTINUE
20    CONTINUE
21    CONTINUE
      RETURN
      END
```

APPENDIX A5

Dataprogrammet SKATT

Programmet behöver SUBROUTINERNA:

FILES	-	biblioteksprogram
RITA	-	(se appendix A6)

Variabler:

X(200)	-	vektor som innehåller data.
AX(200)	-	vektor som innehåller eventuellt korrigerade X-data.
XP(200)	-	vektor som innehåller prediktionen.
SUM(200)	-	vektor som innehåller summan av AX-data under perioden.
SUMP(200)	-	vektor som innehåller prediktionen av SUM.
FEL1(200)	-	vektor som innehåller prediktionsfel.
FEL2(200)	-	vektor som innehåller summa prediktionsfel i kvadrat.
N	-	antal data.
K	-	prediktionsstegets längd.
ALFA	-	utjömningsfaktor.
VAR	-	varians.
FMED	-	medelfelet (X( ) - XP( )).
IAVS	-	antal värden per sida vid uppritning på display.
IGEN	-	väljare, =1 medför att programmet tas om från början.

```
C
C         DETTA PROGRAM GOR EN PREDIKTION ENLIGT DEN
C         HEURISTISKA METODEN
C
          DIMENSION X(200),AX(200),XP(200),SUM(200),SUMP(200),FEL1(200),
          6FEL2(200)
          WRITE(8,1)
1         FORMAT(' N=ANTALET DATA')
C
C         N AR ANTALET DATA
C
          I=1
          N=RTTFF(I)
C
C         LASER IN DATA FRAN REMSA
C
          READ(5,2)(X(I),I=1,N)
2         FORMAT(F14.5)
C
C         HAR KAN EN GODTYCKLIG FUNKTION DRAS IFRAN DATA
C
          DO 3 I=1,N
3         AX(I)=X(I)
4         WRITE(8,5)
5         FORMAT(' K,ALFA')
C
C         K AR PREDIKTIONSSTEGETS LANGD
C         ALFA AR UTJAMNINGSFAKTOR
C
          I=1
          K=RTTFF(I)
          ALFA=RTTFF(I)
          L=N-K
          DO 21 I=1,N
          FEL1(I)=0.0
          FEL2(I)=0.0
21        XP(I)=0.
C
C         PREDIKTIONEN BERAKNAS
C
6         DO 9 I=12,L
          S=0.0
          M=I-11
          DO 7 J=M,I
7         S=AX(J)+S
          SUM(I)=S
          VIKT=AX(I-11+MOD(K-1,12))/SUM(I)
          IF(I.GT.12) GOTO 8
          S1I=SUM(I)
          S2I=SUM(I)
8         B=1.-ALFA
          S1I=ALFA*SUM(I)+B*S1I
          S2I=ALFA*S1I+B*S2I
          A=(ALFA/B)*(S1I-S2I)
          XT=2.*S1I-S2I
          SUMP(I+K)=XT+A*FLOAT(K)
C
C         OM GODTYCKLIG FUNKTION DRAGITS IFRAN DATA MASTE DEN
C         LAGGAS TILL HAR IGEN
C
9         XP(I+K)=VIKT*SUMP(I+K)
          LL=12+K
          SU=0.0
```

```
              IR=0
      C
      C       BERAKNING AV VRIANS OCH MEDELFEL
      C
              DO 10 I=LL,N
              FEL1(I)=X(I)-XP(I)
              IF(I.NE.13) GOTO 11
              FEL2(I)=FEL1(I)**2
              GOTO 12
      11      FEL2(I)=FEL1(I)**2+FEL2(I-1)
      12      SU=SU+FEL1(I)
      10      IR=IR+1
              VAR=(FEL2(N)-SU**2/FLOAT(IR))/FLOAT(IR-1)
              FMED=SU/FLOAT(IR)                                   ANS=',
              WRITE(6,13)K,ALFA,VAR,FMED
      13      FORMAT(//,10X,'PREDIKTIONSSTEG=',I2,5X,'ALFA=',F4.2,5X,'VARI
              6F20.7,5X,'MEDELFEL=',F15.7)
              IAVS=150
      C
      C       HAR UPPRITAS DATA PLUS PREDIKTION,PREDIKTIONSFEL
      C       OCH SUMMA PREDIKTIONSFEL I KVADRAT PA DISPLAYEN
      C
              CALL RITA(X,XP,N,IAVS)
              PAUSE 1
              CALL RITA(FEL2,FEL2,N,IAVS)
              PAUSE 2
              CALL RITA(FEL1,FEL1,N,IAVS)
      15      WRITE(8,17)
      17      FORMAT(' IGEN=1 IGEN')
              I=1
              IGEN=RTTFF(I)
              IF(IGEN.EQ.1) GOTO 4
              STOP
              END
```

APPENDIX A6

Dataprogrammet RITA, som ritar på displayen.

Programmet behöver SUBROUTINERNA:

MINMAX - biblioteksprogram
SCALE - biblioteksprogram
AXIS - biblioteksprogram
LINE - biblioteksprogram

Variabler:

X(1) - den ena vektorn som skall uppritas.
XP(1) - den andra vektorn som skall uppritas.
M - antal data.
IAVS - antal värden per sida vid uppritning på displayen.

```
      C
      C     SUBROUTINE RITA(X,XP,M,IAVS) RITAR TVA KURVOR
      C     PA DISPLAYEN
      C
            SUBROUTINE RITA(X,XP,M,IAVS)
            DIMENSION X(1),XP(1),TID(600),IX(500),IXP(500),ITID(600)
            ITT=1
            CALL MINMAX(X(1),M,UMIN,UMAX,ITT)
            CALL MINMAX(XP(1),M,UMIN,UMAX,ITT)
            MM=(M-1)/IAVS+1
            K=MM*IAVS
            DO 61 I=1,K
      61    TID(I)=I
            DO 66 KL=1,MM
            KF=(KL-1)*IAVS+1                                            ST,0)
            KS=KL*IAVS
            CALL SCALE(TID(KF),ITID(KF),IAVS,22.,TID(KF),TID(KS),SMINT,D
            DO 68 J=KF,KS
      68    ITID(J)=ITID(J)+50
            IF(KL.EQ.MM) GOTO 63
            CALL SCALE(X(KF),IX(KF),IAVS,17.,UMIN,UMAX,SMINX,DSX,0)
            CALL SCALE(XP(KF),IXP(KF),IAVS,17.,UMIN,UMAX,SMINXP,DSXP,0)
            DO 69 L=KF,KS
            IX(L)=IX(L)+150
      69    IXP(L)=IXP(L)+150
            GOTO 64
      63    NN=MOD(M-1,IAVS)+1
            CALL SCALE(X(KF),IX(KF),NN,17.,UMIN,UMAX,SMINX,DSX,0)
            CALL SCALE(XP(KF),IXP(KF),NN,17.,UMIN,UMAX,SMINXP,DSXP,0)
            KNN=KF+NN
            DO 70 L=KF,KNN
            IX(L)=IX(L)+150
      70    IXP(L)=IXP(L)+150
      64    ASSIGN 1000 TO IFMT
      1000  FORMAT(7HMANADER)
            ASSIGN 2000 TO IFMU
      2000  FORMAT(8HX=I,XP=*)
            CALL AXIS(50,150,22.,IFMT,7,0.,SMINT,DST)
            CALL AXIS(50,150,17.,IFMU,8,90.,SMINX,DSX)
            IF(KL.EQ.MM) GOTO 65
            CALL LINE(ITID(KF),IX(KF),IAVS,1,40,7)
            CALL LINE(ITID(KF),IXP(KF),IAVS,1,40,5)
            PAUSE 4
            GOTO 66
      65    CALL LINE(ITID(KF),IX(KF),NN,1,40,7)
            CALL LINE(ITID(KF),IXP(KF),NN,1,40,5)
      66    CONTINUE
            RETURN
            END
```

APPENDIX A7

Dataprogrammet MLDAT

Programmet behöver SUBROUTINERNA:

FILES - biblioteksprogram

Variabler:

X(500) - vektor som innehåller data.
IT(10) - vektor som innehåller information för senare inläsning till fil.
N - antal data.

DETTA PROGRAM GENERERAR DATA UTAN BRUS

```
          DIMENSION X(500),IT(10)
          WRITE(8,1)
    1     FORMAT(' N')
          I=1
          N=RTTFF(I)
          DO 2 I=1,N
          T=I
    2     X(I)=118.7662+1.2320*T+0.0229*T*(T-1.)/2.
          6-9.0959*SIN(2.*3.1416*T/12.)-29.4522*COS(2.*3.1416*T/12.)
          WRITE(8,3)
    3     FORMAT(' IT-VEKTORN')
          I=1
          DO 4 J=1,10
    4     IT(J)=RTTFF(I)
          WRITE(7,5)(IT(J),J=1,10),(X(M),M=1,N)
    5     FORMAT(1X,I6/1X,I6/1X,I6/1X,I6/1X,I6/1X,I6/1X,I6/
          61X,I6/1X,I6/1X,I6/(1X,F14.5))
          STOP
          END
```

APPENDIX A8

SAMMANFATTNING AV MAXIMUM LIKELIHOOD METODEN

ur K.Eklund: Linear drum boiler-turbine models
Rapport 7117, Nov. 1971

The identification problem is to estimate a number of unknown parameters in a model of known structure. The available information is a sequence of measured values of the input variable $\{u(t),\ t=1,\ 2,\ \ldots,\ N\}$ and the output variable $\{y(t),\ t=1,\ \ldots,\ N\}$ of the process under consideration. The sampling interval is fixed and normalized to 1.

Using the maximum likelihood method it is assumed that the process can be described by a linear model of n:th order and that the disturbance is a stationary gaussian process with rational power spectra. A general model under these assumptions is

$$A^*(q^{-1})y(t) = B_1^*(q^{-1})u(t) + \lambda C^*(q^{-1})e(t) \qquad (2.1)$$

In eq. (2.1), $\{e(t)\}$ is a sequence of independent normal (0,1) random variables and q denotes the shift operator

$$qx(t) = x(t+1)$$

The polynomials A^*, B_1^* and C^* are defined as

$$\begin{aligned} A^*(z) &= 1 + a_1 z + \ldots + a_n z^n \\ B_1^*(z) &= b_1 z + b_2 z^2 + \ldots + b_n z^n \\ C^*(z) &= 1 + c_1 z + \ldots + c_n z^n \end{aligned} \qquad (2.2)$$

It is assumed that the polynomials $A(z) = z^n A^*(z^{-1})$ and $C(z) = z^n C^*(z^{-1})$ have all zeros inside the unit circle and that there are no factors in common to all polynomials $A(z)$, $B_1(z)$, $C(z)$.

The parameter λ in the model (2.1) controls the variance of the noise since var[e(t)] is normalized to 1.

The problem is solved by establishing the maximum likelihood function for the estimation of the parameters

$$\theta^T = (a_1\ a_2 \ldots a_n\ b_1 \ldots b_n\ c_1 \ldots c_n)$$

and the parameter λ. The maximizing of the logarithm of the likelihood function

$$\log L(\theta,\lambda) = -\frac{1}{2\lambda^2}\sum_{t=1}^{N}\epsilon^2(t) - \frac{N}{2}\log\lambda - \frac{N}{2}\log 2\pi \tag{2.3}$$

is equivalent to minimizing the loss function

$$V(\theta) = \frac{1}{2}\sum_{t=1}^{N}\epsilon^2(t) \tag{2.4}$$

where the residuals $\epsilon(t)$ are obtained from

$$\hat{C}^*(q^{-1})\epsilon(t) = \hat{A}^*(q^{-1})y(t) - \hat{B}_1^*(q^{-1})u(t) \tag{2.5}$$

and $\hat{A}$, $\hat{B}_1$ and $\hat{C}$ denotes the estimates of the polynomials A, B_1 and C. The estimation problem is thus equivalent to minimizing a function of several variables.

Knowing the estimate $\hat{\theta}$ and the minimal value $V(\hat{\theta})$ of the loss function the parameter λ is estimated as

$$\hat{\lambda}^2 = \frac{2}{N}V(\hat{\theta}) \tag{2.6}$$

It has been shown [52] that the maximum likelihood estimates are consistent, assymptotically normal and efficient under mild conditions.

The residuals $\epsilon(t)$ have a nice interpretation. It can be shown that the residuals equal the one-step ahead prediction error. Thus the maximum likelihood method tries to estimate the parameters of the model (2.1) in such a way that the sum of squared prediction errors is minimized.

An iterative technique is used to find the minimum of $V(\theta)$ and both the gradient V_θ and the matrix of second derivatives $V_{\theta\theta}$ are utilized in the recursive formula for improving the estimate $\hat{\theta}$. Apart from improving the rate of convergence the matrix $V_{\theta\theta}$ also gives the accuracy of the parameters since an estimate of the covariance matrix $\lambda^2 V_{\theta\theta}^{-1}$ then is available.

The order of the model is usually not known à priori. This problem is solved by repeated identification of the parameters in models of increasing order. A statistical test may then be applied to judge, if the loss function has decreased significantly, when model order is increased from n to $n+1$. Let V_i be the minimal value of the loss function for the i:th order model. The null hypothesis is that the model is of order n. Then the test variable

$$F_{n+1,n} = \frac{V_n - V_{n+1}}{V_{n+1}} \; \frac{N - 3(n+1)}{3} \tag{2.7}$$

has an $F[3, N - 3(n+1)]$ distribution under null hypothesis. When N is large $3F_{n+1,n}$ tends towards a χ^2 distribution with 3 degrees of freedom. Usually the risk level 5 % is used that is, if the test quantity is greater than 2.6 ($N>100$) then the loss function has been decreased significantly and model order is at least $n+1$.

The material given above is somewhat simplified. The model (2.1) is easily extended to have more than one input. By shifting the time series $\{u(t),\ t = 1, \ldots, N\}$ or $\{y(t),\ t = 1, \ldots, N\}$ the model (2.1) can also be applied to processes where the $B_1^*(z)$ polynomial contains a constant term b_o. In the same way processes described by the model

$$A^*(q^{-1})y(t) = B^*(q^{-1})u(t-k) + \lambda C^*(q^{-1})e(t) \tag{2.8}$$

where

$$B^*(z) = b_0 + b_1 z + \ldots + b_n z^n = b_o + B_1^*(z)$$

can be handled. The model can thus be extended to contain k time delays.