



Lennart Hjalmarsson

**Substitutionsmöjligheter
mellan energi och andra
produktionsfaktorer**

Småtryck från



nr 84

Särtryck ur

Os I 1977:17

INDUSTRIENS

UTREDNINGS-

INSTITUT

STOCKHOLM



Industriens Utredningsinstitut

är en fristående vetenskaplig forskningsinstitution grundad 1939 av Svenska Arbetsgivareföreningen och Sveriges Industriförbund.

Syfte

Att bedriva forskning rörande ekonomiska och sociala förhållanden av betydelse för den industriella utvecklingen.

Verksamhet

Huvuddelen av arbetet inom institutet ägnas åt långsiktiga forskningsuppgifter. Man siktar härvid till ett studium av de grundläggande sammanhangen inom näringslivet och särskilt till att belysa de frågor som hör samman med strukturella och institutionella förändringar. Forskningsresultaten publiceras i institutets skriftserier.

Vid sidan om det långsiktiga forskningsarbetet utför institutet smärre utredningar rörande speciella problem samt ger viss service åt industriföretag, organisationer, statliga myndigheter etc.

Styrelse

Tekn. dr Herr Wallenberg, hedersordf.

Direktör Erland Waldenström, ordf.

Tekn. dr Ingmar Eidem

Direktör Nils Holgerson

Direktör Rune Höglund

Direktör Axel Iveroth

Direktör Olof Ljunggren

Direktör Lars Nabseth

Tekn. dr Curt Nicolín

Direktör Alde Nilsson

Direktör Åke Palm

Direktör Hans Stahle

Direktör Sven-Olov Träff

Direktör K. Arne Wegerfelt

Disponent Karl Erik Önnestjö

Docent Gunnar Eliasson, chef

Adress

Industriens Utredningsinstitut
Grevgatan 34, Box 5037, 102 41 Stockholm
Tel. 08-63 50 20

ISBN 91-7204-077-7

Ds I 1977:17

BILAGA 13

SUBSTITUTIONSMÖJLIGHETER MELLAN ENERGI
OCH ANDRA PRODUKTIONSFAKTORER

Lenhart Hjalmarsson



Innehållsförteckning

	<u>Sid</u>
1 Inledning	13:1
2 Substitutionsbegreppet	13:2
3 Mått på substitutionsmöjligheter	13:3
4 Empiriska mätningar av substitutions- och priselasticiteter: En litteraturöversikt	13:3
5 En modell för branschanalyser och substitutions- möjligheter på branschnivå	13:10
6 Datamaterialet	13:14
7 Den produktionsteoretiska analysen och empiriska resultat	13:19



1 Inledning

Substitutionsbegreppet är ett av de mest centrala begreppen inom ekonomisk teori. Stora substitutionsmöjligheter inom en ekonomi underlättar ekonomisk anpassning till förändringar i yttre villkor, t ex när det gäller tillgången på energi och råvaror. Ju större substitutionsmöjligheterna mellan olika produktionsfaktorer är desto större är den möjliga tillväxttakten i ekonomin, eftersom relativt snabbt växande faktorer kan ersätta långsamt växande faktorer. Kunskaper om substitutionsmöjligheterna mellan energi och andra produktionsfaktorer är därför viktiga när det gäller att bedöma effekterna på ekonomin av en ökad knapphet på energi.

Existerande studier av substitutionsmöjligheter mellan energi och andra produktionsfaktorer har i allmänhet genomförts på en mycket aggregerad nivå. Substitutionselasticitet och priskänslighet har skattats för industrisektorn som helhet eller för branscher på aggregerad nivå. Denna rapport kommer att omfatta dels en kort översikt av några tidigare i litteraturen redovisade studier, dels en analys av ett eget datamaterial på mycket detaljerad nivå för svenska masugnar, mejerier och kvarnar samt tillverkning av spånskivor, träfiberplattor och cement. Studien avser att belysa företagets val av teknik i existerande anläggningar, hur detta teknikval förändrats över tiden och orsaken till förändringarna. Studien avser att ge svar på frågor om vilka substitutionsmöjligheter som existerar mellan energi och övriga produktionsfaktorer utifrån de observationer vi har för företagets faktiska val av teknik, och hur stor spridningen i energiåtgång per producerad enhet är mellan olika anläggningar i samma bransch vilket kan ge en uppfattning om rationaliseringspotentialen med avseende på energiåtgången.

Substitutionsmöjligheter på kort sikt avser den substitution som är möjlig vid given byggnads- och maskinkapitalutrustning. Substitutionsmöjligheter på lång sikt avser den substitution som kommer till stånd genom kapitalstockens gradvisa förändring vid nyinvesteringar.

Med åtgångstal avses nedan åtgången av en produktionsfaktor per producerad enhet.

2 Substitutionsbegreppet

Substitutionsprocessen mellan energi och andra produktionsfaktorer kan föregå på flera olika nivåer i en ekonomi:

1. Inom det enskilda företaget. Energiförbrukningen i en anläggning kan minskas genom tillvaratagande av spillvärme vilket kräver mera kapital. Olika produktionsprocesser med olika åtgång av produktionsfaktorer kan ersätta varandra.
2. På homogen branschnivå, dvs inom en bransch som producerar en homogen produkt men där anläggningarna representerar olika årgångar av kapital med olika årgångstal för produktionsfaktorerna. Den svenska spånskivbranschen t ex innehåller både äldre arbetskraftsintensiva men relativt energisnåla anläggningar och nyare energikrävande anläggningar i låga åtgångstal för arbetskraften. Om inte kapaciteten i sektorn utnyttjas fullt ut existerar det relativt stora substitutionsmöjligheter mellan arbetskraft och energi genom att variera utnyttjandegraden i anläggningar med olika åtgångstal för arbetskraft och energi.
3. På aggregerad branschnivå, dvs inom en bransch som producerar en rad olika produkter t ex kemisk industri, verkstadsindustri osv. Ökade energikostnader kan här kompenseras genom förändringar i produktionsansättningen inom branschen genom att produktionsandelen för energisnåla produkter ökar på bekostnad av mera energiintensiva produkter.
4. Inom industrisektorn som helhet genom en förändring i branschammansättningen. Stigande energikostnader i Sverige kan förväntas reducera betydelsen av den tunga energikrävande industrin medan verkstadsindustri och annan lättare industri kommer att expandera.
5. Inom ekonomin som helhet genom förändringar i förhållandet mellan jord och skogsbruk, industrisektor och tjänstesektor osv.

Substitutionsmöjligheterna kan variera mellan de olika nivåerna av ekonomier kanske minst inom det enskilda företaget och störst för ekonomin som helhet. Substitutionsmöjligheterna kan vara begränsade på kort sikt vid given kapitalutrustning i företagen men betydande på lång sikt när ny teknik kan införas genom nyinvesteringar.

3 Mått på substitutionsmöjligheter

Ett vanligt mått på substitutionsmöjligheter är den s k substitutionselasticiteten, som anger hur många procent förhållandet mellan produktionsfaktorerna förändras när förhållandet mellan faktorpriserna förändras med 1 procent och produktionsnivån förutsätts oförändrad. Substitutionselasticiteten mellan arbetskraft och energi anger alltså den procentuella förändringen i förhållandet mellan arbetskraft och energi som uppstår vid en enprocentig förändring i det relativa prisförhållandet mellan lön och energipris.

Om substitutionselasticiteten är positiv mellan arbetskraft och energi, så leder en prisökning på energi till att mera arbetskrävande produktionsmetoder väljs. Vi säger då att arbetskraft och energi är substitut. Om substitutionselasticiteten är negativ så är arbetskraft och energi komplement. De empiriska undersökningar som hittills presenterats visar att arbetskraft och energi är substitut i produktionen. Det kommer då att användas mera arbetskraft för att producera en given mängd varor om priset på energi stiger relativt priset på arbetskraft.

Ett annat mått på substitutionsmöjligheterna är priselasticiteten för olika produktionsfaktorer. Priselasticiteten anger här hur mycket efterfrågan på en produktionsfaktor förändras när priset på samma eller någon annan produktionsfaktor stiger med 1 procent samtidigt som produktionen hålls konstant. Det existerar ett direkt samband mellan denna typ av priselasticiteter och substitutionselasticiteter. Priselasticiteten är lika med substitutionselasticiteten multiplicerad med produktionsfaktorns andel av de totala produktionskostnaderna. Se t ex Allen (1938).

4 Empiriska mätningar av substitutions- och priselasticiteter: En litteraturöversikt

Det existerar ett stort antal empiriska studier av värdet på substitutionselasticiteter, men nästan samtliga gäller förhållandet mellan arbetskraft

och kapital där resultaten vanligen varierar mellan 0,3 och 1,6 men också betydligt högre värden har erhållits. På senare tid har emellertid substitutionselasticiteten mellan energi och andra produktionsfaktorer också estimerats i några undersökningar från USA och Canada av bl a Berndt och Wood (1975), Denny och Pinto (1975) och Fuss & Hyndman & Waverman (1975). I samtliga undersökningar har substitutionselasticiteten (den så kallade Allen Partial Elasticity of Substitution) för kapital, K, arbetskraft, L, energi, E, råvaror, M, estimerats men utifrån olika specifikationer av produktionsfunktionen. Berndt och Wood utnyttjade en homotetisk translog produktionsfunktion för aggregerade tidsseriedata för industrisektorn i USA 1947-1971. Denny och Pinto en generaliserad icke-homotetisk Leontief funktion på motsvarande Canada-data 1949-1970 och Fuss-Hyndman-Waverman en modifierad translog funktion med tvärsnitts-tidsseriedata för Canada 1958-1971. Resultaten framgår av tabellerna nedan där också estimerade priselasticiteter presenteras:

Tabell 1 Substitutionselasticiteten mellan kapital, (K), arbetskraft energi (E) och råvara (M)

	(1)	(2)	(3)
K-L	1,01	5,46	,72
K-E	-3,22	-11,91	,42
K-M	,56	-0,99	1,17
L-E	,64	4,89	1,70
L-M	,60	,43	,46
E-M	,74	,12	,17

(USA 1965) (Canada 1965)(Canada 1961-71)

- (1) Berndt och Wood (1975)
- (2) Denny och Pinto (1975)
- (3) Fuss, Hyndman och Waverman (1975)

Tabell 2 Egen och korspriselasticitet för arbetskraft (L), energi (E), kapital (K) och råvaror (M)

Priselasticitet	USA (1)		Canada (2)	Ontario (3)
	1965	1971	1970	1971
E_{KK}	-.50	-.44	-.31	-.79
E_{KL}	.29	.30	-	-
E_{KE}	-.14	-.16	-	-
E_{KM}	.35	.30	-	-
E_{LK}	.06	.05	-	-
E_{LL}	-.46	-.45	-.77	-.45
E_{LE}	.03	.03	-	-
E_{LM}	.37	.37	-	-
E_{EK}	-.18	-.17	-	-
E_{EL}	.18	.20	-	-
E_{EE}	-.45	-.49	-.59	-.36
E_{EM}	.46	.46	-	-
E_{MK}	.03	.02	-	-
E_{ML}	.17	.18	-	-
E_{ME}	.03	.03	-	-
E_{MM}	-.23	-.24	-.05	-.37

(1) Berndt och Wood

(2) Denny och Pinto

(3) Fuss, Hyndman och Waverman

E_{EL} anger här hur mycket efterfrågan på energi (vid konstant produktionsnivå) förändras när lönen stiger med 1 procent och E_{LE} anger hur mycket efterfrågan på arbetskraft förändras när energipriset stiger med 1 procent. E_{EE} anger hur mycket efterfrågan på energi förändras (vid konstant produktionsnivå) då energipriset stiger med 1 procent.

Som vi ser uppvisar substitutionselasticiteterna betydligt större spridning än de direkta priselasticiteterna. Vi finner också att USA-studien (1) och Canada-studien (2) ger komplementaritet som resultat mellan energi och kapital, medan (3) ger substituerbarhet som resultat. För övrigt finner vi

endast ytterligare ett fall av komplementaritet, nämligen mellan kapital och råvaror i (2).

Energiefterfrågan tycks vara relativt priskänslig med en egen-priselastisitet på ca -0.46 hos Berndt och Wood. Energi och arbetskraft är ganska lå substituierbara medan energi och kapital uppvisar en betydande komplementaritet.

En annan intressant undersökning som diskuterar energi - substitution är Hudson och Jorgenson (1974) som studerar effekterna på USA:s ekonomi av olika skattehöjningar på energi.

Med samma data som Hudson och Jorgenson har Dailami (1974) beräknat substitutionselastisiteten mellan kapital och olja för sju amerikanska industri-sektorer. Undersökningen refereras i Utne (1975). Värdena är avsevärt mindre än ett och i de flesta fall negativa. Mellan arbetskraft och olja är estimaten av substitutionselastisiteten avsevärt större än ett. Dessa resultat indikerar också att arbetskraft och energi är substitut medan kapital och energi är komplement.

Att kapital och energi skulle vara starkt komplementära på kort sikt förefaller rimligt, att de skulle vara det också på lång sikt är inte lika självklart. En lång rad empiriska observationer talar emot detta. I en intressant artikel av Griffin och Gregory (1976) kritiseras också studierna av Berndt Wood och Hudson-Jorgenson. Utgångspunkten för kritiken är följande fråga Vad avslöjar egentligen den typ av data (tidsseriedata för industrisektorn i USA) som Berndt-Wood och Hudson-Jorgenson använt sig av? En viktig svaghet vid dessa data är den speciellt lilla variation i energipriset över den tidsperiod som data omfattar. Tidsseriedata med liten variation i relativa priser kan knappast ge någon väsentlig information om långsiktiga substitutionsmöjligheter utan resultatet är snarast att betrakta som elasticiteter på kort sikt. Undersökningar baserade på tvärsnittsdata anses däremot vanligen ge information om långsiktiga elasticiteter men spridningen i relativa priser är ofta liten inom ett och samma land och det kan också ifrågasättas om de observationer av input och output som fås i ett enda tvärsnitt kan sägas spegla ett långsiktigt jämviktsläge och långsiktig anpassning. För att komma runt problemet med den begränsade variationen i priserna utnyttjar Griffin och Gregory internationella data (1955 till 1969) för industrisektorn i nio industrilän

Speciellt för energipriserna är variationsområdet långt större än i tidigare studier. Dessutom borde observationer mellan länder mera reflektera långsiktig anpassning, eftersom prisskillnader mellan länder tenderar att vara resultat av en sedan länge etablerad pris-, skatte- och subsidiepolitik.

Griffin och Gregory baserar sin analys på samma typ av ekonometrisk modell som Berndt-Wood och Hudson-Jorgenson men var tvungna att utesluta råmaterial på grund av brist på data.

Resultaten av analysen presenteras i tabellerna 3 och 4 nedan, där också resultaten från Berndt-Wood och Hudson-Jorgenson tagits med som jämförelse.

Tabell 3 Substitutionselasticiteter 1965 för kapital (K), arbetskraft (L), och energi (E)

Land	σ_{KL}	σ_{KE}	σ_{LE}
Belgien	.39	1.02	.87
Danmark	.52	1.04	.72
Frankrike	.41	1.05	.82
Västyskland	.50	1.03	.78
Italien	.43	1.03	.85
Nederländerna	.41	1.02	.86
Norge	.40	1.02	.86
Storbritannien	.39	1.04	.84
USA	.06	1.07	.87
USA			
Berndt-Wood	1.01	-3.22	.65
Hudson-Jorgenson	1.09	-1.39	2.16

Källa: Griffin och Gregory (1976)

Tabell 4 Egen och korspriselasticiteter 1965 för energi (E), kapital
arbetskraft (L) och råvaror (M)

Land	E_{EE}	E_{EK}	E_{EL}	E_{EM}	E_{LL}	E_{LK}	E_{LE}	E_{LM}	E_{KK}	E_{KL}	E_{KE}	E_{KM}
Belgien	-.77	.32	.45		-.27	.12	.15		-.38	.20	.17	
Danmark	-.79	.39	.40		-.25	.19	.05		-.37	.29	.08	
Frankrike	-.80	.27	.52		-.19	.11	.08		-.37	.26	.11	
Västtyskland	-.80	.40	.40		-.27	.19	.08		-.36	.26	.10	
Italien	-.79	.33	.45		-.26	.14	.12		-.38	.23	.15	
Nederländerna	-.78	.32	.45		-.26	.13	.13		-.38	.22	.16	
Norge	-.77	.33	.45		-.27	.13	.14		-.38	.21	.17	
England	-.80	.27	.53		-.20	.10	.09		-.37	.25	.12	
USA	-.79	.15	.64		-.12	.01	.11		-.18	.05	.13	
USA												
Berndt-Wood	-.45	-.18	.18	.46	-.46	.06	.03	.37	-.50	.29	-.14	
Hudson- Jorgenson	.07	-.18	.57	-.46	-.45	.14	.04	.27	-.42	.29	-.02	

Källa: Griffin och Gregory (1976)

Jämfört med Berndt-Wood och Hudson-Jorgenson är resultaten ifråga om ar
kraft och energi relativt samstämmiga åtminstone vad gäller tecknen. Oä
är skillnaderna ifråga om kapital - energielasticiteterna betydande. Gr
och Gregory får en substitutionelasticitet mellan energi och kapital s
varierar mellan 1,02 och 1,07, vilket förstärker kritiken att tidigare
seriestudier inte mäter långsiktiga elasticiteter. Estimaten av energip
elasticiteterna förstärker ytterligare denna kritik. För samtliga lände
ger den direkta priselasticiteten för energi på ca -0,8 jämfört med -.4
kortsiktig priselasticitet hos Berndt och Wood och det perversa resulta
hos Hudson och Jorgenson på +,07.

Griffin och Gregory har utlämnat energi - råvarusubstitution vilket te
att ge för små värden på elasticiteterna och resultaten är i så fall et
underskattande av de sanna långsiktiga elasticiteterna.

Det kan också konstateras att tidigare mer direkta på efterfrågefunktion
baserade undersökningar av industrins energipriskänslighet har åtminsto
för elektricitet gett mycket höga värden ifråga om långsiktiga elasti

Tabell 5 redovisar resultatet av 4 olika studier av elpriskänslighet för industrin, refererade i Taylor (1975). Som framgår ligger dessa värden betydligt över de ovan redovisade.

Tabell 5 Skattningar av industrins priselasticitet för elektricitet.
Källa: Taylor 1975 s 101.

Studie	Priselasticitet		Datatyp
	kortsikt	långsikt	
Fisher & Kaysen 1962	-	≈ -1,25	Tvärsnittsdata: Stater USA
Baxter & Rees 1968	-	≈ -1,50	Tidsseriedata: Branscher England
Anderson (2) 1971	-	-1,94	Tvärsnittsdata: Stater USA
Mount, Chapman & Tyrrell 1973	-0,22	-1,82	Tidsserie- tvärsnittsdata: stater USA

Sammanfattningsvis kan konstateras att på aggregerad nivå för industrisektorn som helhet föreligger betydande substitutionsmöjligheter mellan energi och övriga produktionsfaktorer på lång sikt, speciellt mellan energi och kapital och energi och arbetskraft men även mellan energi och råvaror. På kort sikt däremot tycks energi och kapital vara komplementära medan energi och arbetskraft och energi och råvaror utgör substitut. Relativa priser för olika produktionsfaktorer har därför stor betydelse för företagets val av teknik och åtgångstal för olika produktionsfaktorer.

Resultaten tyder också på att energin är den mest priskänsliga produktionsfaktorn på lång sikt. I Griffin och Gregorys undersökning är priselasticiteten för energi betydande och mer än dubbelt så hög som för arbetskraft och kapital. Även kortsiktsestimaten visar på en betydande energipriselasticitet.

Ett i energidebatten ofta framfört påstående är att även om vi har upplevt en utveckling där arbetskraft med lätthet har kunnat ersättas med energi så är det inte lika enkelt eller kanske rent av omöjligt att gå den motsatta vägen, att ersätta energi med arbetskraft. Till detta är att säga att i "teknisk" mening råder alltid symmetri. Substitutionselasticiteten mellan arbetskraft och energi är alltid densamma som mellan energi och arbetskraft. Eftersom arbetskraftskostnaderna i de flesta branscher utgör en mycket större del av produktionskostnaderna än energikostnaderna, så leder emellertid

en ökning av arbetskraftskostnaderna med 1 % till en större procentuell ökning av energiefterfrågan än den procentuella ökning i arbetskrafts- efterfrågan som uppstår då energipriset stiger med 1 %, dvs korsprisela- sticiteterna antar olika värden. (Jämför tabell 4.) Eftersom åtgångstale utveckling för olika produktionsfaktorer också påverkas av den neutrala tekniska utvecklingen och utnyttjandet av stordriftsfördelar skulle en återgång till tidigare relativpriser emellertid inte samtidigt innebära en återgång till tidigare åtgångstal.

De studier som här redovisats gäller för industrisektorn som helhet och reflekterar substitutionsprocesser och substitutionsmöjligheter på de nivåerna (1-4) som diskuterades i avsnitt 3.

Även om det saknas motsvarande ekonometriska undersökningar baserade på svenska data finns det inget som talar för att annorlunda resultat skulle erhållas för Sverige när det gäller substitutionsmöjligheterna inom indu- sektorn som helhet.

Att döma av hittills erhållna resultat skulle den restriktion på produkt- möjligheterna i ekonomin som en ökad energiknapphet innebär vara av en be- gränsad omfattning och effekterna på tillväxttakten av ökad energiknapphet i industriländerna bli måttlig. Detta bekräftas också av undersökningar som studerat effekterna på tillväxttakten av ökad energiknapphet. Se Utne (1977), Carling och Bergman (1977), Carter (1974), Försund (1977), Hudson och Johnson (1974) och Gunning-Osterrieth-Waelbroeck (1976).

5 En modell för branschanalyser och substitutionsmöjligheter på branschnivå

Medan undersökningar av substitutionsmöjligheterna inom industrisektorn som helhet är av intresse vad avser energins betydelse för tillväxttakten i ekonomin så är undersökningar av substitutionsmöjligheterna inom olika branscher av intresse vad avser takten i och karaktären av den framtida strukturomvandlingen inom näringslivet. Inte minst ur närings- och region- politisk synvinkel är det av stort värde att få kunskaper om huruvida substitutionsmöjligheterna inom industrisektorn främst är en fråga om substi- tion mellan branscher eller om det också finns betydande substitutionsmöj- heter inom en bransch.

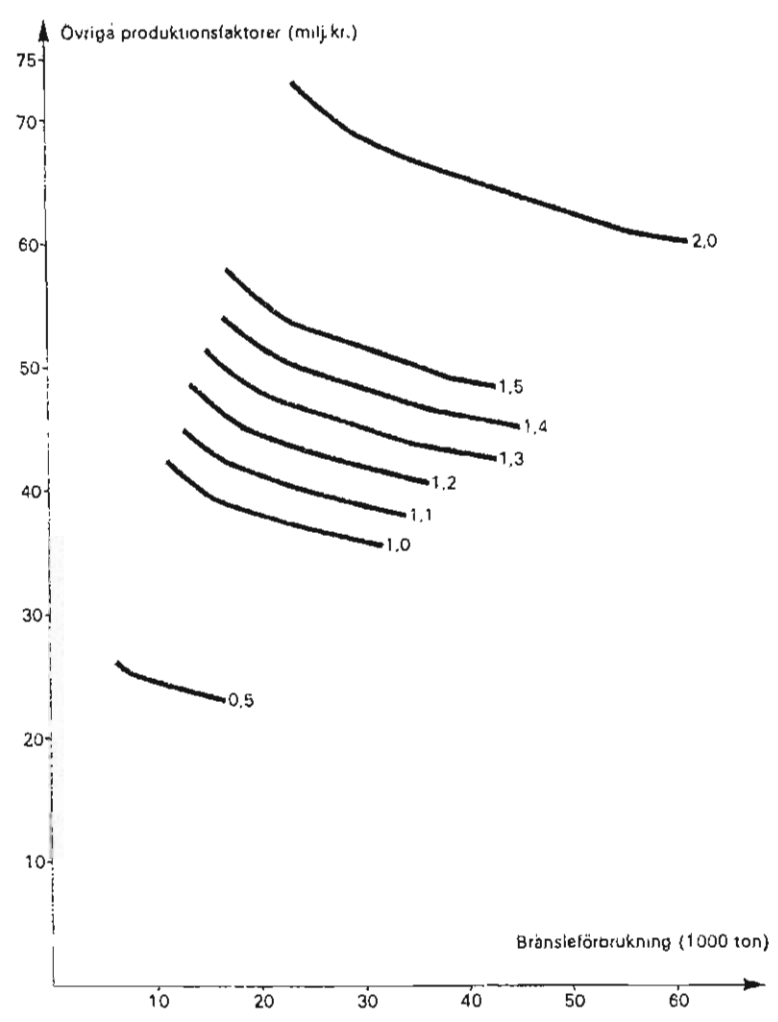
Det existerar ett stort antal studier av substitutionsmöjligheterna inom individuella branscher men i stort sett är dessa begränsade till förhållandet mellan arbetskraft och kapital. Det finns emellertid inget som tyder på att substitutionsmöjligheterna varken på kort eller lång sikt skulle vara väsentligt mindre inom enskilda sektorer än för industrisektorn som helhet. Se t ex Winston (1974) och Lianos (1975).

I Johansen (1972) presenteras en produktionsteoretisk modell utifrån vilken substitutionsproblemet, för en bransch som producerar en homogen produkt, lättare kan diskuteras. Johansen skiljer mellan fyra olika produktionsfunktioner:

- 1) Ex ante funktionen på mikronivå. Det är den produktionsfunktionen som är aktuell i investeringsögonblicket och utifrån vilken teknikvalet företas. Vi kan karakterisera den som en traditionell produktionsfunktion med kontinuerliga substitutionsmöjligheter.

Få empiriska studier av detta slag har presenterats. Den hittills mest avancerade studien av en ex ante funktion har företagits av Eide (1975) gällande konstruktion av tankskepp.

Utifrån en programmeringsmodell för konstruktion av tankskepp har Eide lyckats konstruera hela isokvantkartan (se figur), där området för tidigare utnyttjad och känd teknik endast utgör en liten del. Till de viktigare resultaten hör att substitutionsmöjligheterna inte tycks förändras med skalan på produktionen och att substitutionsmöjligheterna mellan energi och övriga inputs kan förklaras utifrån samband mellan resistans och hastighet (se Eide s 39-40). Framför allt är det substitutionen mellan bränsleåtgång och kapital vid olika hastigheter som är det centrala och det visar sig vara relativt billigt att substituera kapital för bränsle vid höga hastigheter. En liten ökning av bränslepriset vid höga hastigheter leder till en avsevärd reduktion i bränsleåtgången genom att båtarna ges en långsmalare form vilket reducerar resistansen i vattnet men ökar kapitalåtgången.



Isokvantkartan för ex ante funktionen för tankbåtar. Output definieras som den mängd olja en båt kan transportera mellan Rotterdam och Persiska viken under ett år: 0,5 miljoner ton på den lägsta isokvanten till 2,0 miljoner ton på den högsta isokvanten. Källa: Eide (1975)

Två andra studier, delvis av ex ante karaktär, som diskuterar teknologiförändringar inom cement och järnframställning är Carlsson (1977) respektive Wibe

Studier av ex antefunktioner är mycket värdefulla för bedömning av långsiktiga substitutionsmöjligheter. Den information om substitutionsmöjligheterna inom en bransch som avslöjas genom att utgå från företagets faktiska val av teknik är betydligt mera begränsad, eftersom företagets val av teknik bestäms av de relativa priserna på olika produktionsfaktorer. Om företagen inom en bransch i stort sett har samma förväntningar om den framtida prisutvecklingen på produktionsfaktorerna och förändringarna i relativpriserna sker långsamt uppvisar företagets val av teknik mycket liten variation och därmed information om potentiella substitutionsmöjligheter.

I exemplet här med tankbåtar ligger företagets faktiska val av båtar inom ett smalt område till höger av isokvantkartan representerat av båtar med relativt hög bränsleförbrukning. Det finns emellertid observationer som tyder på att varven efter de kraftiga oljeprishöjningarna kommer med erbjudanden om mera energisnåla båtar representerade av punkter längre till vänster på isokvanterna i isokvantdiagrammet.

- 2) Ex post funktionen på mikronivå. Karakteriseras av fixa produktionskoefficienter och är den produktionsfunktion som gäller efter investeringsögonblicket.

Johansen skisserar emellertid också en mera generell ansats med substitutionsmöjligheter även ex post.

Substitutionsmöjligheterna ex post, inom en given anläggning och vid given kapitalutrustning har undersökts av Örtendahl (1975) i en studie av en massaanläggning. Det visade sig att det förelåg vissa substitutionsmöjligheter mellan energi och arbetskraft i själva produktionsprocessen genom mer eller mindre intensivt utnyttjande av olika processer, men samtidigt krävdes det relativt kraftiga prissförskjutningar mellan arbetskraft och energi för att en substitution skulle vara ekonomiskt lönsam.

- 3) En kortsiktig makro produktionsfunktion uppbyggd av ex post funktionerna för mikroenheterna kan byggas upp (i programmeringsform) på basis av en diskret fördelning eller på basis av en kontinuerlig fördelningsfunktion.

-) Poängen här vad gäller substitution är att även om alla ex postfunktioner på mikronivå karakteriseras av fixa produktionskoefficienter så kan det likväl finnas betydande substitutionsmöjligheter inom sektorn som helhet om näm-

ligen anläggningarna uppvisar stor spridning i val av faktorproportioner. Det är denna produktionsfunktion som är den centrala i analysen av datamaterialet för de olika industribranscherna nedan.

4) En långsiktig makro produktionsfunktion - en mera hypotetisk konstruktion, som har nära samband med ex ante funktionen.

Vi utgår ifrån att det för sektorn som helhet vid en given tidpunkt finns en viss mängd av kapital och löpande inputs, K , V_1 och V_2 . Till skillnad från den kortsiktiga makro-produktionsfunktionen gör vi här det hypotetiska antagandet att kapitalet är formbart och kan anta vilken som helst önskvärd form. Under dessa villkor maximerar vi X som en funktion av K , V_1 och V_2 . Denna funktion är den långsiktiga produktionsfunktionen för sektorn.

Huvudtanken i Johansens ansats är alltså att ex ante, vid val av teknik för en ny anläggning och på lång sikt för hela sektorn, existerar stora substitutionsmöjligheter, medan dessa är begränsade ex post, i en existerande anläggning, och för sektorn som helhet vid given anläggningsstruktur.

6 Datamaterialet

Det datamaterial som här har utnyttjats insamlades ursprungligen för en mera generell analys av produktionsstruktur, strukturutveckling och teknikutveckling men utnyttjas här för att belysa olika aspekter på substitution mellan energi och andra produktionsfaktorer. Det primära kriteriet för va av branscher var graden av homogenitet i produktionen. Produktionen skall bäst kunna mätas i fysiska enheter som ton eller m^3 . Härigenom eliminera effekterna av aggregering och avståndet till den tekniska nivån blir lite. De observationer som datamaterialet omfattar kan alltså tänkas vara genererade av en ex ante funktion för respektive sektor.

Rapporten omfattar dels ett tvärsnittsmaterial omfattande ett år för branscherna spånskivor, träfiber och kvarnar, dels ett tidsserie-datamaterial av varierande längd för cement, masugnar och mejerier. Nedan följer en beskrivning för respektive bransch.

Spånskivor

Spånskiveindustrin är en mycket ung bransch. Den första anläggningen start

1956 och kapacitetsutvecklingen gick relativt långsamt under några år framåt. Under senare år har emellertid kapacitetsexpansionen varit mycket snabb.

Datamaterialet utgörs i huvudsak av primäruppgifterna till industri-statistiken vilka insamlas av Statistiska Centralbyrån. I undersökningen ingår med ett undantag samtliga svenska anläggningar för produktion av spånskivor år 1973. Antalet anläggningar, inklusive nystartade, var detta år 16, varav 15 ingår i undersökningen. Den anläggning för vilken data saknas är den minsta enheten i branschen. År 1973 igångkördes 3 nya anläggningar. För dessa tre anläggningar kommer data för år 1974 att utnyttjas eftersom 1973 kan betraktas som ett inkörningsår för dessa anläggningar. Förutom industristatistiken har uppgifter också inhämtats direkt från Svenska Spånskiveföreningen.

Eftersom den svenska spånskiveproduktionen är mycket homogen till sin karaktär mäts produktion och kapacitet för de enskilda anläggningarna i ton. Anläggningskapaciteterna är beräknade på 280 dagars produktion med treskift vilket innebär en driftstid på 6 720 timmar per år.

För arbetskraften har erhållits uppgifter om antalet arbetstimmar för arbetare i produktionen inklusive underhållsarbete.

Energiinsatsen kan uppdelas i elenergi och bränsle. Förbrukad elenergi anges i Mwh. Elenergin används så gott som uteslutande för drivkraft och belysning.

I produktionsprocessen för torkning m m används också olika typer av petroleumbränsle och även träbränsle. För att få ett aggregerat mått på bränsleförbrukningen, som i primärmaterialet är registrerat i fysiska kvantiteter (m^3 , ton osv) har de olika bränsleslagen vägts samman med energiinnehållet som vikter, till den gemensamma enheten toe (ton eljeekvivalenter). Vikterna vid denna aggregering har hämtats från SOU 1974:64 s 295, och SOS Industri, Del 1 1971 s 25:

Bränsle/kvantitet	Till toe
Motorbensin, m ³	0,65
Motorbrännolja, m ³	0,85
Eldningsolja 1-2, m ³	0,85
Eldningsolja 3-5, m ³	0,93
Gasol, ton	1,12
Trä, m ³ l (löst mått)	0,065
El, MWh	0,086

Elenergi och bränsle har på motsvarande sätt vägts samman till ett samt energimått uttryckt i toe.

Oet kan inte uteslutas att förbrukningen av bark och träavfall är oständig redovisad i statistiken. Den faktiska bränsleåtgången för värmning kan alltså vara något underskattad.

De olika energislagen har aggregerats efter energiinnehåll. Något fi att ta hänsyn till verkningsgraden hos de olika energislagen har in gjorts.

Vedrårvarorna har aggregerats för respektive anläggning till ett geme mått i fasta kubikmetrar (m³f) exklusive bark. Följande omräkningsta därvid använts: (Uppgifterna har erhållits från Institutionen för vi lära på Skogshögskolan, Stockholm):

Råvara/kvantitet	m ³ f
Flis, m ³ l (löst mått)	0,37
Sågspån, m ³ l	0,32
Hyvelspån, m ³ l	0,175
Ribb och bakved, m ³ t (travat mått)	0,5
Rundved, m ³ to (toppmått)	1,25
Fibermassa, ton	2,5

Eftersom sågspån och hyvelspån är aggregerat i statistiken har ett g snittsvärde på 0,25 använts vid omräkningen till kubikmeter fast måt

Träfiberskivor

Produktionen av träfiberskivor omfattar dels hårda och halvhårda skivor, dels porösa skivor. Datamaterialet omfattar samtliga svenska anläggningar år 1973, vilka uppgick till 11. Datamaterialet härrör från industristatistiken och är alltså av samma typ som för spånskivor.

Träfiberskiveproduktionen är emellertid betydligt mindre homogen än spånskiveproduktionen då någon uppdelning av datamaterialet i hårda och porösa skivor ej kunnat göras. Att uttrycka produktionen i ton kan därför vara missvisande. En annan möjlighet är då att väga samman produktionen med hjälp av priserna på de olika typerna av träfiberskivor till produktionsvärdet i kr hos respektive anläggning. Det visar sig emellertid att resultatet i stort sett är oberoende av vilket mått på produktionen som väljes varför ton-måttet har använts här.

Kapitalvariablerna utgörs av brandförsäkringsvärden för byggnader resp maskiner. Dessutom finns återanskaffningsvärdet för summan av maskin- och byggnadskapital uppgivet, men i de flesta fall sammanfaller detta med brandförsäkringsvärdet.

Några kapacitetsuppgifter för de olika anläggningarna har inte kunnat erhållas varför årsproduktionen har satts lika med kapaciteten. För de olika produktionsfaktorerna har samma definitioner använts som för spånskivor.

Kvarnar

Datamaterialet för kvarnar omfattar också år 1973, och 10 av de 13 svenska anläggningarna. 3 anläggningar har måst utgå på grund av ofullständigt datamaterial.

Kvarnarnas produktion mäts i ton producerat mjöl. Produktionsfaktorerna har definierats på samma sätt som för spånskivor och träfiberskivor men aggregerad energiätgång uttrycks här i MWh.

Mejerier

Datamaterialet för mejerier omfattar endast det första steget i mejeri-

processen nämligen allmän mjölkbehandling, ett steg som all inkommande mjölk till ett mejeri passerar innan det går vidare till konsumtionsmjölk-, osttillverkning osv. Steget omfattar mottagning av mjölken från kor eller tankar, dess lagring och behandling inklusive pastörisering separering. Datamaterialet har erhållits från Svenska Mejeriernas Riksnärings SMR, och omfattar ett med avseende på storlek representativt urval ca 1/3 av de svenska mejerierna under perioden 1964-1973.

Produktionen mäts i ton invägd mjölk. Arbetskraften mäts i antalet arbetstimmar för arbetare inklusive teknisk ledning vanligen bestående av en mejeriingenjör.

Energi används både för uppvärmning och kylning och substituerbarhet förligger här mellan olja, el och vatten.

Något fysiskt mått på energiåtgången har ej kunnat erhållas. I stället den andel av mejeriets totala kostnader för olja, el och vatten som faller på steget allmän mjölkbehandling beräknats schablonmässigt. Denna energikostnad är beräknad i 1964 års priser. Eftersom detta energimått är relativt tillfredsställande och behäftat med viss osäkerhet genom schablonberäkningen av den andel som faller på steget allmän mjölkbehandling har närmare omfattande analys av detta datamaterial inte företagits. Det har medtagits för att illustrera strukturen och strukturutvecklingen i grova drag för steget allmän mjölkbehandling.

Masugnar

Datamaterialet för masugnar har erhållits från Sören Wibe, Universitetet i Umeå, vilken arbetar på en mera omfattande studie av den svenska stålfabrikindustrin. Datamaterialet omfattar tidsperioden 1960-75 och inkluderar samtliga svenska masugnar i drift under 16-årsperioden. Denna tidsperiod har delats upp i fyra fyraårsperioder och datamaterialet anger genomsnittliga värdena för åtgång av produktionsfaktorer vid fullt kapacitetsutnyttjande i ugnarna samt dessas kapacitet. Motivet för denna periodindelning är att masugnarna har en korttids-livslängd på ca 4 år varefter de måste muras om och då även vissa tekniska förbättringar kan införas.

Masugnarnas årskapacitet mäts i ton producerat tackjärn och arbetskraftsåtgången i timmar. Eftersom koks och olja är substituerbara och har så

funktion i processen vägs bränsleförbrukningen samman till det konventionella måttet kg koksekvivalenter. Sammanvägningen är baserad på det fysiska kaloriinnehållet i koks respektive olja, varvid oljevikten multiplicerats med 1.25.

Cement

Datamaterialet för cementugnar har erhållits från Cementa och omfattar samtliga svenska cementugnar i drift under tidsperioden 1955-74. Ugnarna är i huvudsak av två olika typer, dels äldre relativt små våtugnar, dels nyare betydligt större torrugnar.

Produktionen mäts i ton klinker per ugn och år. Bränsleförbrukningen mäts i kcal och består till största delen av olja. Först under senare år har också kol utnyttjats, varvid en sammanvägning efter kaloriinnehåll företagits.

Arbetskraftsåtgången skiljer sig mycket lite mellan olika ugnar, varför intresset här begränsar sig till bränsleförbrukningen i ugnarna.

Beteckningar

X = produktion eller kapacitet

L = arbetskraft

E = energi

B = bränsle

EL = elektricitet

V = virke

K = kapital

KB = byggnadskapital

KM = maskinkapital

7 Den produktionsteoretiska analysen och empiriska resultat

i) Ex post funktionen på mikronivå

Låt oss betrakta en produktionsenhet som har blivit etablerad på basis av en ex ante funktion. Speciella värden har då valts för kapacitet, x , kapitalmängd, \bar{k} , och löpande insatsfaktorer vid fullt kapacitetsutnyttjande,

$\bar{v}_1, \dots, \bar{v}_n$. Produktionsmöjligheterna för en sådan enhet antas följa (limitationslag):

$$0 \leq x \leq \bar{x}$$

(*)

$$v_j = \frac{v_j}{x} \cdot x = \xi_j x \quad j=1, \dots, n$$

dvs löpande insatsfaktorer krävs i samma proportion till output som vid fullt kapacitetsutnyttjande. Detta är ex post funktionen på mikronivå. Jag antar här att samtliga produktionsenheter i denna studie har denna enkla produktionsstruktur även om enheterna i respektive bransch givetvis skiljer sig åt med avseende på kapacitet och åtgångstal. Empiriskt förfaller detta vara en god approximation till verkligheten. De här redovisade åtgångstalen är beräknade på de observerade värdena för produktion och faktoråtgång.

Ex post funktionens utseende för parvisa val av produktionsfaktorer illustreras grafiskt i sk struktur- eller kapacitetsdiagram. Av sekretessskäl används ibland index på axlarna. Varje kvadrat utgör en enskild anläggning och ytan är proportionell mot respektive anläggnings kapacitet eller, då kapacitetsdata saknas, den faktiska produktionen. Åtgångstalen för respektive anläggning ligger i centrum av kvadraten. (Rutmönstret i kvadraterna beror på att figurerna är datamaskinritade.)

Spånskivor

Spånskiveindustrin är mycket intressant såtillvida att det är en ung bransch där anläggningarna ännu inte har hunnit byggas om och moderniseras utan anläggningarna representerar på ett relativt entydigt sätt olika årgångar av kapital. Kapitalet är också relativt homogent eftersom den centrala enheten utgöres av en press.

Ex post-funktionens utseende för parvisa val av produktionsfaktorer framgår av fig 1a - 1c. För att illustrera årgångseffekten har anläggningar byggda på 1950-talet markerats med svart, anläggningar byggda på 1960-talet markerats med svart och vitt medan anläggningar byggda på 1970-talet är helt vita. Resultaten för anläggningar byggda på 1970-talet måste tolkas med stor försiktighet eftersom några av dessa ännu inte är fullt inkörda och ej uppnått fullt kapacitetsutnyttjande.

Som framgår av figurerna 1 a - 1 c har utvecklingen dominerats av en substitutionsprocess från arbetskraftsintensiv och virkesintensiv produktion till energiintensiv produktion. I virkes-arbetskraftsdimensionen visar sig detta som en både virkes- och arbetsbesparande teknisk utveckling. Substitutionsprocessens förlopp är naturligt mot bakgrund av den tidigare och förväntade relativprisutvecklingen när anläggningarna byggdes. Energikostnaderna föll både i förhållande till arbetskraft och virke under den aktuella tidsperioden (se Carlsson 1977).

Resultatet illustrerar alltså både (neutral) teknisk utveckling och substitution. Det som i två dimensioner framstår som en substitutionsprocess framstår i den tredje som teknisk utveckling.

Med (neutral) teknisk utveckling avses här åtgångstalens förskjutning mot origo i strukturdiagrammet. (En substitutionsprocess är givetvis också en form av teknisk utveckling eftersom ny teknik och nya processer kommer till användning.) Bakom den neutrala tekniska utvecklingen kan antingen ligga ny teknik som är effektivare med avseende på flera produktionsfaktorer eller ett ökat utnyttjande av stordriftsfördelar.

Ett i energidebatten ofta framfört påstående är att gamla anläggningar har högre åtgångstal för energi än nya anläggningar. Som vi ser här gäller inte detta påstående generellt utan endast under förutsättning att effekterna på åtgångstalen av den neutrala tekniska utvecklingen dominerat över substitutionseffekten.

Träfiberskivor

Anläggningarna i träfibersektorn är betydligt äldre än i spånskiveindustrin. Resultaten presenteras i figurerna 2 a - 2 h. Anläggningar byggda mellan 1929 och 1934 har markerats med svart, anläggningar byggda 1937-46 med svart och vitt medan anläggningar byggda 1948-52 är helt vita. I några fall redovisas även åtgångstalen för maskinkapital och byggnadskapital. Anläggningarnas relativt höga ålder medför att man ej kan förvänta sig några tydliga årgångseffekter eftersom anläggningarna hunnit byggas om sedan den ursprungliga byggnadstidpunkten. Den enda klara slutsats som kan dras är att åtgångstalen för arbetskraft är lägre i de senast byggda anläggningarna med undantag för den minsta anläggningen. Stordriftsfördelar tycks här spela en roll.

Spridningen i åtgångstal mellan olika anläggningar är stor. Endast i krafts-maskinkapitaldimensionen har det skett en klar förskjutning mot origo av åtgångstalen.

Kvarnar

Resultaten för kvarnar presenteras i figurerna 3 a - 3 c. De flesta kvarnarna byggdes ursprungligen under 1800-talet och har sedan byggts om vid de ursprungliga byggnadsåren saknar samband med åtgångstalens struktur undantag för tre anläggningar är spridningen i åtgångstal relativt liten.

Mejerier

Strukturutvecklingen för produktionssteget allmän mjölkbehandling i mejerier karakteriseras både av teknisk utveckling och substitution. Struktur i arbetskrafts-energidimensionen 1964 och 1973 redovisas i figurerna 4 respektive 4 b. Den arbetsbesparande tekniska utvecklingen har dominerat medan åtgångstalen för energi förändrats relativt lite.

Masugnar

Resultaten för masugnar under perioden 1960-63 och 1972-75 presenteras i figurerna 5 a resp 5 b. Utvecklingen karakteriseras framförallt av en arbetsbesparande och i någon mån bränslebesparande teknisk utveckling. I arbetskrafts bränsledimensionen är spridningen i åtgångstal mycket liten under perioden 1972-75.

Cement

Utvecklingen inom cementindustrin karakteriseras av en snabb energibesparande teknisk utveckling. Se figurerna 6 a och 6 b där åtgångstalen för bränsle vid klinkerbränning presenteras i s k Salterdiagram för åren 1964 och 1974. Cementugnarna är rangordnade efter åtgångstalen och staplarnas bredd är proportionell mot respektive ugnns andel av den totala produktionen. Utvecklingen illustrerar övergången från våtteknik till torrteknik. Bränsleförbrukningen i torrugnar karakteriseras av stordriftsfördelar medan det inte är mindre markerat för våtugnar. Se fig 6 b. Den största våtugnen har också den högsta bränsleförbrukningen per ton klinker. Orsaken, som mera utförligt diskuteras i Carlsson (1977 b) kan sägas vara att eftersom flera olika processer med olika grad av skalfördelar sker i en våtugn är möjligheter att utnyttja skalfördelar begränsade.

ii) Den kortsiktiga makroproduktionsfunktionen

Den kortsiktiga makroproduktionsfunktionen gäller för en bransch bestående av ett givet antal produktionsenheter karakteriserade av en given kapacitet och fasta åtgångstal för alla löpande produktionsfaktorer. Eftersom produktionsfunktionen antas gälla på kort sikt har kapitalet en undanskymd roll vars storlek dock i viss mån återspeglas i den givna maximikapaciteten för respektive anläggning. Eftersom kapitalet på kort sikt har en given konkret form är någon substitution med andra produktionsfaktorer ej möjlig. Endast kapacitetsutnyttjandet kan varieras medan maskiners och byggnaders form är oförändrad. På kort sikt är alltså substitutionsmöjligheterna begränsade till de löpande insatsfaktorerna arbetskraft, råvaror och energi.

Låt nu X, V_1, \dots, V_n beteckna produktion och löpande insatsfaktorer för branschen som helhet. Den totala produktionen X kommer då att erhållas som ett resultat av en kombination av aktiviteter av typen (*). Om branschen består av N anläggningar erhålles:

$$X = \sum_{i=1}^N x^i$$

$$(**) \quad V_j \geq \sum_{i=1}^N \zeta_j^i x^i \quad j = 1, \dots, n$$

$$0 \leq x^i \leq \bar{x}^i \quad i = 1, \dots, N$$

där $i = 1, \dots, N$ syftar på anläggningar med kapaciteten \bar{x}^i .

Dessa villkor beskriver produktionsmöjligheterna för branschen.

Om X antages maximerad för varje given vektor V_1, \dots, V_n erhålles den kortsiktiga makroproduktionsfunktionen för branschen:

$$X = F(V_1, \dots, V_n)$$

En beräkning av den kortsiktiga makroproduktionsfunktionen kan sägas bestå i lösandet av en oändlig mängd LP-problem av typen (**) ovan där X maximeras för givna värden på V_1, \dots, V_n . I empiriska tillämpningar är detta en oframkomlig väg. En speciell algoritm har därför konstruerats för praktisk beräkning av substitutionsområde och isokvanter. För en beskrivning av denna algoritm se Försund och Hjalmarsson (1976).

Substitutionsområdets gränser låter sig dock enkelt beräknas genom att alla faktorpriser utom ett sätts lika med noll och anläggningarna rangordnas efter åtgångstalen för den produktionsfaktor som har positivt pris. Att finna samtliga knäckpunkter på isokvanterna är ett betydligt mera omfattande arbete.

Den kortsiktiga makroproduktionsfunktionen är illustrerad i figurerna 7. Endast två produktionsfaktorer betraktas samtidigt, dvs priserna på de övriga produktionsfaktorerna sätts lika med noll. Sätillvida är analysen partiell och arbete pågår för en generalisering av algoritmen med tillhörande plottning till flera dimensioner.

Antalet isokvanter varierar mellan de olika branscherna men huvudprincipen är densamma nämligen att avståndet i procent av sektorns kapacitet är likt mellan isokvanterna i respektive figur. Den längst åt nordost belägna (topp)punkten i substitutionsområdet representerar alltså 100% kapacitet utnyttjande i branschen som helhet dvs alla anläggningar i branschen kör med full kapacitet. Under förutsättning om konstanta åtgångstal enligt (7) är givetvis ingen substitution möjlig vid fullt kapacitetsutnyttjande i hela branschen. Vid ett kapacitetsutnyttjande på 70-80% kan emellertid substitutionsmöjligheterna vara betydande vilket framgår av figurerna 7.

På x-axlarna i figurerna mäts den totala åtgången av respektive produktionsfaktor i de enheter som är angivna i beskrivningen av data ovan. För spånskivor (se Fig 7 a - 7 f) är fem isokvanter beräknade vilka alltså representerar 16,67, 33,33, 50,00, 66,67 respektive 83,33 procent av branschens kapacitet. För de övriga branscherna är 7 isokvanter beräknade och representerar då 12,5, 25, 37,5, 50 osv procent av respektive branschens kapacitet.

Eftersom energidata för mejerier betraktades som mindre tillfredsställande och arbetskraftsdata för cementugnar ej kunna erhållas begränsas analysen här till de övriga sektorerna.

Spånskivor, träfiberskivor och kvarnar

Resultaten för spånskivor, träfiberskivor och kvarnar presenteras i figurerna 7 a - 7 f, 8 a - 8 f respektive 9 a - 9 c. Av figurerna framgår att det är framförallt i arbetskrafts-energi-dimensionen som det existerar stora substitutionsmöjligheter i synnerhet mellan arbetskraft och bränsle. I t ex

spånskivesektorn kan man, vid 83,33 procents kapacitetsutnyttjande, genom att förflytta sig utmed isokvanten från energiintensiva anläggningar till arbetskraftsintensiva, reducera energiåtgången med ca 14 % genom att öka arbetskraftsåtgången med 16 %. Bränsleåtgången kan på samma produktionsnivå reduceras med 20 % mot att arbetskraftsåtgången ökar med 15 %.

Substitutionsmöjligheterna mellan el och arbetskraft och el och virke är betydligt mindre. På kort sikt är det således lättare att hålla sysselsättningen på hög nivå vid en oljekris än vid en reduktion i eltillgången, under förutsättning att kapacitetsutnyttjandet i branscherna reduceras.

Produktionsfunktionen karakteriseras av avtagande avkastning med avseende på skalan dvs skalelasticiteten är mindre än ett. (Se Johansen 1972.) Kvarnar är här en god illustration i energi-arbetskraft och speciellt bränsle-arbetskraftsdimensionen. Avståndet mellan isokvanterna ökar avsevärt för de högsta nivåerna.

Substitutionsmöjligheterna varierar också i vissa fall betydligt med nivån på produktionen. I t ex virke-arbetskraftsdimensionerna för både spånskivor och träfiberskivor ökar lutningen på isokvanterna vid en reducering av kapaciteten.

Eftersom isokvanterna är styckvis linjära kan substitutionselasticiteten inte beräknas på något enkelt sätt. I Forsund-Hjalmarsson (1976) jämförs dock i ett exempel (energi-arbetskraft) isokvantens läge och form med motsvarande isokvant i en skattad homotetisk genomsnittsfunktion med Cobb-Douglas-kärna och därmed substitutionselasticitet lika med 1. I detta fall visade sig överensstämmelsen god mellan de båda isokvanternas form.

Det måste starkt betonas att dessa resultat inte säger något om de långsiktiga substitutionsmöjligheterna mellan t ex el och arbetskraft eller el och virke. De begränsade substitutionsmöjligheterna på kort sikt beror här endast på att den teknik och de åtgångstal företagen valt visar mycket liten spridning i substitutionsriktning i dessa dimensioner. Detta kan t ex bero på att den (neutrala) tekniska utvecklingen dominerat över substitutionsprocessen men det kan givetvis också bero på att substitutionsmöjligheterna verkligen är begränsade även vid val av ny teknik.

Masugnar

För masugnar, Figur 10 a och 10 b är bilden något annorlunda. Visserligen är substitutionsområdet relativt omfattande både i början och slutet av den studerade perioden men isokvanterna har en närmast horisontell lutning i stark kontrast till bränsle-arbetskrafts-isokvanternas lutning i de övriga sektorerna. Innebörden av detta är att vid en given nivå på produktionen masugnar är möjligheterna att ersätta energi med arbetskraft mycket små, däremot kapacitetsutnyttjandet tillåts variera så ser vi att under perioden 1960-63, var det möjligt att reducera kapacitetsutnyttjandet från 87,5 % till 62,5 % med bibehållen sysselsättning men med betydligt reducerad bränsleåtgång. Under perioden 1972-75 gäller i stort sett detsamma för en reduktion från 87,5 % till 75 %. En jämförelse mellan figurerna illustrerar också effekterna av strukturutvecklingen. Substitutionsområdet har i grova drag behållit sin form men förskjutits i nordvästlig riktning. Den totala kapaciteten för branschen har ökat med 82 % (framgår ej av figuren) samtidigt som sysselsättningen reducerats något medan bränsleåtgången ökat betydligt.

Avslutande kommentarer

Den kortsiktiga makro-produktionsfunktionen representerar det samhällsekonomiskt bästa sättet att utnyttja anläggningarna i en bransch under förutsättning att samma faktorpriser gäller för samtliga anläggningar. Substitutionsområdet anger möjligheterna för sektorn som helhet att anpassa sig till förändrade faktorpriser. Formen på isokvanterna visar konsekvenserna för åtgången av de olika produktionsfaktorerna när faktorpriserna förändras.

På kort sikt vid given anläggningsstruktur för en bransch kan man tänka sig fyra olika möjligheter att reducera energiåtgången:

1. Eliminering av slacks inom de enskilda anläggningarna. Statens Industriverk genomförde i samband med den stora oljekrisen en undersökning av den reduktion i oljeanvändningen som i olika sektorer var möjlig att genomföra utan nämnvärda konsekvenser för produktionen. Den totala möjliga besparingen för samtliga sektorer beräknades till 10 %. Se SIND (1974). Industridepartementet har i en annan studie uppskattat möjligheterna att minska elanvändningen inom industrin till 5 % utan nämnvärda konsekvenser för produktionen. Se Ds I (1976). Enligt båda dessa studier existerar det således betydande slacks i energianvändningen.

2. Utnyttjande av eventuella substitutionsmöjligheter inom anläggningen vid fullt utnyttjande av kapaciteten. Ofta torde emellertid även reducerandet av slacks kräva en ökning i arbetskraftsåtgången för att de energibesparande åtgärderna ska kunna genomföras.
3. Vid en given nivå på kapacitetsutnyttjandet i en bransch, utnyttja de minst energikrävande anläggningarna i branschen dvs förflyttade sig utmed en isokvant i den kortsiktiga makroproduktionsfunktionen i energibesparande riktning.
4. Reducera kapacitetsutnyttjandet i branschen.

Denna typ av kortsiktig analys baserad på den kortsiktiga makroproduktionsfunktionen utgör ett komplement till den traditionella input-outputanalysen, vilken utnyttjades under den s k oljekrisen för att belysa konsekvenserna för sysselsättningen vid reducerad tillgång på olja. Det måste dock betonas att denna typ av analys inte kan ersätta input-outputanalysen. Konstruktion av kortsiktiga makroproduktionsfunktioner ställer helt andra krav på tillgången på data än vad den mera aggregerade input-outputanalysen gör. Medan input-outputanalysen baserar sig på förutsättningen om fasta åtgångstal enligt (*) ger den kortsiktiga makroproduktionsfunktionen en mera detaljerad bild av substitutionsmöjligheterna och förändringen av dessa, dels utmed en isokvant, dels vid förändringar i nivån på kapacitetsutnyttjandet. För den kortsiktiga makroproduktionsfunktionen gäller också alltid decreasing returns to scale. Skalelasticiteten är mindre än ett i hela substitutionsområdet.

Mot bakgrund av resultaten ovan kan också lämpligheten i den konjunkturmässiga nedsättningen av energiskatten för kraftkrävande industri ifrågasättas. Eftersom det främst är sysselsättningen som ska bevaras vore det mera lämpligt med en reducering av arbetskraftskostnaderna för att de mest arbetskraftskrävande anläggningarna ska utnyttjas vid en given nivå på kapacitetsutnyttjandet.

Det kan i detta sammanhang också vara av intresse att något diskutera innebörden i begreppet oljeberoende och sårbarhet ifråga om energitillförsel. Låt oss anta att landet råkar in i en oljekris med en direkt nedskärning av importen av olja. Vi kan då precisera olika mått på sårbarheten genom att ange hur många procent sysselsättning, industriproduktion osv på kort sikt måste reduceras med för varje reduktion i den fysiska tillgången på

olja. Sårbarhetselasticiteten för sysselsättningen anger då den procentuella reduktionen i sysselsättning som är nödvändig på kort sikt när den fysiska tillgången på olja reduceras med 1 %. Denna sårbarhetselasticitet växer sannolikt med reduktionen i oljetillgången vid en given tidpunkt dvs effekterna på sysselsättningen blir större om oljetillgången reduceras ytterligare något när den redan tidigare reducerats med 20 % än om den tidigare reduktionen bara var 5 %.

Antag nu att oljekrisen går över men att landet i syfte att gardera sig inför en ny oljekris genomför ett omfattande oljesparprogram med minskad förbrukning av olja och eventuellt ökad förbrukning av andra inhemska energislag som t ex el. Har landets oljeberoende och sårbarhet minskat härigenom?

En minskad sårbarhet skulle innebära att den sårbarhetselasticiteten för t ex sysselsättningen har reducerats, dvs en 1 %-reduktion i den fysiska tillgången på olja skulle på kort sikt nu leda till en lägre procentuell reduktion i sysselsättningen än vid föregående oljekris.

Att sårbarheten i denna betydelse skulle ha reducerats som resultat av den minskade oljeförbrukningen är emellertid ytterst tveksamt. Sårbarhetselasticitetens storlek beror bl a på i vilken grad olika branscher är i bördes beroende och på hur de skiljer sig åt med avseende på specifik oljeåtgång. Även om oljeförbrukningen i en viss bransch helt upphört kan den indirekta oljeförbrukningen genom leveranser till denna bransch från övriga branscher fortfarande vara lika betydelsefull. Om den minskade oljeförbrukningen samtidigt inneburit att spridningen mellan branscherna med avseende på den specifika oljeåtgången har minskat (vilket inte är osannolikt) så borde sårbarheten ökat istället för att minska.

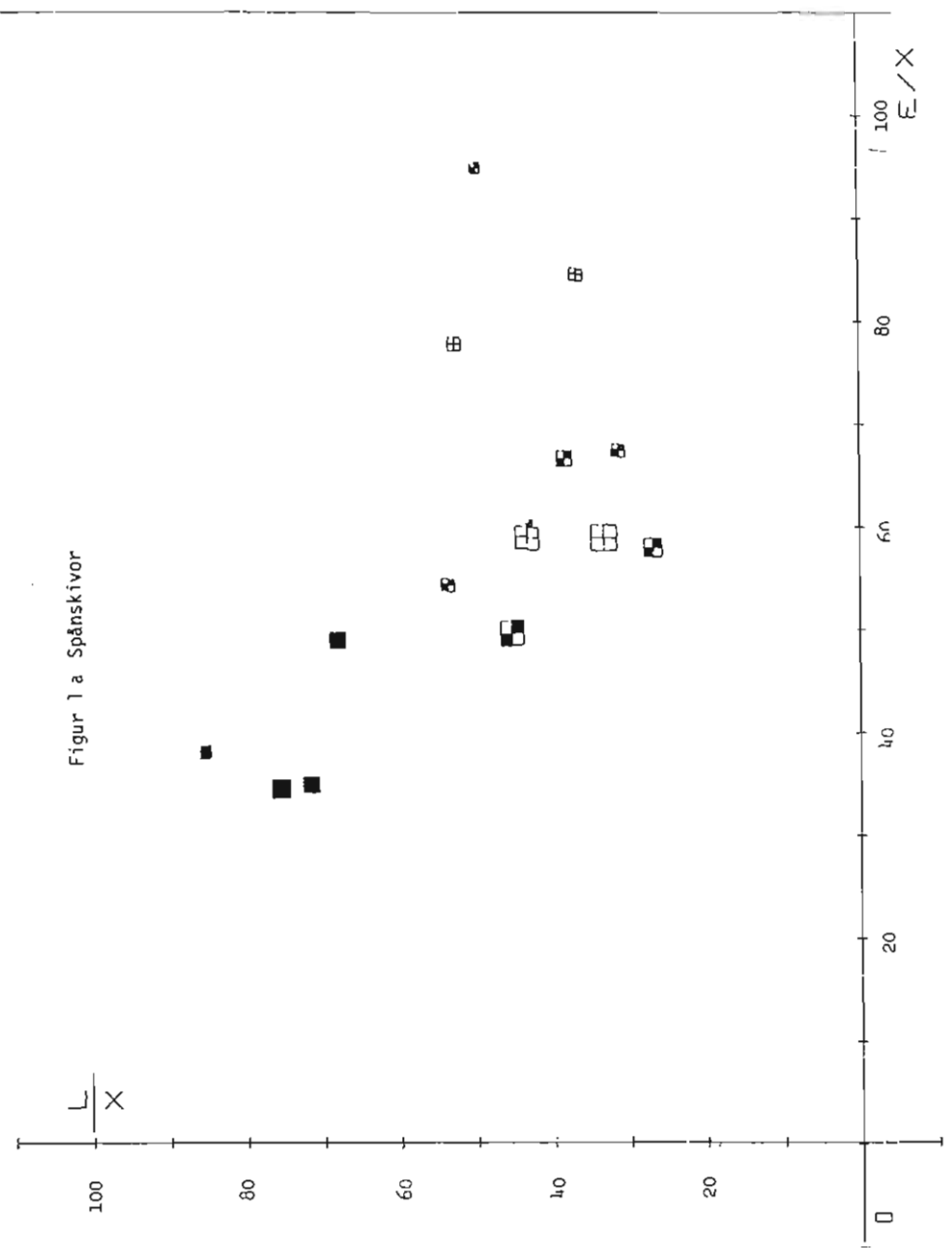
Denna slutsats modifieras emellertid något av att oljelagren vid given nivå på lagerhållningen nu kommer att utgöra en större andel av den årliga förbrukningen än tidigare.

Ett verkningsfullt medel för att reducera sårbarheten förutom lagring torde vara att försöka reducera sannolikheten för plötsliga avbrott i oljetillförseln genom att sprida importen av olja på ett stort antal

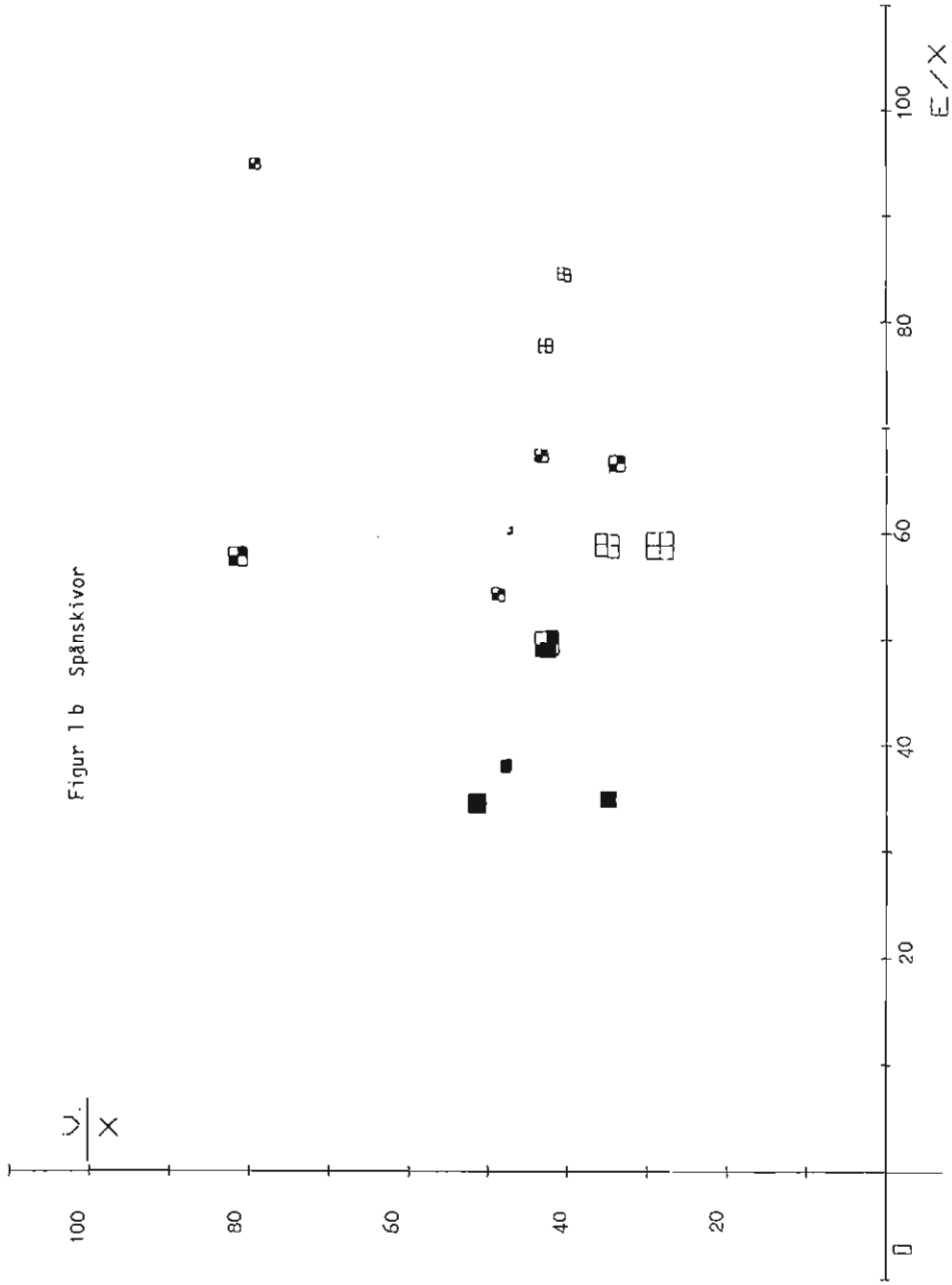
länder samtidigt som uppvärmningssystem, transportsystem och produktionsprocesser ges en flexibel utformning så att flera olika typer av energi, el, olja, gas, torv, ved etc kan ersätta varandra. En reducerad oljetillgång skulle då kunna kompenseras med en ökad användning av el eller andra bränslen. Ett exempel på sådan flexibilitet erbjuder cementindustrin som efter oljekrisen i viss utsträckning kunnat gå över från olja till kol vid klinkerbränning genom att utnyttja äldre utrustning som långt tidigare använts för koleldning men som under många år med låga oljepriser stått oanvänd.

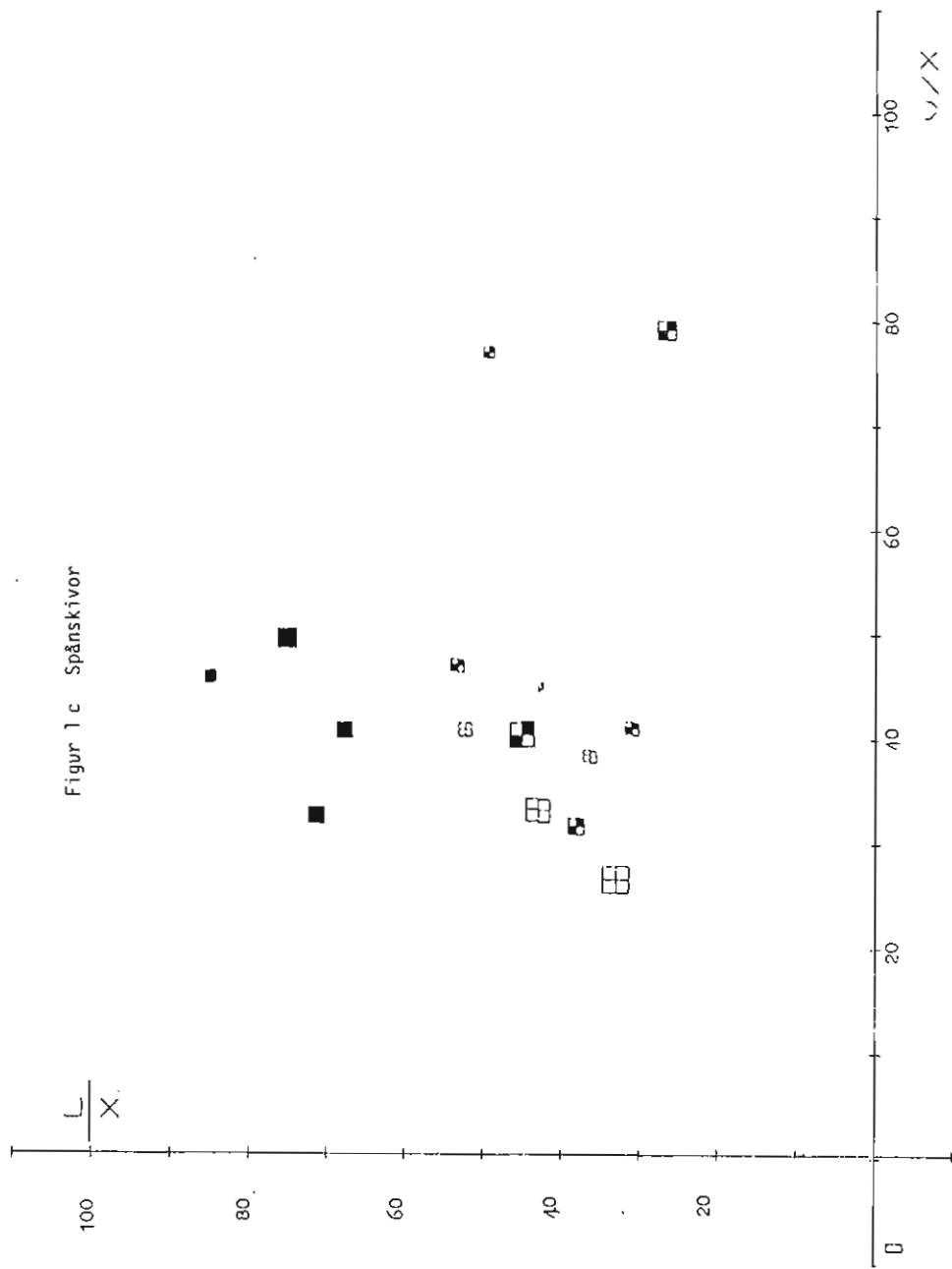
.)

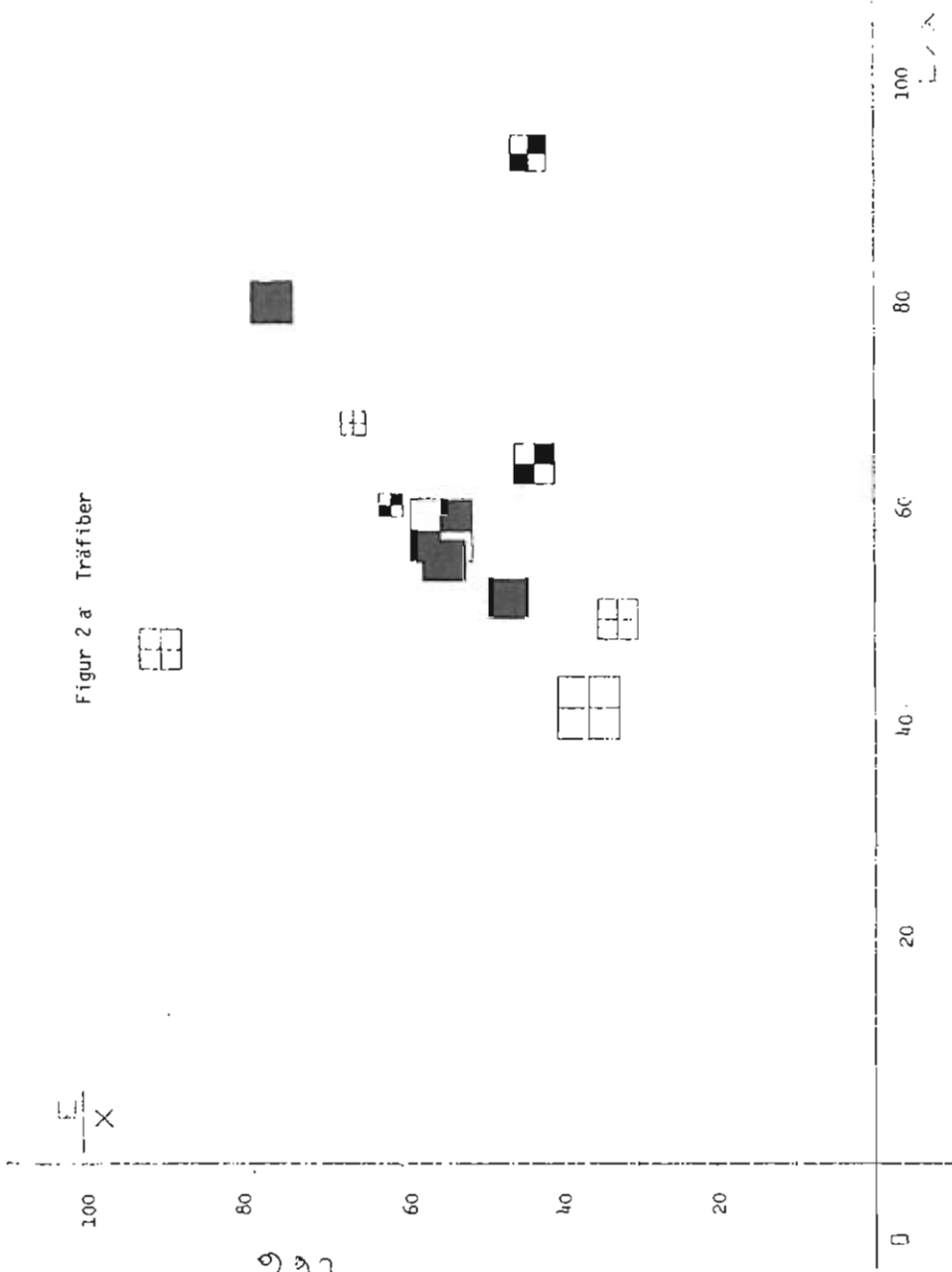
Figur 1 a Spånskivor

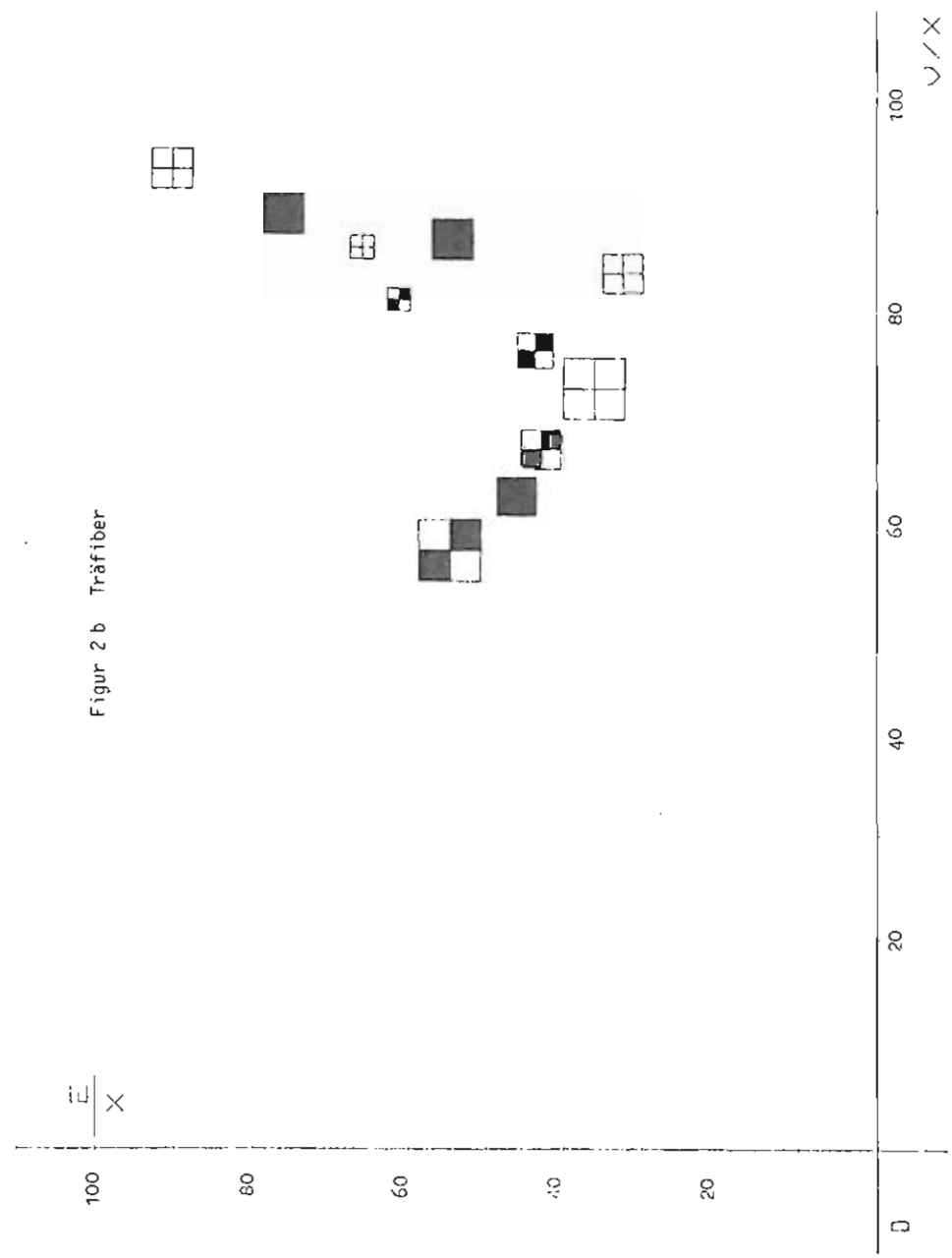


Figur 1 b Spånskvivor





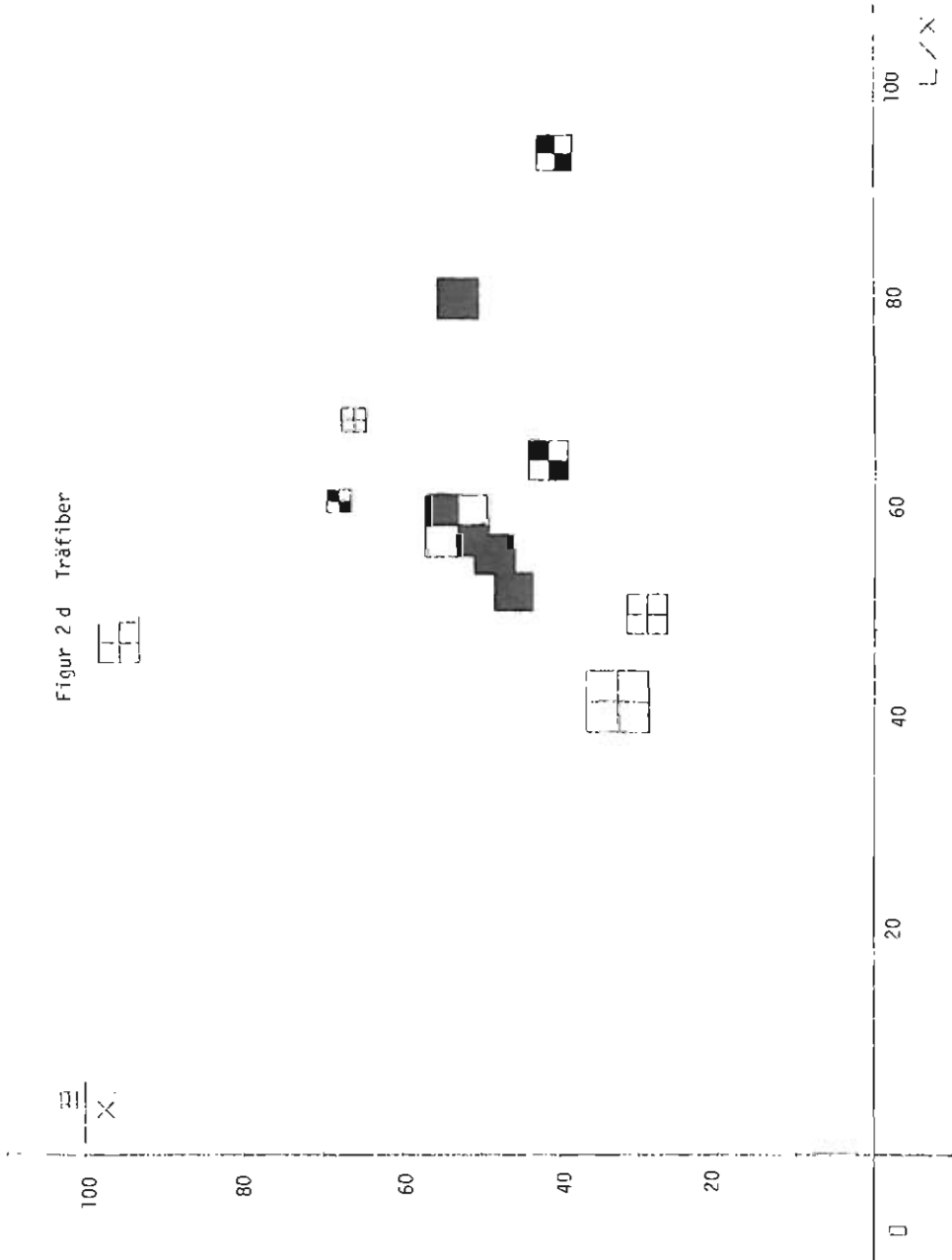


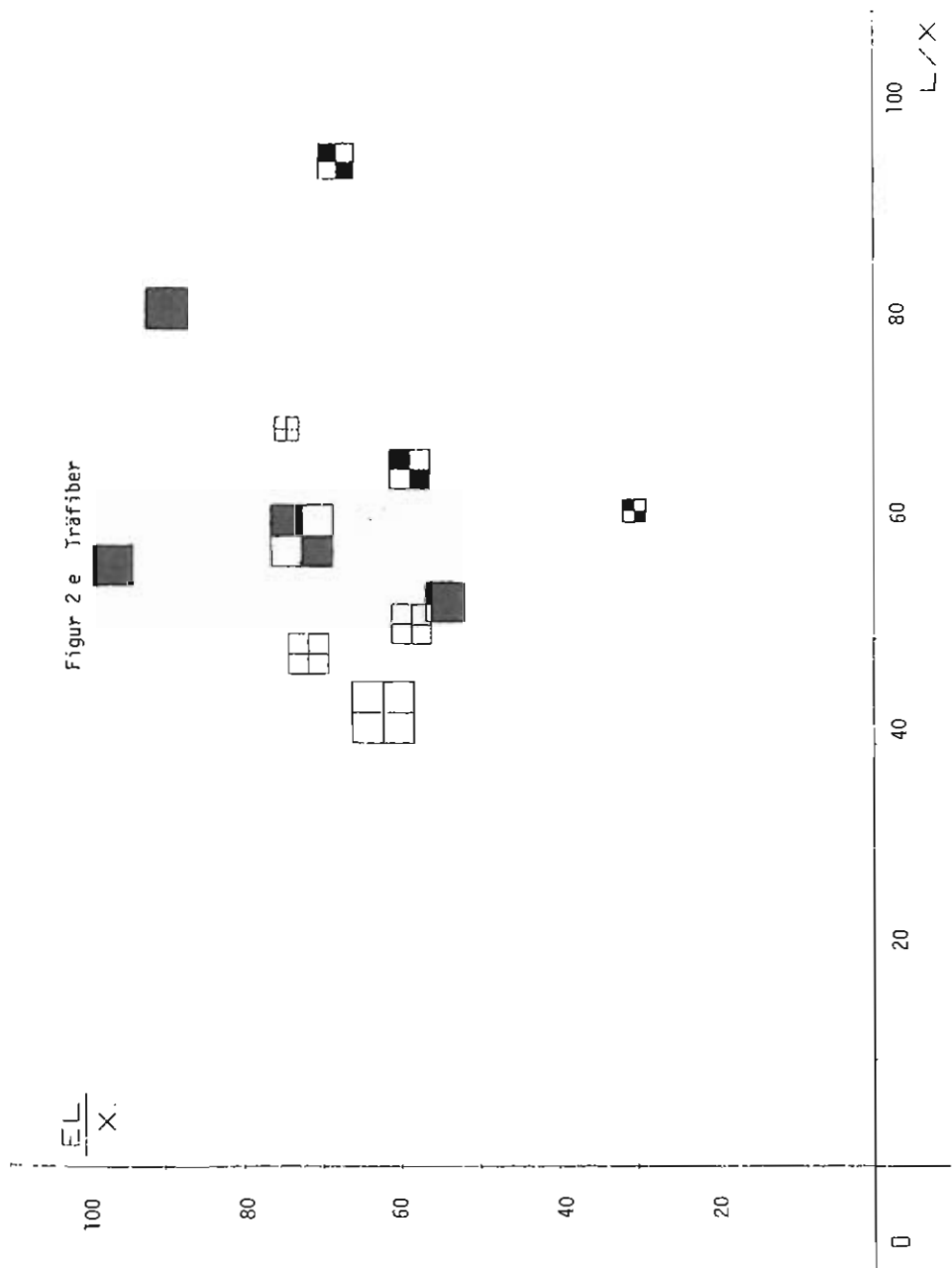


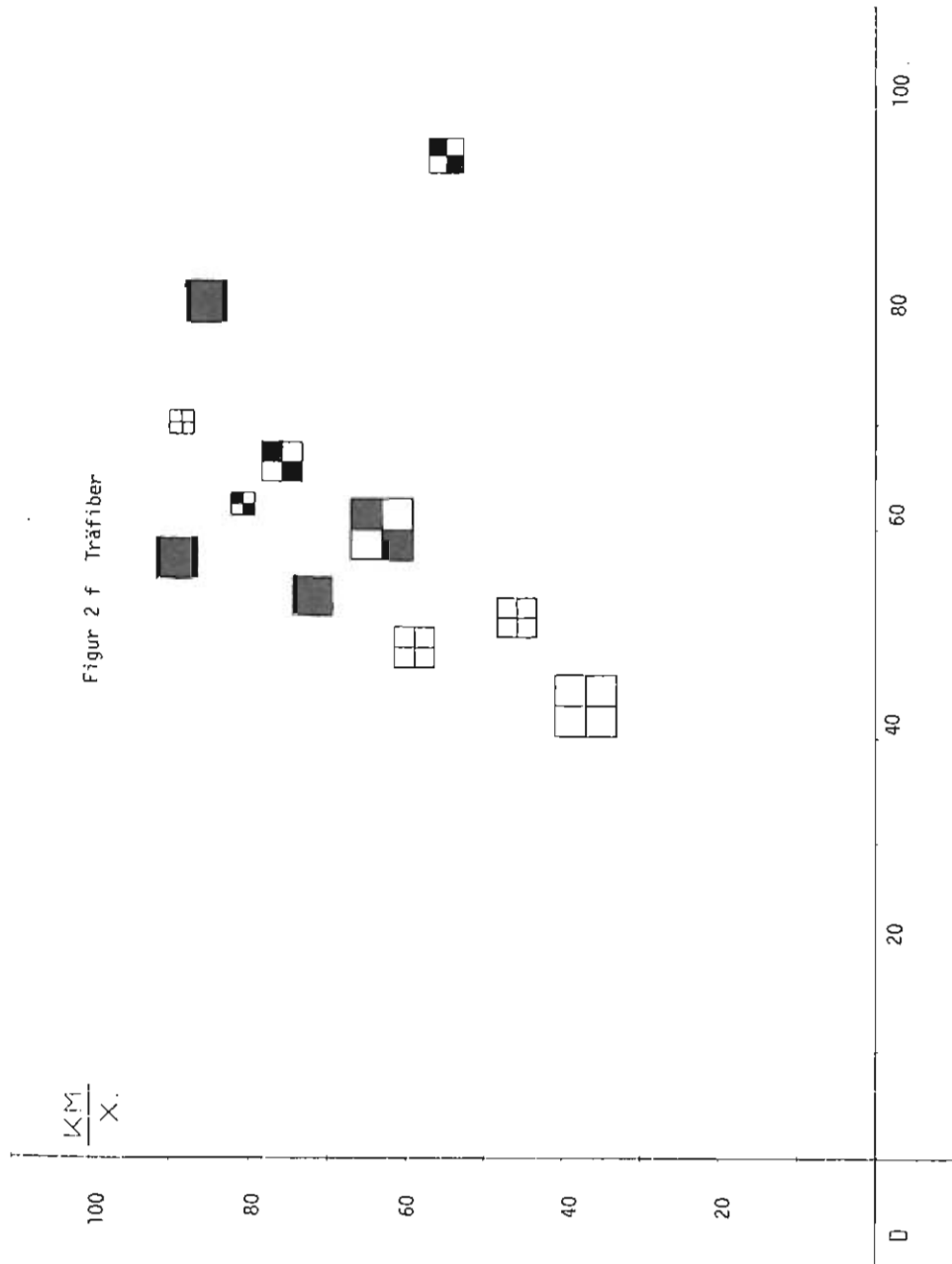
13:36 Figur 2d

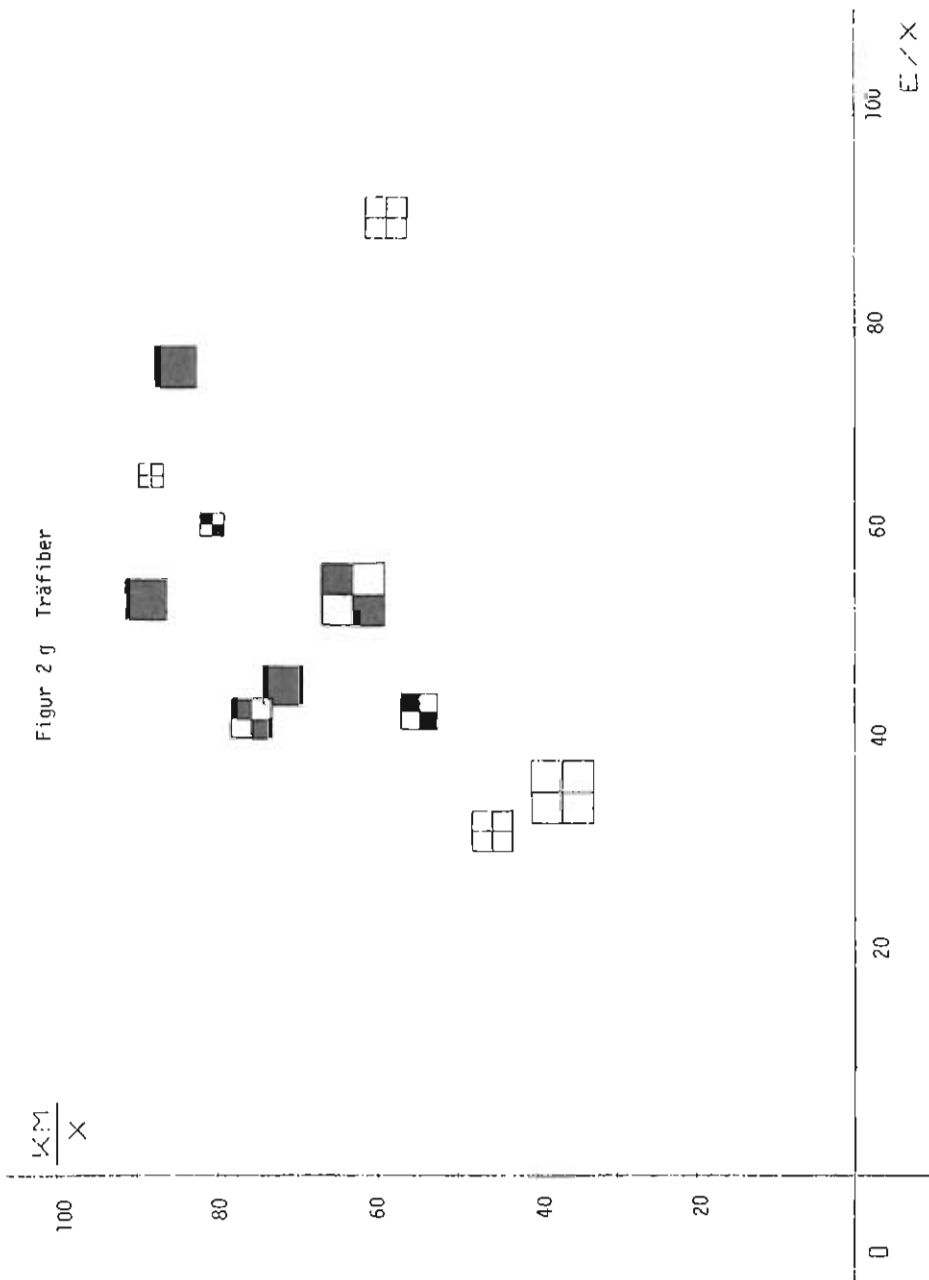
Ds 1 1977:17

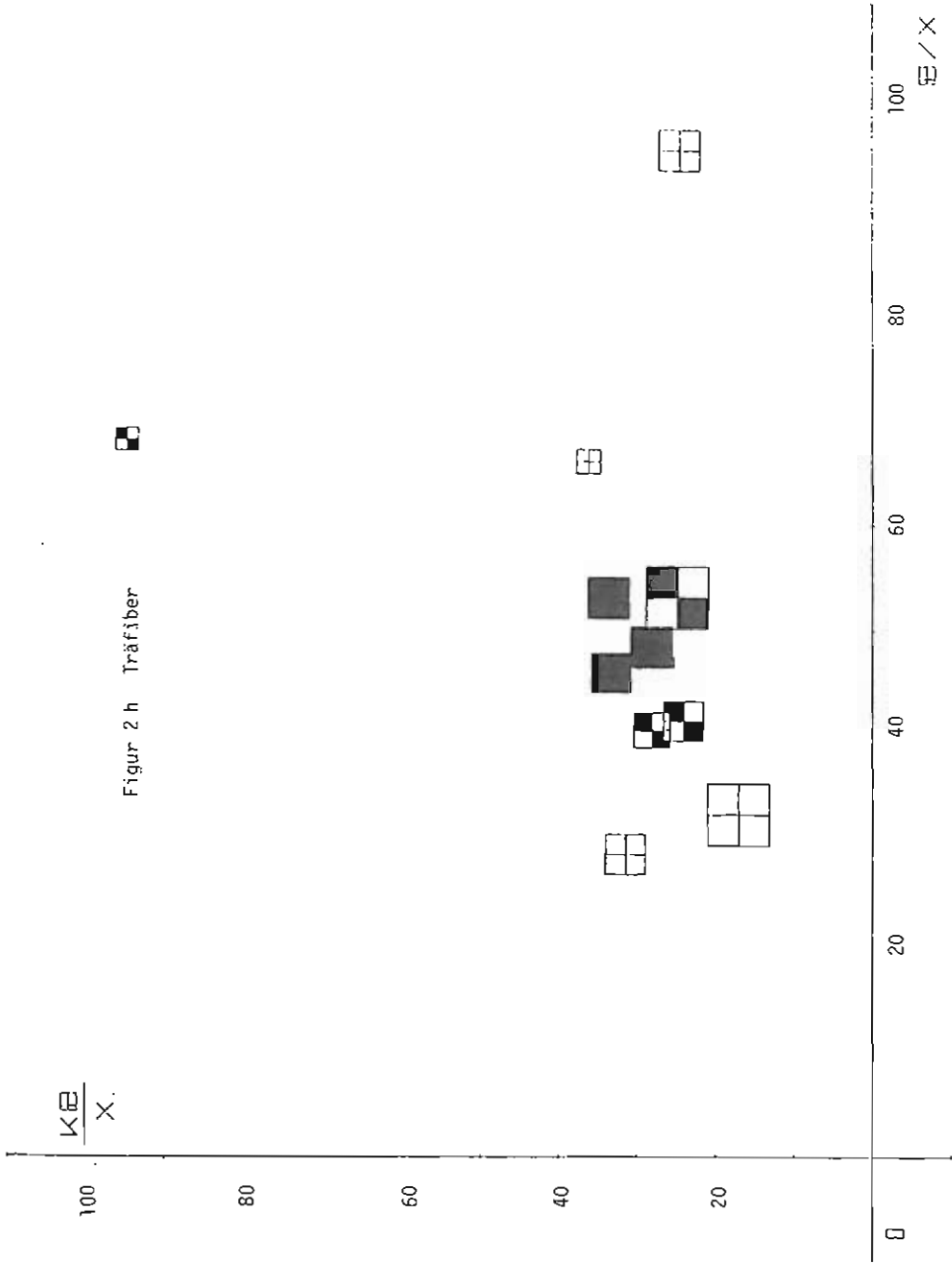
Figur 2 d Träfiber



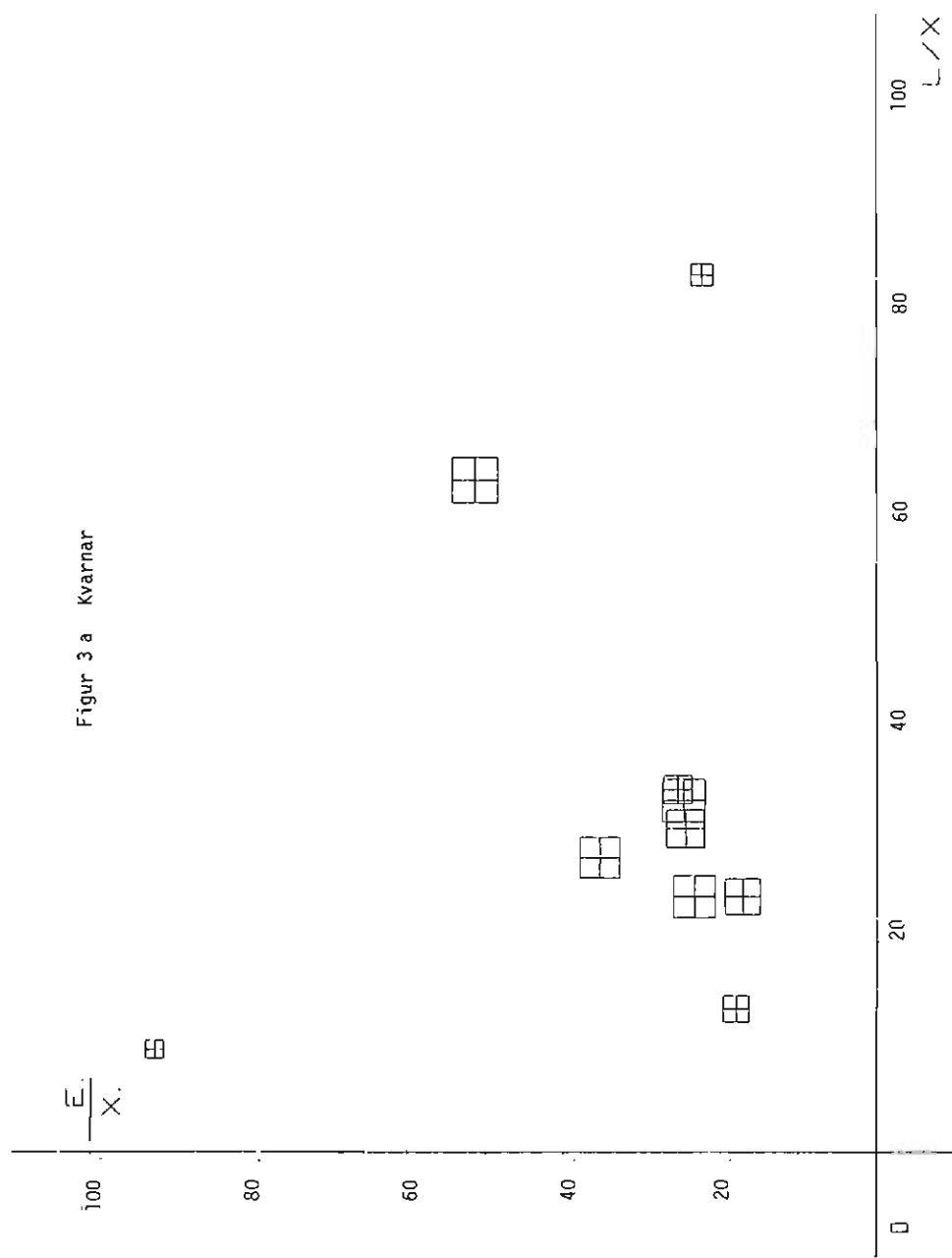




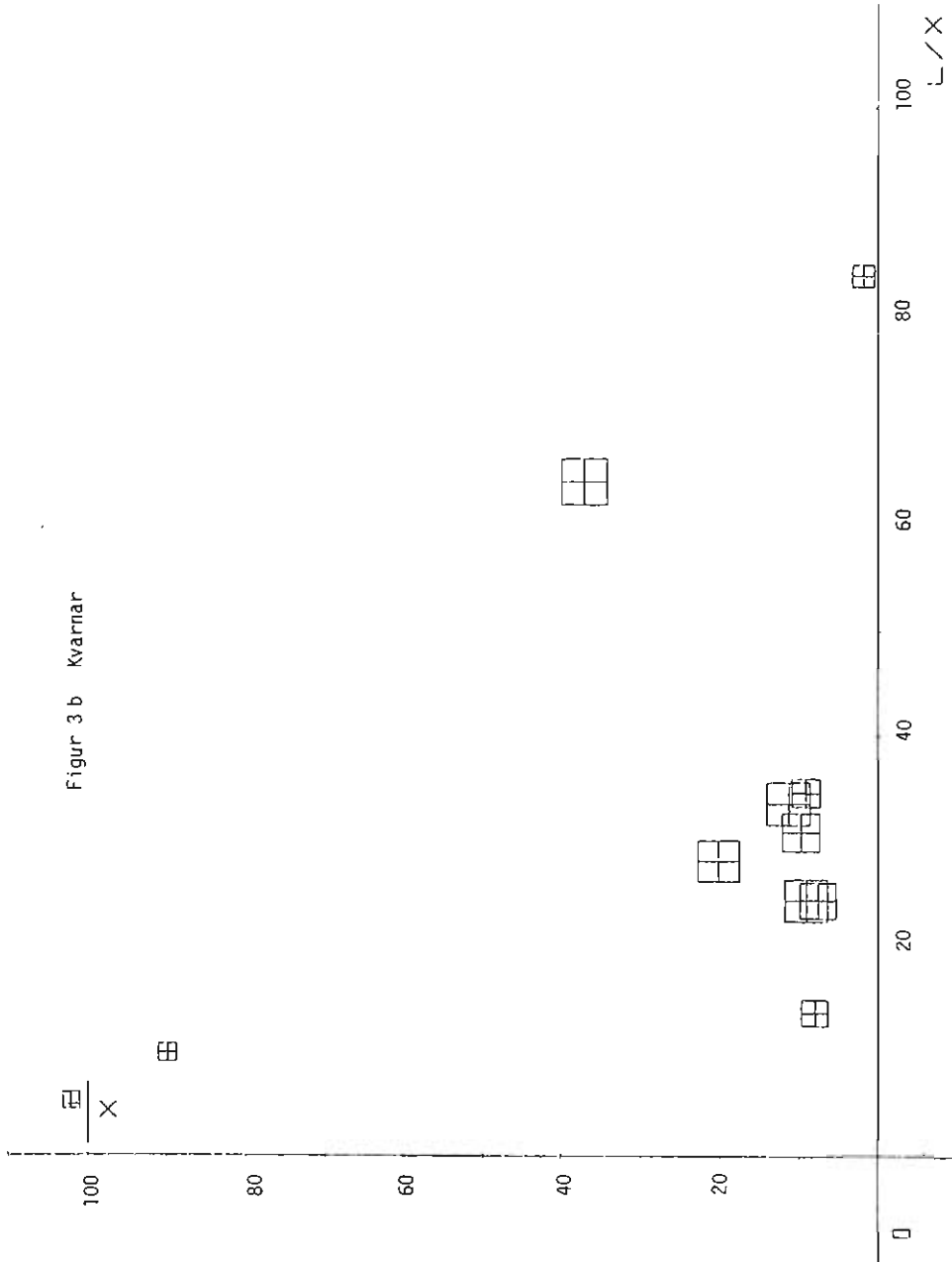




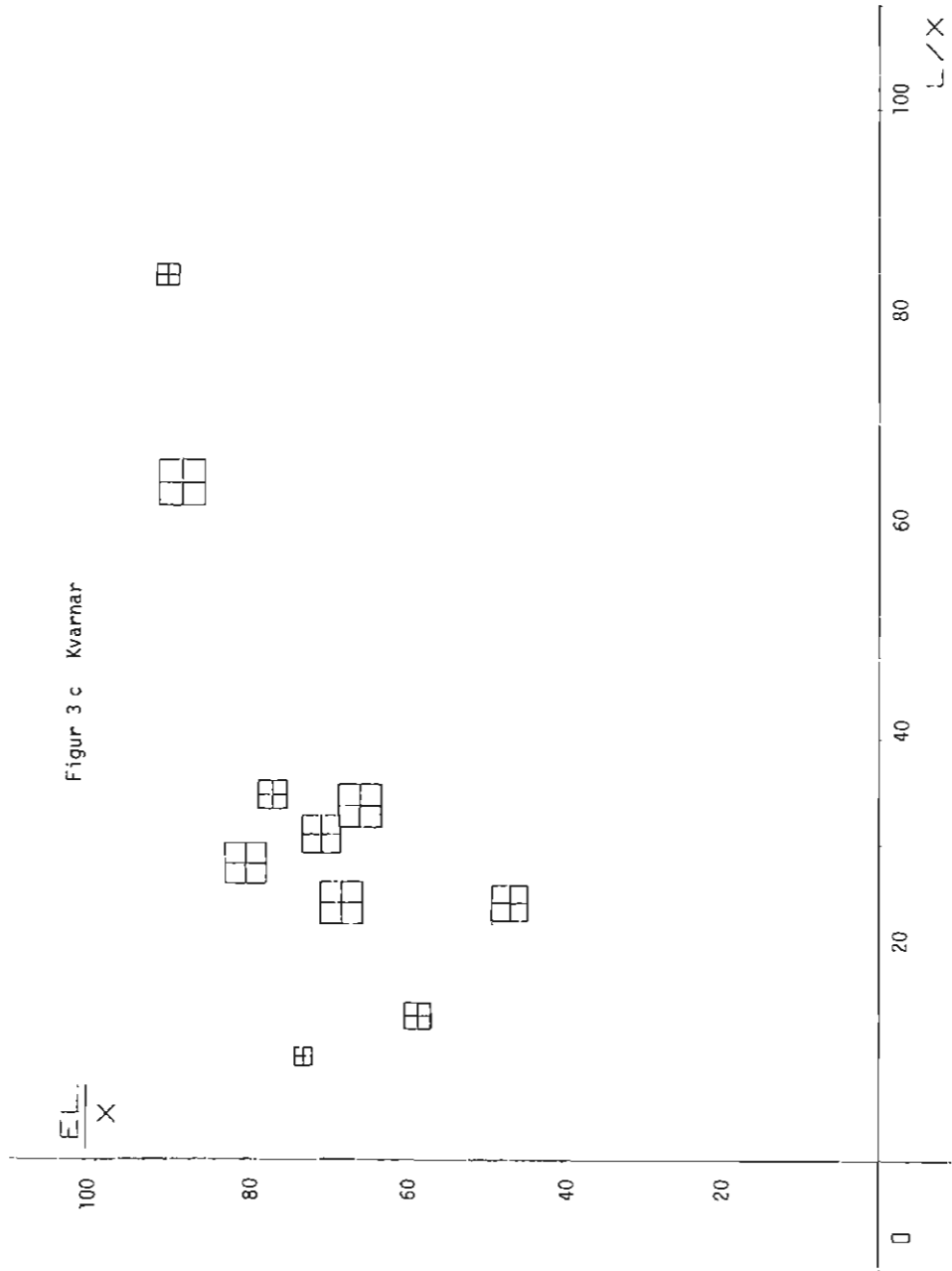
Figur 3 a Kvarnar



Figur 3 b Kvarnar

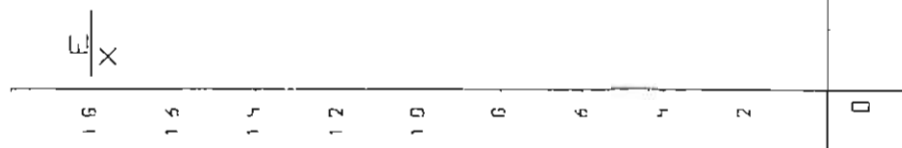


Figur 3 c Kvarnar

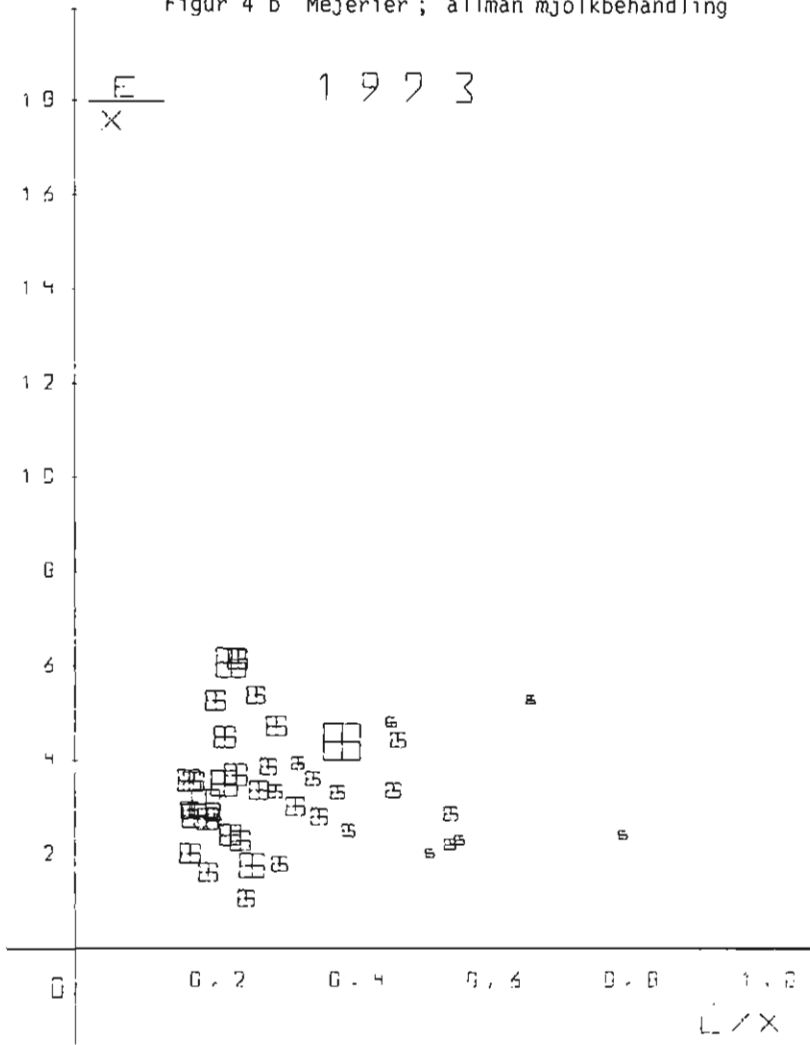


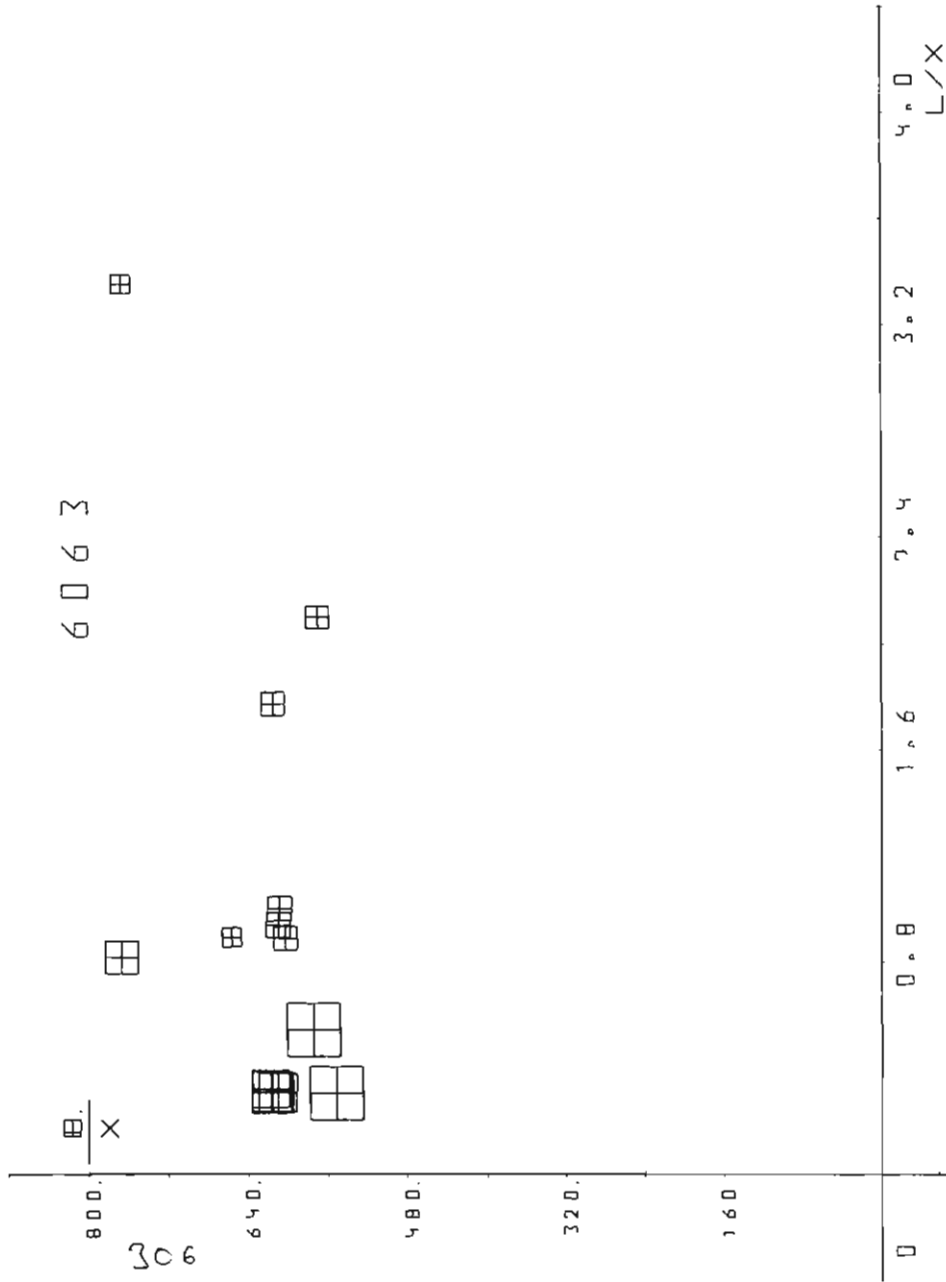
Figur 4 a Mejerier; allmän mjölkbehandling

1964

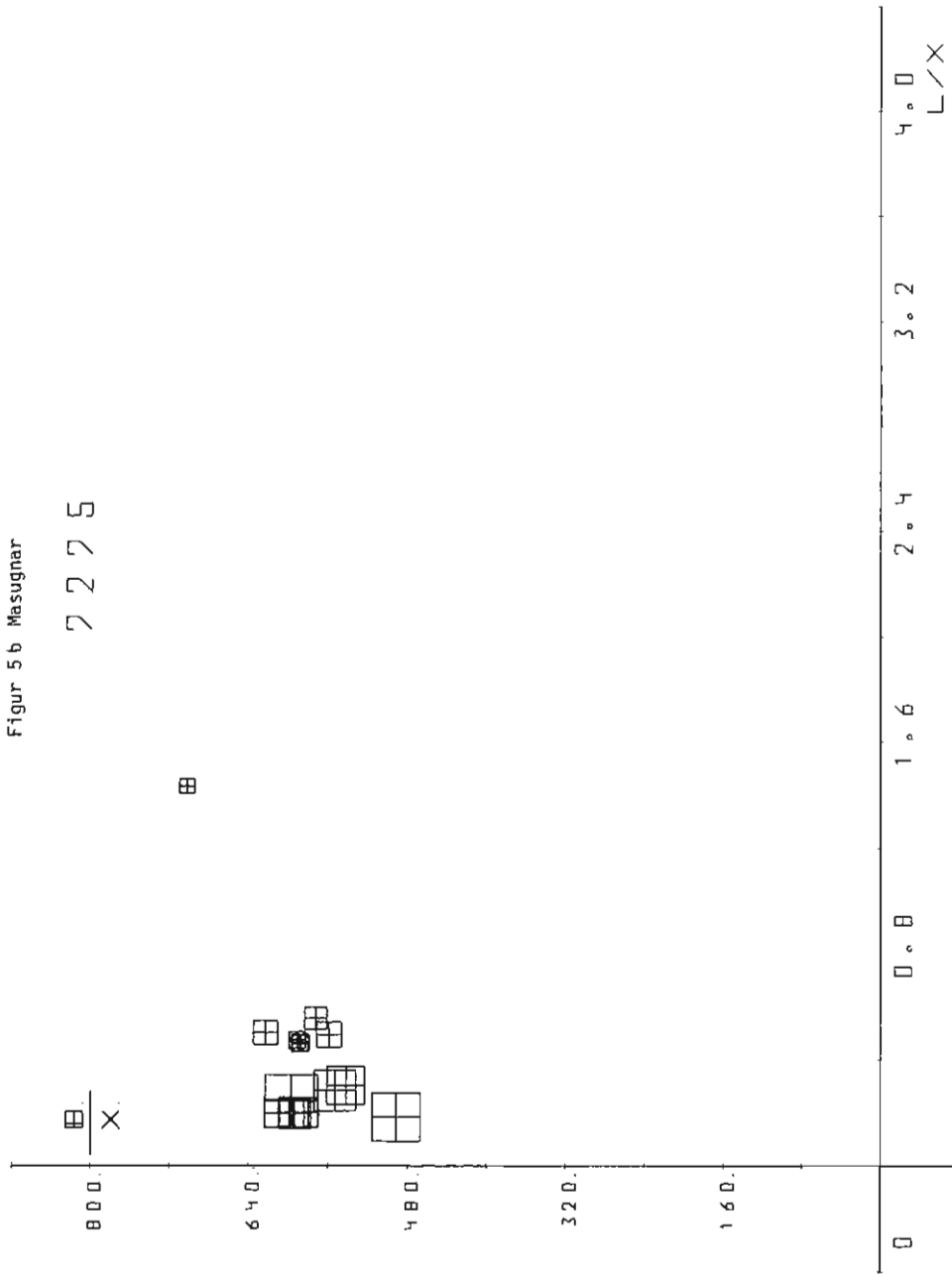


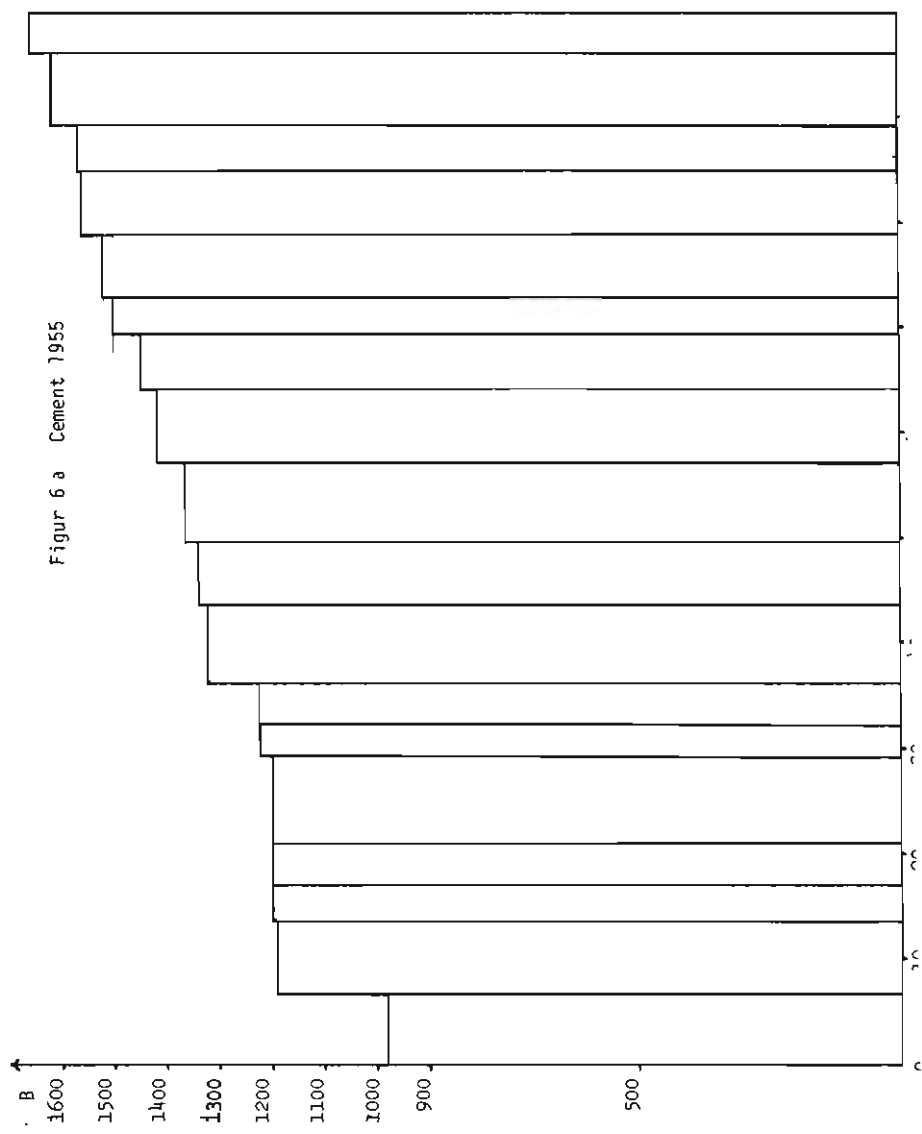
Figur 4 b Mejerier ; allmän mjölkbehandling



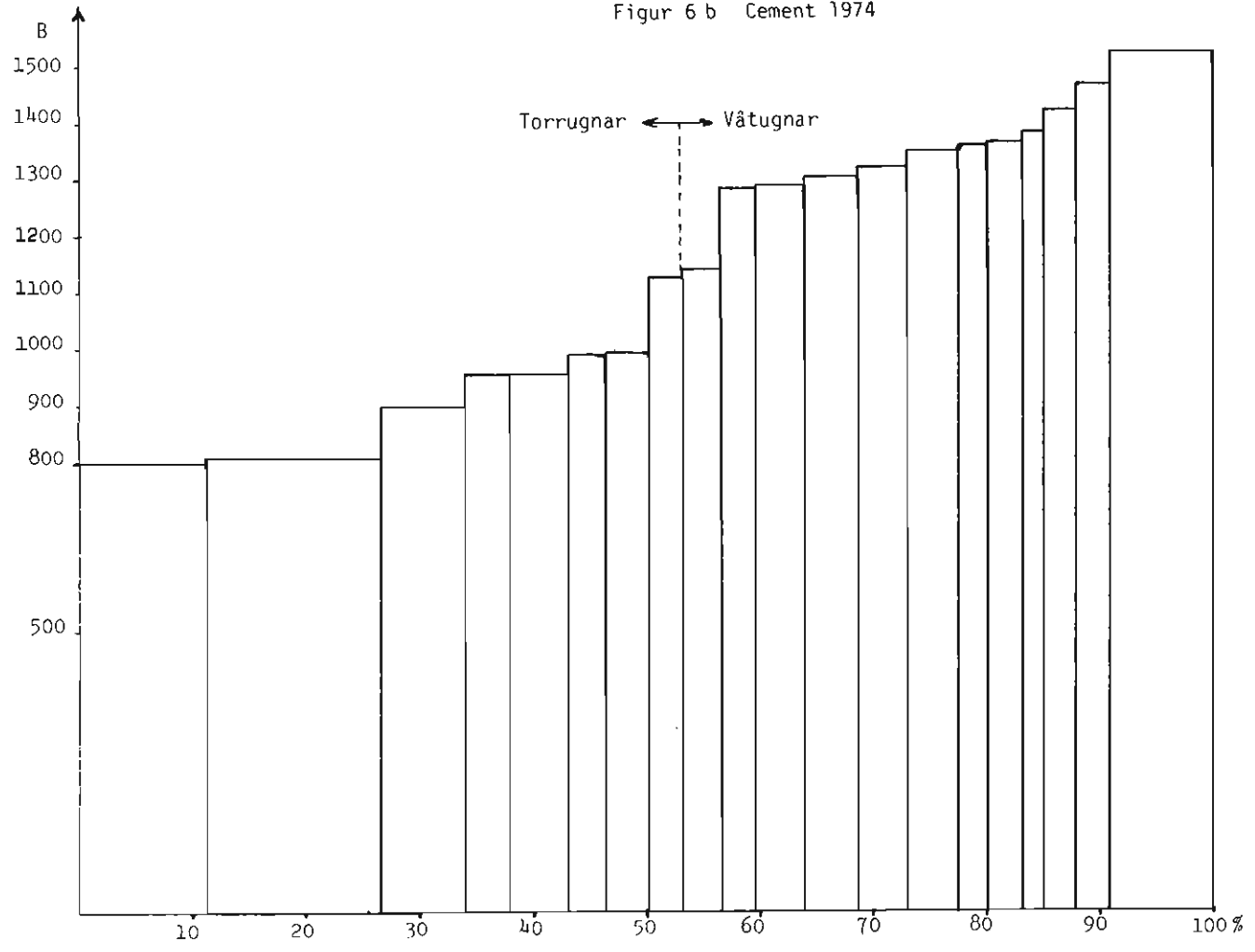


Figur 5 b Masugnar
7 2 7 5



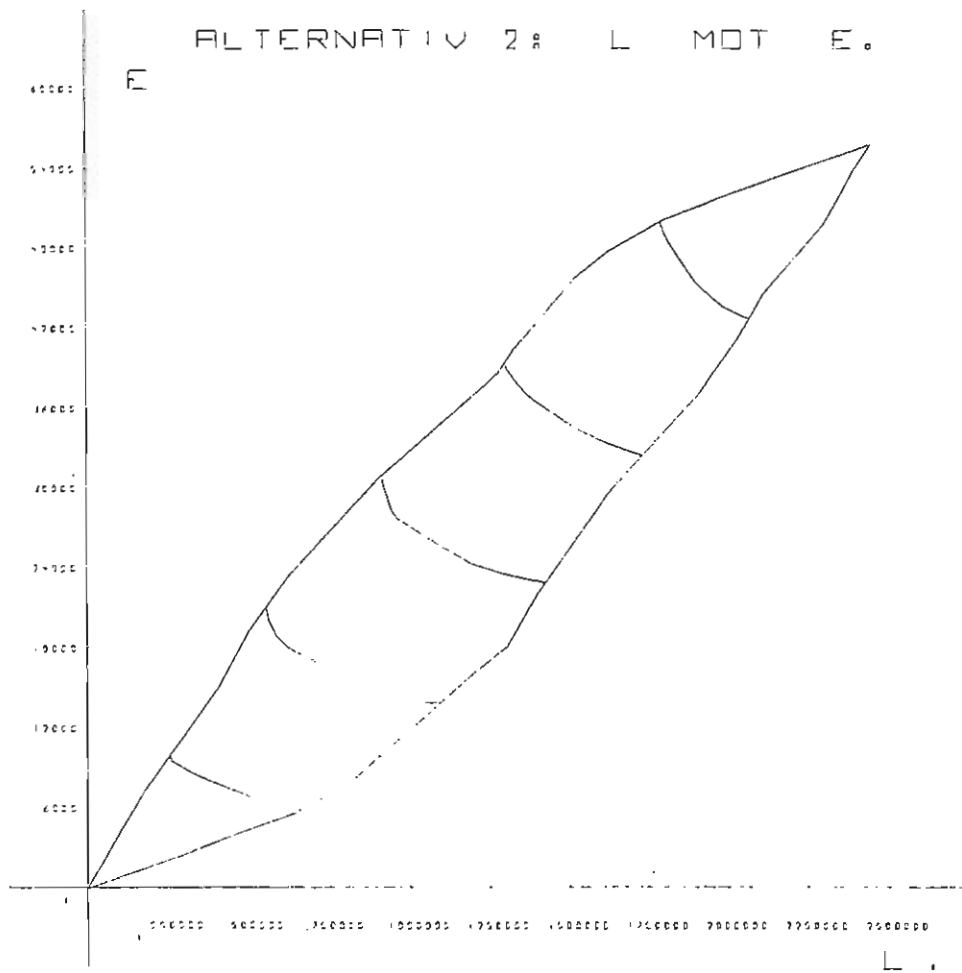


Figur 6 b Cement 1974

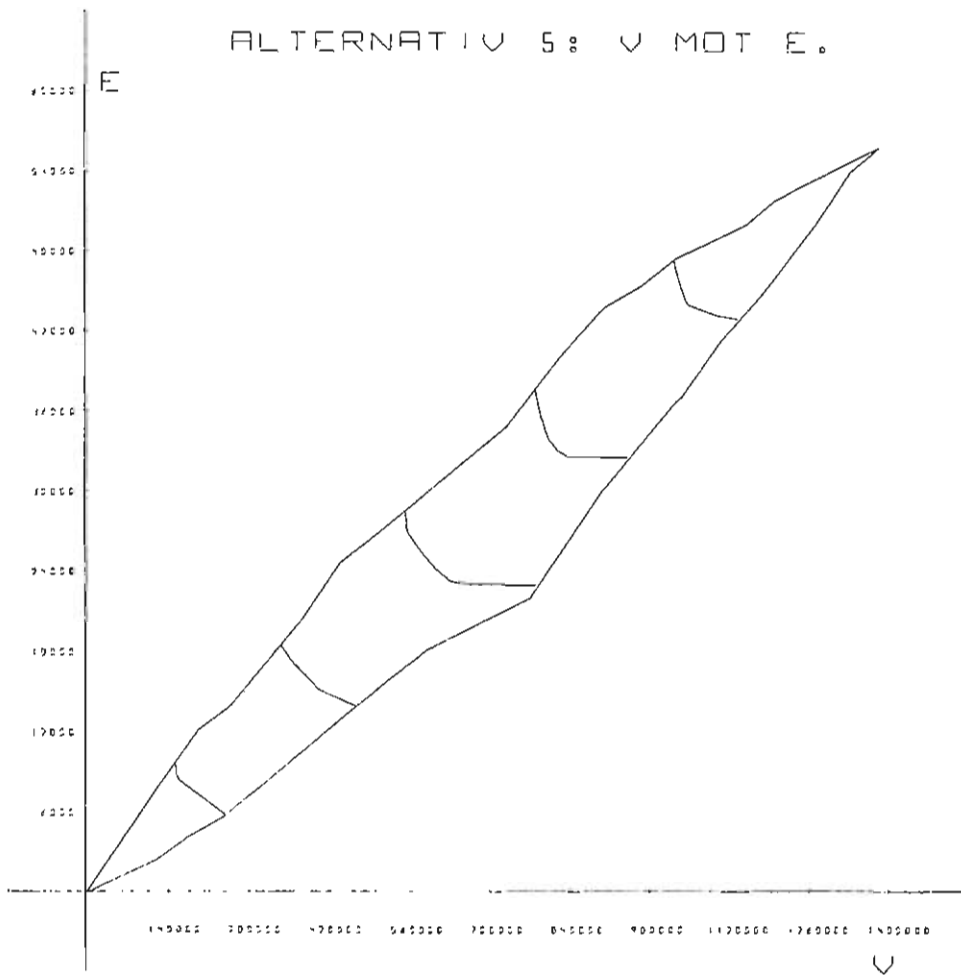


Torrugnar ← Vátugnar

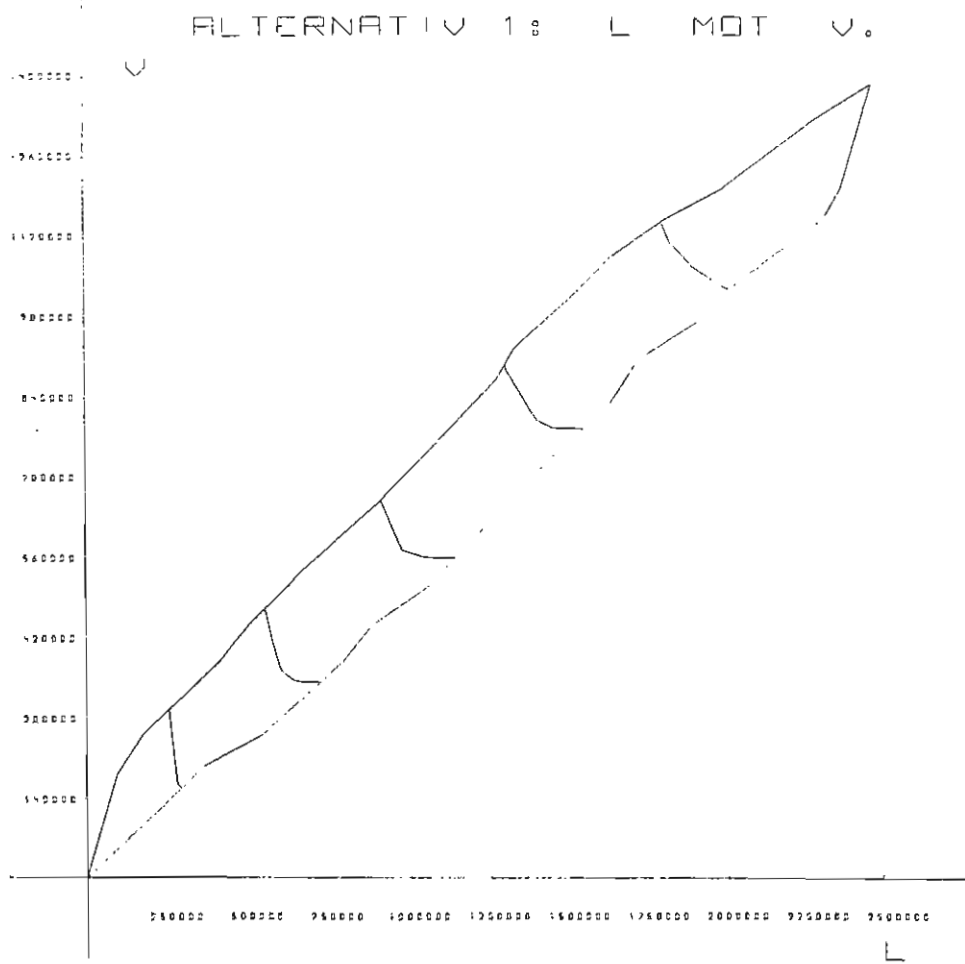
Figur 7 a Spånskivor



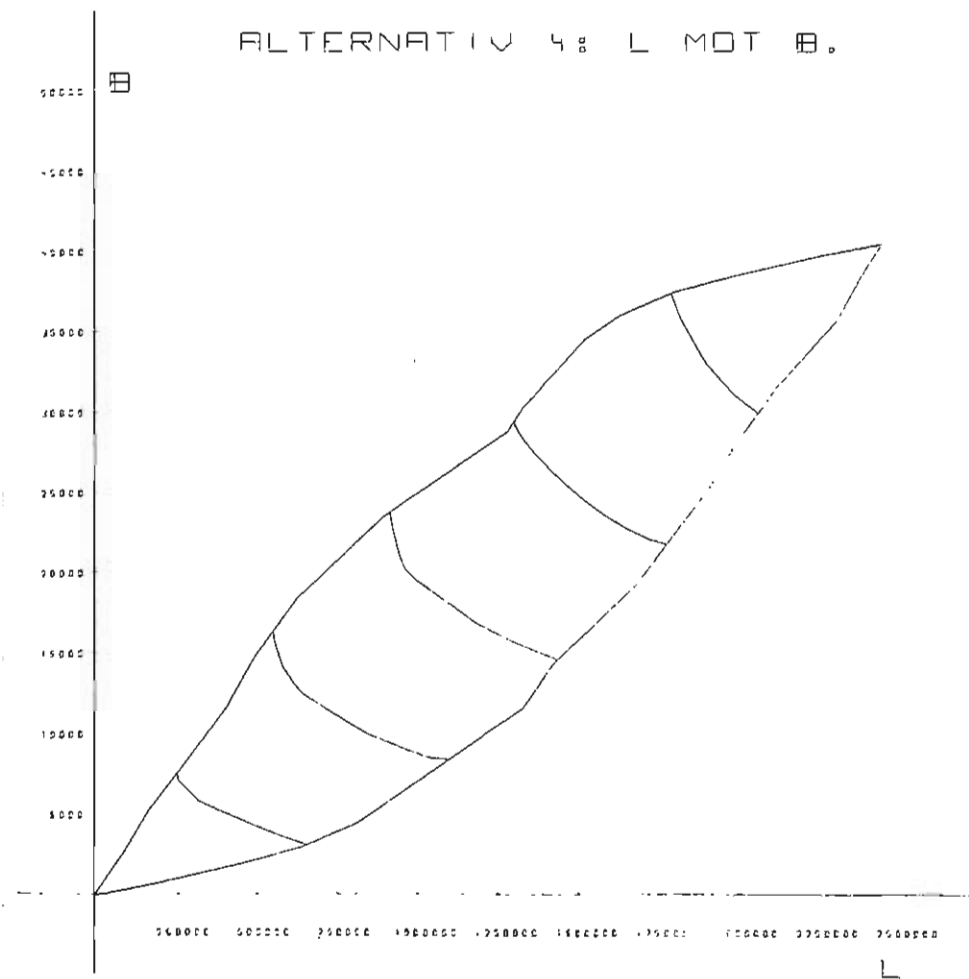
Figur 7 b Spånskivor



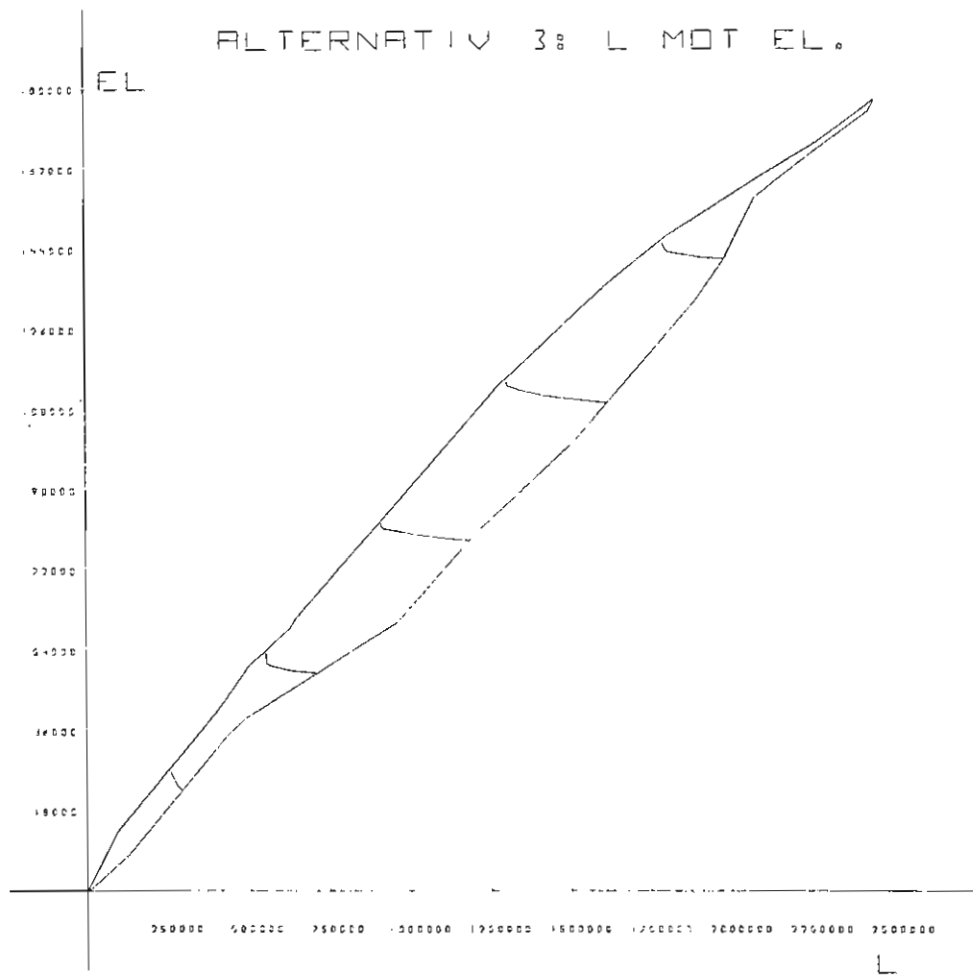
Figur 7 c Spånskivor.



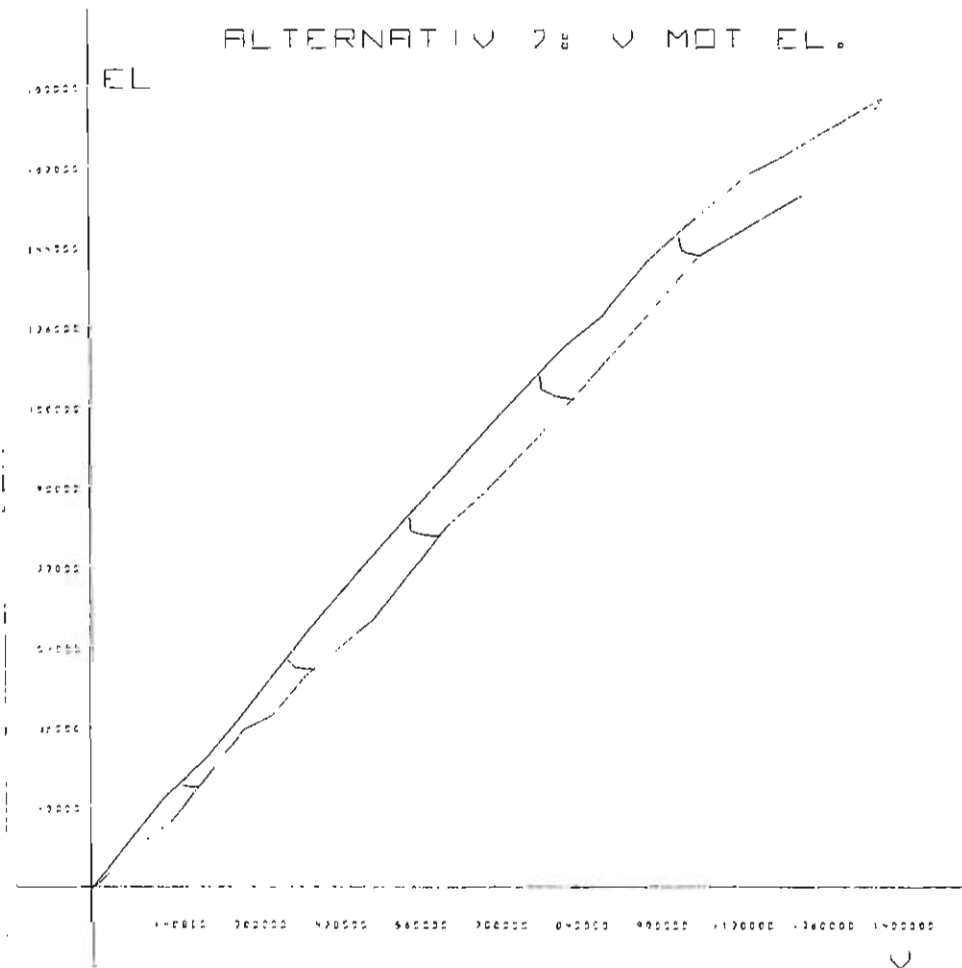
Figur 7d Spånskivor



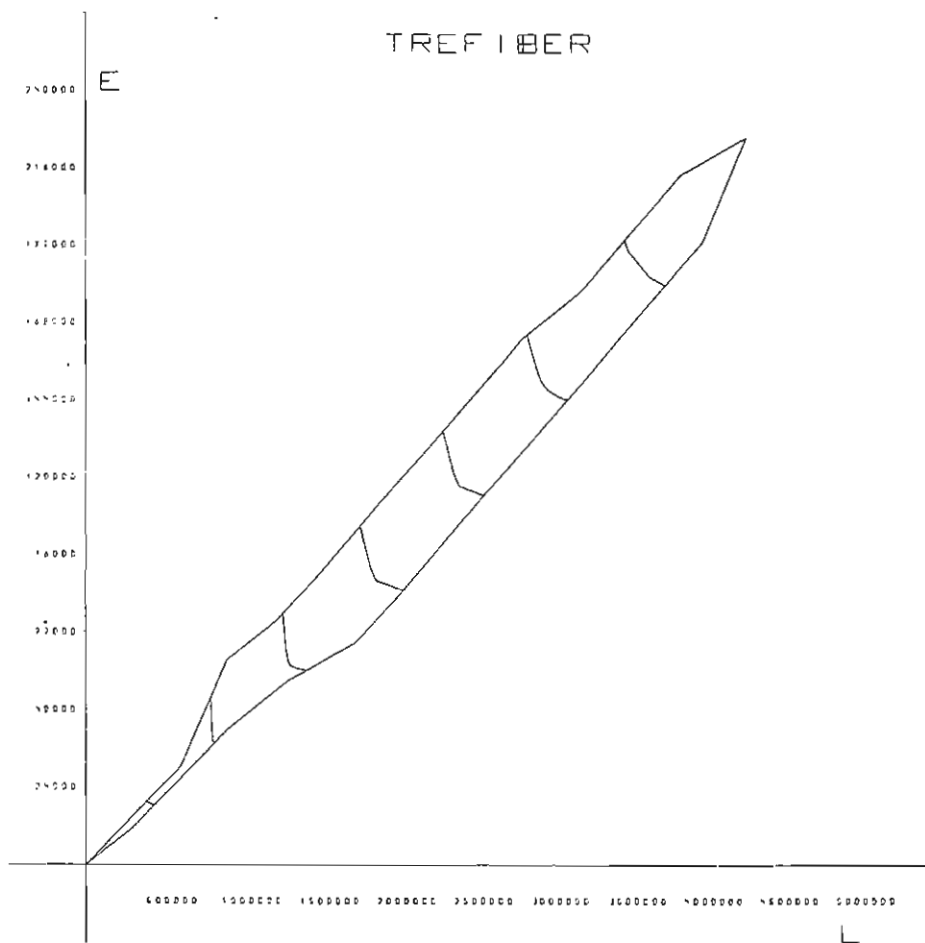
Figur 7 e Spånskivor



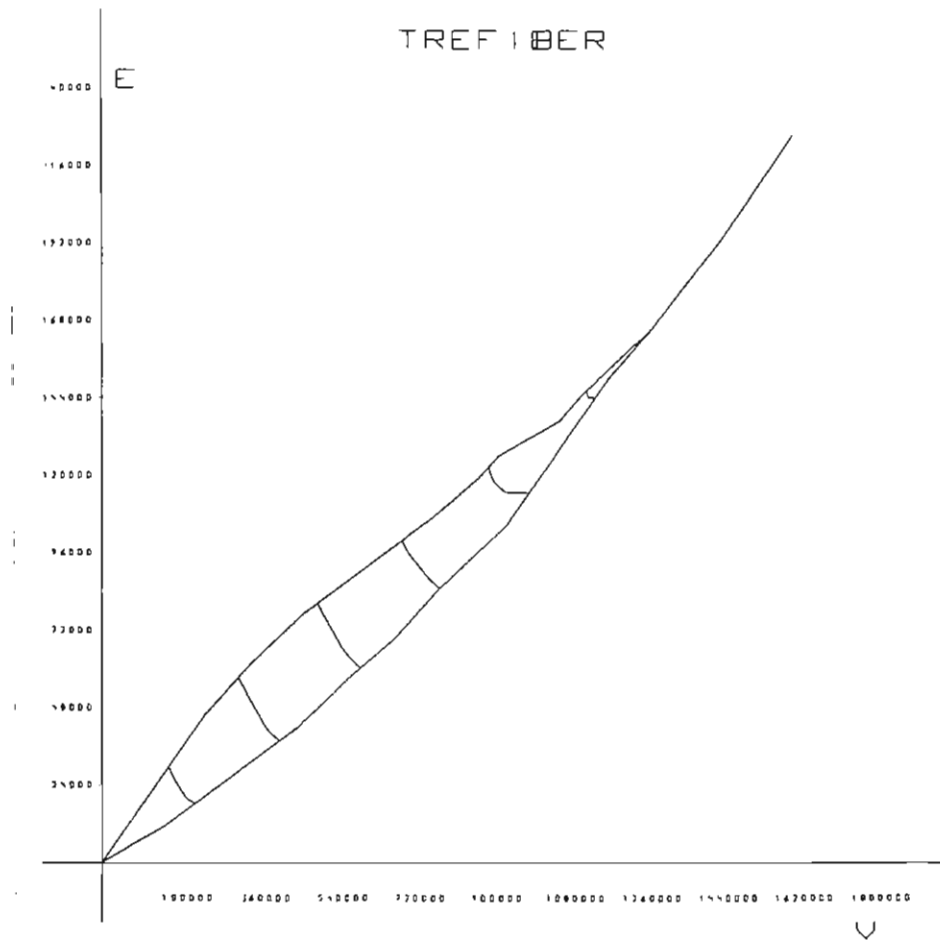
Figur 7 f Spånskivor



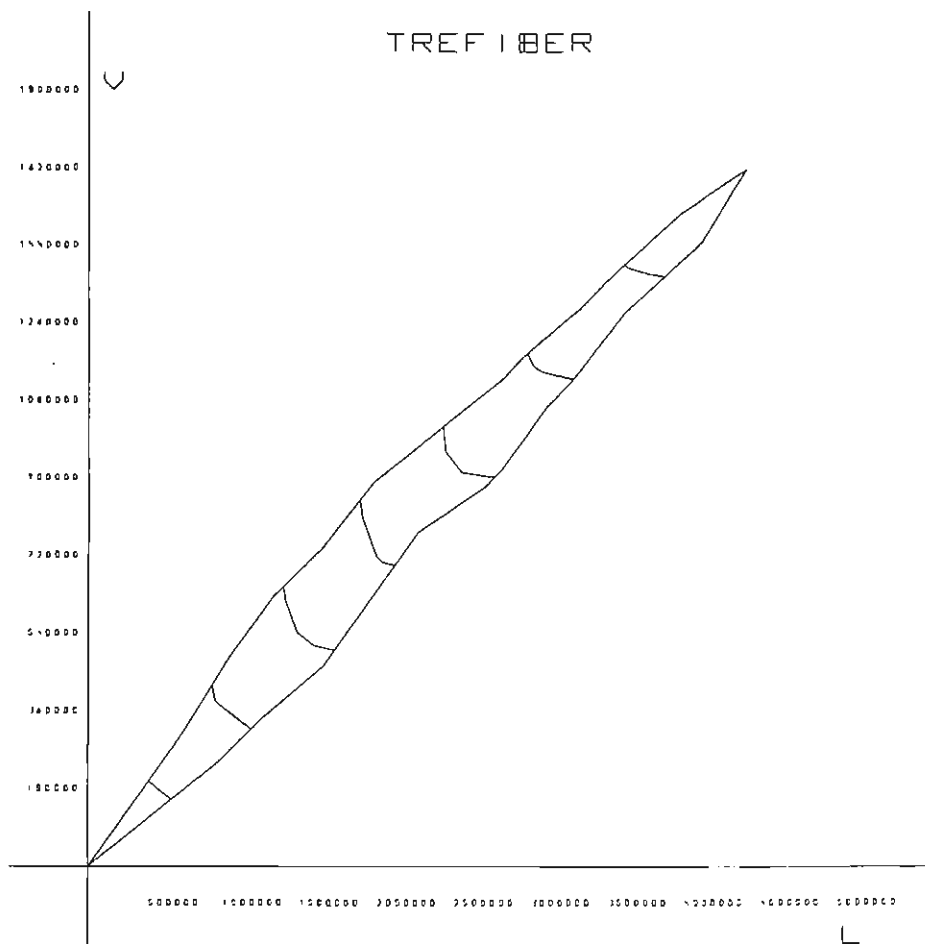
Figur 8 a Träfiberskivor



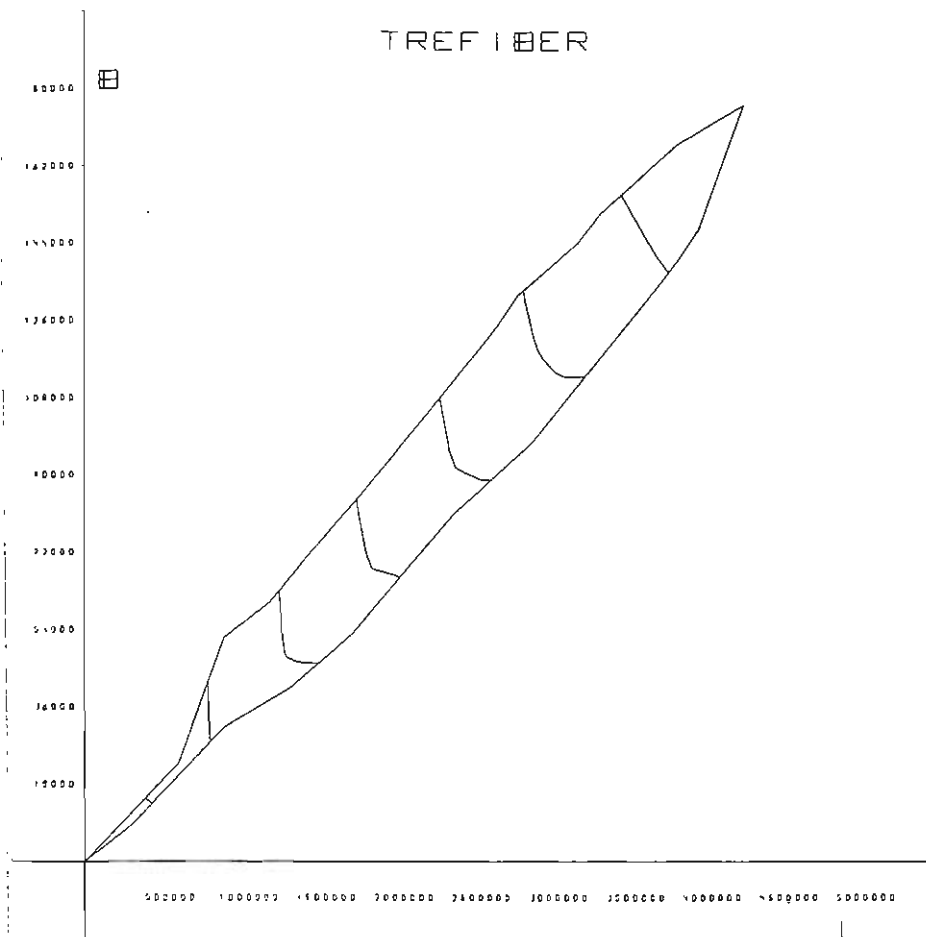
Figur 8 b Träfiberskivor



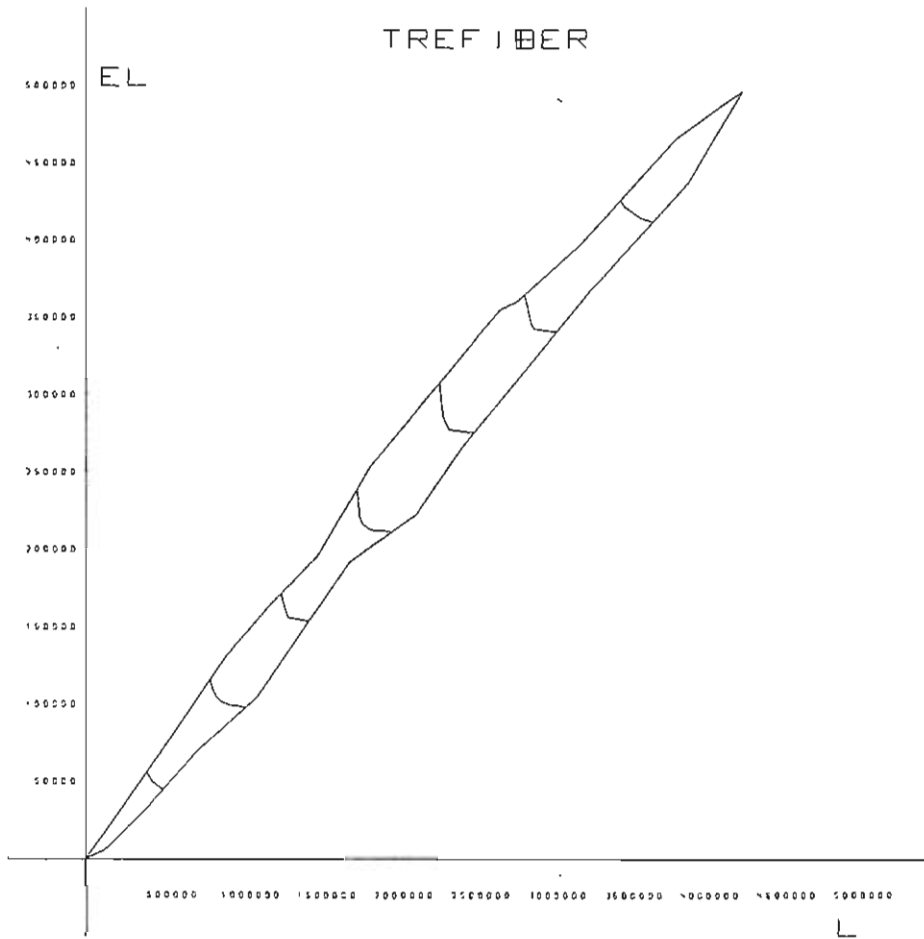
Figur 8 c Träfiberskivor



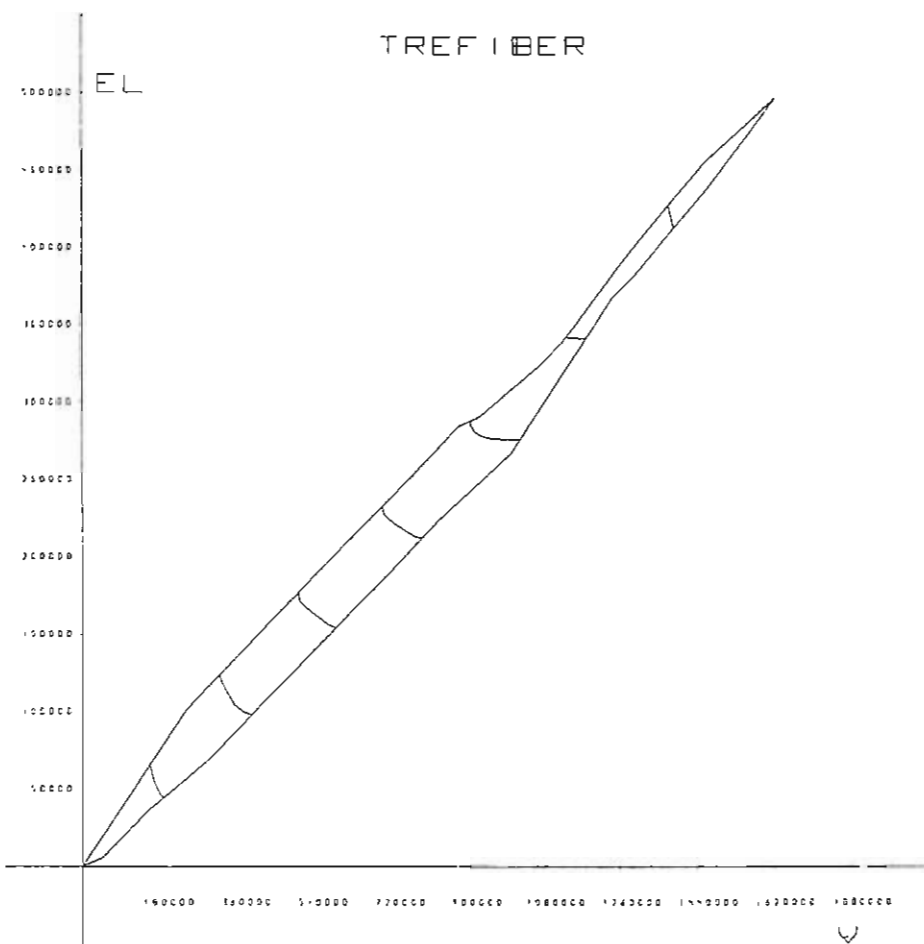
Figur 8d Träfiberskivor



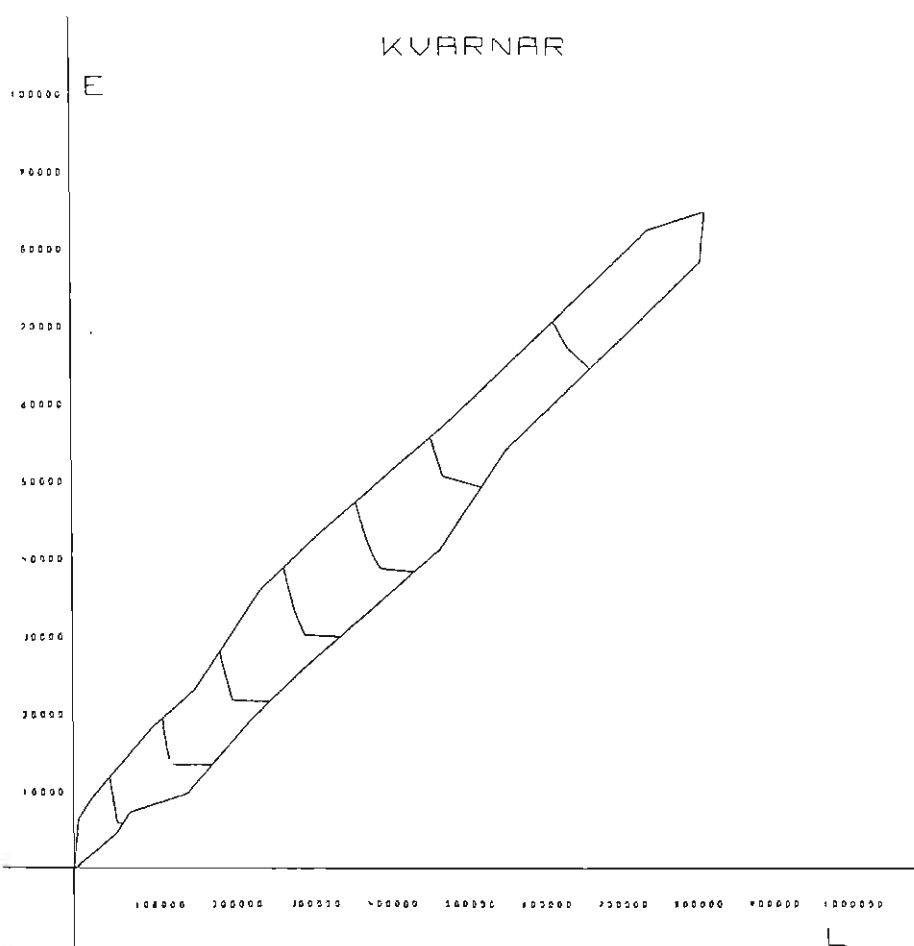
Figur 8 e Träfiberskivor



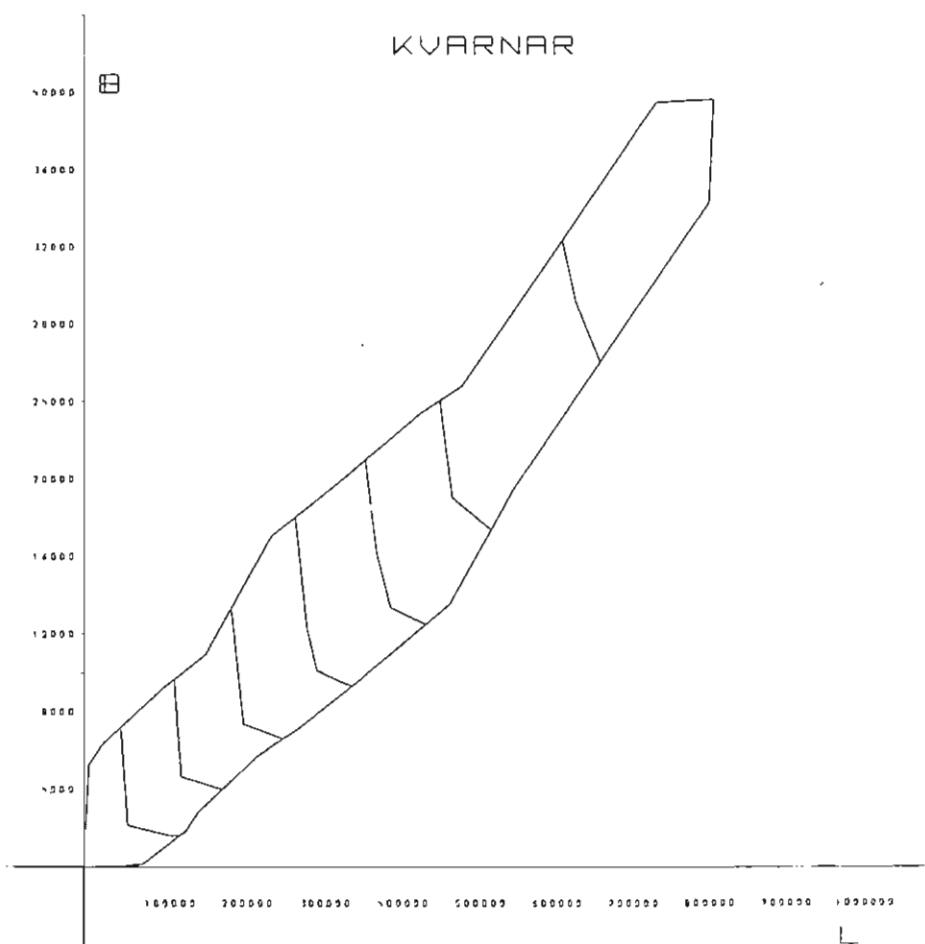
Figur 8f Träfiberskivor



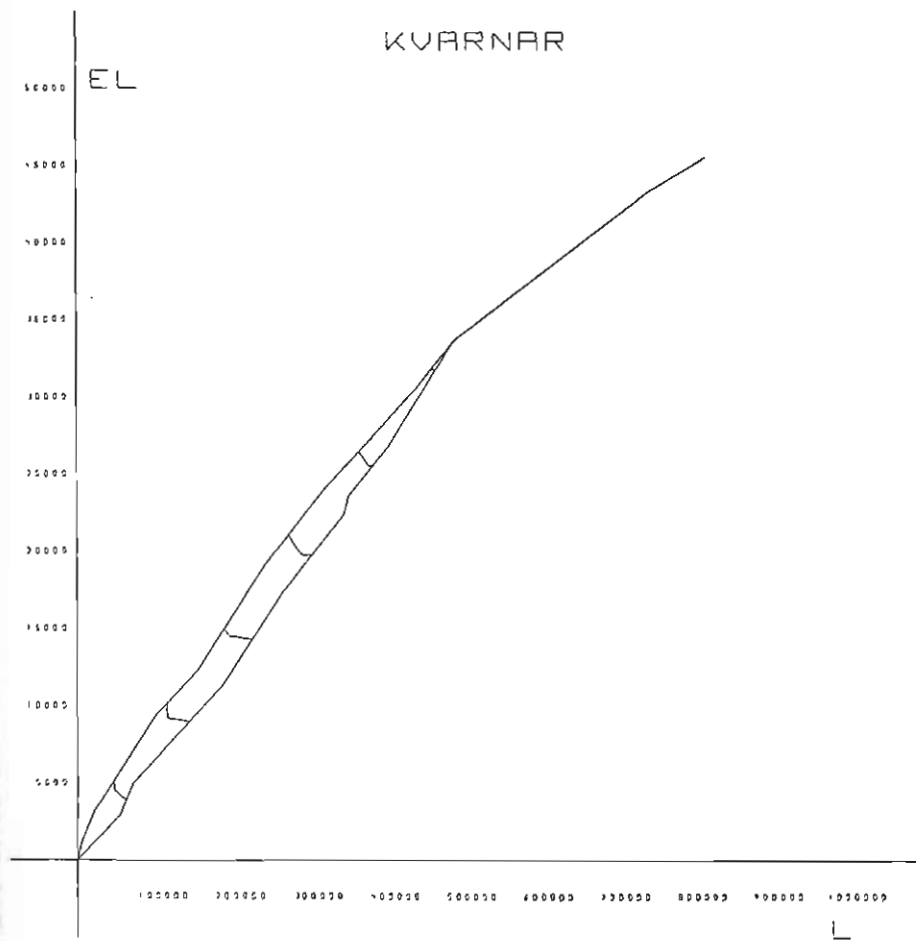
Figur 9 a



Figur 9 b

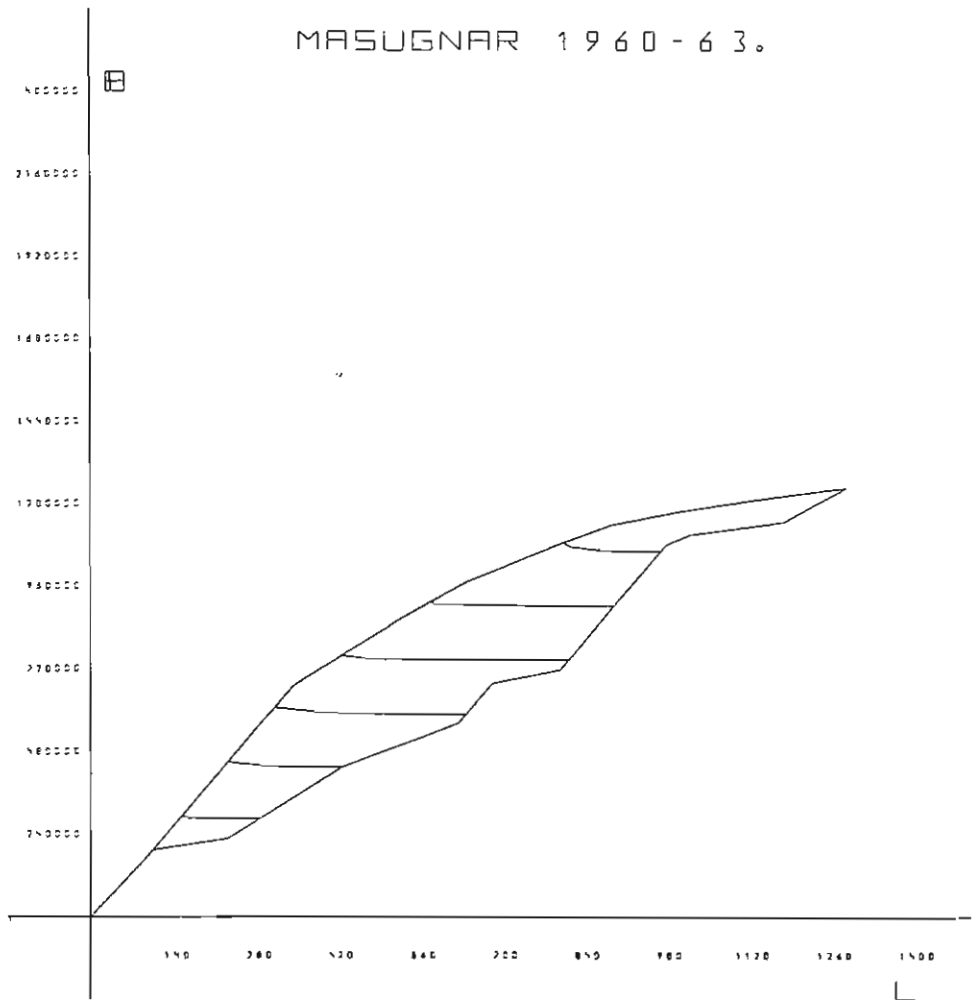


Figur 9 c



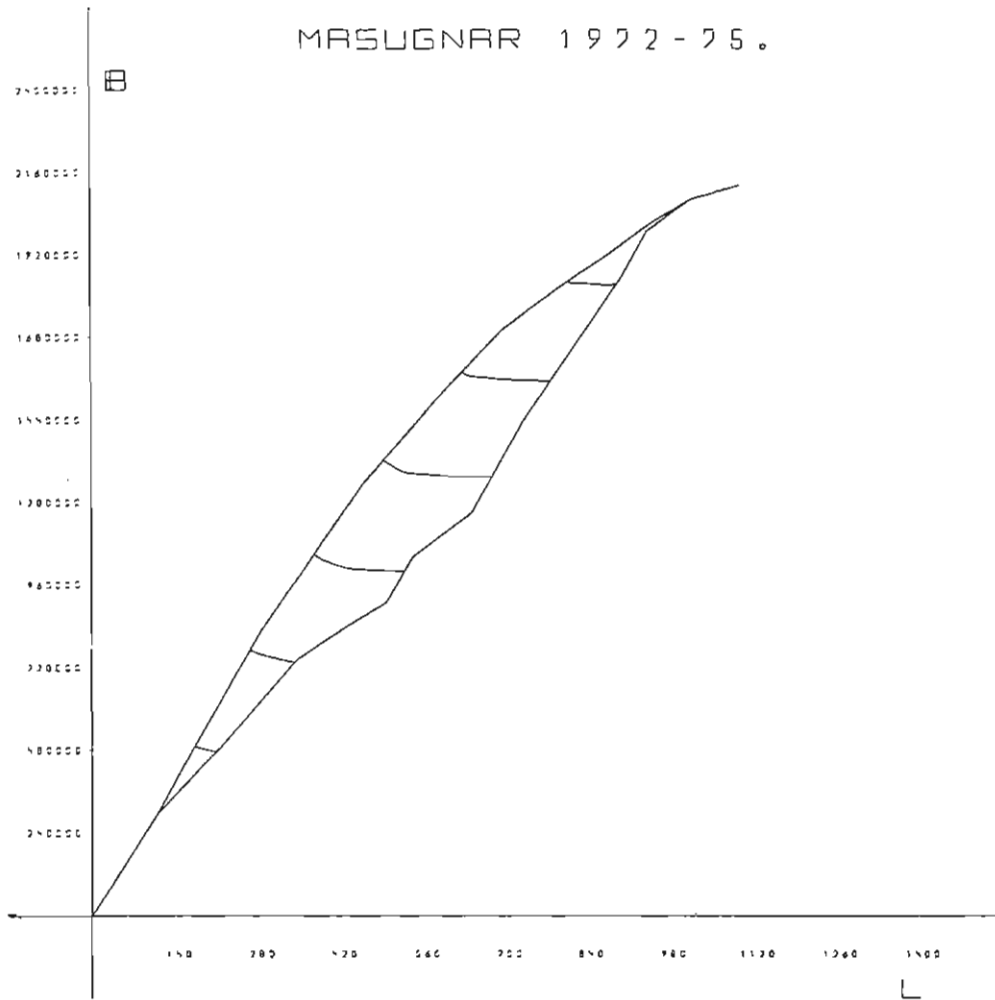
Figur 10 a

Figur 10 a



Figur 10 b

MASUGNAR 1972 - 75.



Referenser:

- Allen, R.G.D., 1938, *Mathematical analysis for economists*, Macmillan, London
- Berndt, E.R. och Wood, D.O., 1975, Technology, prices and the derived demand for energy, *The Review of Economics and Statistics*, vol 75, (3)
- Carling, A. och Bergman, L., 1977, Energipolitiska styrmedels funktioner och samhällspolitiska effekter på kort och på lång sikt, *Energikommissionen Expertgruppen för styrmedel*
- Carlsson, B., 1977 a, Relativprisutvecklingen på energi och dess betydelse för energiåtgång, branschstruktur och teknologival i en internationell jämförelse, *Energikommissionen. Expertgruppen för styrmedel*
- Carlsson, B., 1977 b, The choice of technology in cement production, stencil, IUI, Stockholm
- Carter, A.P., 1974, Energy, environment and economic growth, *Bell Journal of Economics and Management Science*, vol 5, (2)
- Denny, M.G.S och Pinto, C., 1975, "The demand for energy in Canadian manufacturing: 1949-70", mimeographed, University of Toronto
- OS I, 1976, Konsekvenser vid minskad produktion i kärnkraftverk
- Eide, E., 1975, Engineering production functions for tankers, stencil, Oslo
- Fuss, M., Hyndman, R. och Waverman, L., 1975, Workshop on energy demand, 22-23 II ASA Laxenburg, Austria
- Førsund, F.R., 1977, Energipolitikk og økonomisk vekst, *Energikommissionen, Expertgruppen för styrmedel*
- Førsund, F.R. och Hjalmarsson, L., 1976, Productions functions in Swedish particle board industry, forthcoming, Institut de recherche en économie de la production, Nanterre
- Griffin, J.M. och Gregory, P.R., 1976, An intercountry Translog model of energy substitution responses, *American Economic Review*, vol 66, (5)
- Gunning, J.W., Osterrieth, M. Waelbroeck, J., 1976, The price of energy and potential growth in developed countries, *European Economic Review*, vol 7, (1)
- Hjalmarsson, L., 1973, Optimal structural change and related concepts, *Swedish Journal of Economics* 75, (2), 176-192
- Hudson, E.A. och Jorgenson, D.W. 1974, US energy policy and economic growth 1975-2000, *Bell Journal of Economics and Management Science*, vol 5 (2)
- Johansen, L., 1972, *Production functions*, North Holland, Amsterdam
- Köstner, E., 1977, Regionala konsekvenser av en ökad energihushållning, stencil, Göteborg

-
- Lianos, T.P., 1975, Capital-labor substitution in a developing country, The case of Greece, European Economic Review, (6), 129-141
- Salter, W.E.G., 1960, Productivity and technical change, Cambridge
- SIND, 1974, Energiransonering i industrin, PM 1
- Taylor, L.D. 1975, The demand for electricity: a survey, Bell Journal of Economics, vol 6 (1)
- Utne, A., 1975, Electricity production and economic growth in Norway, Sosialøkonomen, no 6
- Wibe, S., 1977, Konsten att göra järn, stencil, Umeå
- Winston, G.C. 1974, Factor substitution, ex ante and ex post, Journal of Development economics 1 (2), 145-164
- Örtendahl, P.A. 1975, Substitutionsaspekter på produktionsprocessen vid massafremställning, Memorandum nr 52, Nationalekonomiska institutionen, Göteborg

Utgivna publikationer

Fullständig förteckning över utgivna skrifter kan erhållas på begäran.
(Angivna priser är cirka priser exkl. mervärdesskatt.)

Publikationer på engelska

1978

Determinants of Housing Demand — Analysis of Census Data for the County of Stockholm, 1970. Gunnar Du Rietz. Booklet No. 82. 14 pp. Skr 10:—.

Economies of Scale and Technological Change: An International Comparison of Blast Furnace Technology. Bo Carlsson. Booklet No. 81. 23 pp. Skr 10:—.

1977

A Simple Model for Planning Short-term In-patient Medical Care—Applied. Lars Dahlberg. Booklet No. 80. 14 pp. Skr 10:—.

Search Market Equilibrium. Bo Axell. Booklet No. 79. 21 pp. Skr 10:—.

Patterns of Engineering Trade Specialization, 1960—1970, and Sweden's Factor Abundance. Lennart Ohlsson. Booklet No. 78. 18 pp. Skr 10:—.

Exchange Rate Experiments on a Micro Based Simulation Model. Gunnar Eliasson. Booklet No. 77. 16 pp. Skr 10:—.

Publikationer på svenska

1978

Substitutionmöjligheter mellan energi och andra produktionsfaktorer. Lennart Hjalmarsson. Småtryck nr 84. 68 s. 15:—.

Relativprisutvecklingen på energi och dess betydelse för energiåtgång, branschstruktur och teknologival. En internationell jämförelse. Bo Carlsson. Småtryck nr 83. 87 s. 15:—.

1977

Utländska direkta investeringar i Sverige. En ekonometrisk analys av bestämningsfaktorerna. Hans-Fredrik Samuelsson. 202 s. 60:—.

IUI:s långtidsbedömning 1976. Bilagor. 324 s. 60:—.

Den internationella arbetsfördelningen. En jämförelse mellan förändringar inom stålindustri och textilindustri. Märtha Josefsson. Småtryck nr 76. 63 s. 15:—.

