

SNF RAPPORT NR. 56/00

Grovfôr eller kraftfôr?

**- Kartlegging av substitusjonsmulighetene
ved fôring av melkekyr i Norge**

av

Birgitte Engen Eriksen

SNF-prosjektnr. 2620: "Oppdatering og videreutvikling av JORDMOD"

Prosjektet er finansiert av Norges forskningsråd

STIFTELSEN FOR SAMFUNNS- OG NÆRINGSLIVSFORSKNING
BERGEN, NOVEMBER 2000

© Dette eksemplar er fremstilt etter avtale med KOPINOR, Stenergate 1, 0050 Oslo. Ytterligere eksemplarfremstilling uten avtale og i strid med åndsverkloven er straffbart og kan medføre erstatningsansvar.

ISBN 82-491-0087-5

ISSN 0803-4036

Forord

Blant de som har bidratt til denne oppgaven vil jeg først og fremst takke veilederen min Erling Vårdal. Han har sammen med Ivar Gaasland og Rolf Jens Brunstad alltid vært tilgjengelig for kommentarer og innspill. Jeg vil også takke samboeren min Lars Petter som har støttet meg gjennom arbeidet. Med sine gode råd og alternative vinklinger har han vært til stor hjelp.

Til slutt vil jeg rette en takk til Olav Romarheim, samt de jeg har vært i kontakt med ved Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning, for deres imøtekommenhet og hjelpsomhet.

Bergen, oktober 2000

Birgitte Engen Eriksen

Innholdsfortegnelse

<i>Kapittel 1</i>	<i>Innledning</i>	<i>1</i>
<i>Kapittel 2</i>	<i>Fôrmidlene og næringsbehovet</i>	<i>2</i>
2.1	Storferaser	2
2.2	Fôrmidlene	3
2.3	Næringsbehovet	5
2.3.1	Energi	5
2.3.2	Protein	5
2.3.3	Mineralstoffer	6
2.3.4	Vitaminer	6
2.4	Vomgjæringen	6
2.5	Måleenhet for energi	7
2.6	Fôrbehovet	8
2.7	Fôropptaket	10
2.7.1	Ensidig grovfôrrasjon	10
2.7.2	Blandet fôrrasjon	12
<i>Kapittel 3</i>	<i>Norsk melkeproduksjon representert ved en CES- produktfunksjon</i>	<i>15</i>
3.1	Substitusjonselastisitet	15
3.2	CES-funksjonen	19
3.2.1	Noen tekniske egenskaper	20
3.2.2	Spesialtilfeller av funksjonen	22
3.3	Tidligere litteratur som nytter CES-produktfunksjoner for å karakterisere substitusjonselastisiteten mellom grovfôr og kraftfôr i norsk melkeproduksjon	27
<i>Kapittel 4</i>	<i>Analyseverktøy</i>	<i>36</i>
4.1	Generelt om MPSGE og GAMS	36
4.2	Viktige komponenter i en MPSGE-modell	37
4.3	Et modelleksempel	38

<i>Kapittel 5</i>	<i>Modell og analyse</i>	<i>43</i>
5.1	Modellen	43
5.2	Produktfunksjonen	44
5.2.1	Nærmere om innsatsfaktorene og substitusjonselastisitetene i brukets produksjonsstruktur	48
5.3	Kartlegging av kostnadene ved grovfôrproduksjon	50
5.3.1	Fordeling av arbeidsinnsatsen på bruket	50
5.3.2	Fordeling av kapitalinnsatsen på bruket	53
5.3.3	Fordeling av vareinnsatsen på bruket	55
5.4	Utledning av fôrkombinasjoner for gitt produksjon	57
5.4.1	Beregnet fôrbehov ut fra normer	57
5.4.2	Inndeling av fôrbehovet i et minimumsnivå og et substitusjonsmulighetsområde	59
5.4.3	Anvendelse av minimumsbehovene på modellbruket	59
5.4.4	Fra FEM til kostnadsverdier	61
5.5	Analyse	62
5.5.1	Kalibreringsløsningen	63
5.5.2	Alternativ beregning	63
5.5.3	Oppsummering	67
<i>Kapittel 6</i>	<i>Sammendrag</i>	<i>68</i>
<i>Litteraturliste</i>		<i>69</i>

Kapittel 1 Innledning

Tema for denne oppgaven er knyttet til videreutvikling av modellstrukturen i JORDMOD, som er en langsiktig likevektsmodell for den norske jordbrukssektoren. Produksjonsstrukturen i JORDMOD er basert på produksjonsprosesser med faste koeffisienter. Oppgaven som er en del av prosjektet: "Oppdatering og videreutvikling av JORDMOD", består i å basere likevektsmodellen på produktfunksjoner som tillater faktorsubstitusjon. For å avgrense arbeidet vil jeg konsentrere meg om melkeproduksjonen i jordbruket.

Søkelyset rettes spesielt mot substitusjonsmulighetene mellom to essensielle produksjonsfaktorer i fremstillingen av melk; fôrmidlene grovfôr og kraftfôr. Omstillingspotensialet beskrives av substitusjonselastisiteten, og produksjonsteknologien presenteres i form av en CES- (Constant Elasticity of Substitution) produktfunksjon. Oppgaven har to målsetninger. Ut fra eksisterende litteratur vil jeg i den første delen anslå en verdi på elastisiteten mellom fôrsortene. Denne støttes opp av et "biologi"- kapittel som viser at man av hensyn til dyrenes helse ikke uten videre kan substituere mellom fôrmidlene.

I oppgavens andre del modelleres produksjonsteknologien til et melkebruk med 15 årskyr på Vestlandet. Kartleggingen av kostnadene ved grovfôrproduksjon utgjør en omfattende del av forarbeidet. Melkeproduksjonen forutsettes å ha konstant skalaavkastning. Produktfunksjonen er av typen flernivå CES. Til dette arbeidet benyttes et program for generell likevektsmodellering, MPSGE, som er spesielt godt egnet til å modellere slike funksjoner. Det nødvendige databehovet i funksjonene består av kostnads- og budsjettandeler, samt substitusjonselastisiteter mellom varer og faktorer. Ut fra disse data beregnes utgangslikevekten. Innføring av en 20% avgift på kraftfôr danner grunnlaget for analysen. Målet er å studere gårdbrukerens endring i etterspørselen etter grovfôr og kraftfôr ved en vridning i det relative prisforholdet mellom fôrmidlene, og ved ulike verdier på substitusjonselastisiteten.

Kapittel 2 Fôrmidlene og næringsbehovet

I dette kapittelet vil jeg gi en kort innføring i kuens nærings- og fôrbehov samt konsekvensen av under- og overfôring. Dette fordi jeg senere i oppgaven ved hjelp av en CES-produktfunksjon vil gjøre rede for substitusjonselastisiteten mellom grovfôr og kraftfôr, og forklare at denne i et intervall, begrenset av biologiske faktorer, kan ta forholdsvis høye verdier.

2.1 Storferaser

Det er storferasen Norsk Rødt Fe (NRF) det vil refereres til i oppgaven. Dette er en ”blandingsrase” skapt av et avlsprogram som skulle gi de beste produksjonskyr uansett ytre særpreg. NRF-kuen er helt dominerende i landet vårt i dag, og den egner seg godt til produksjon av både melk og kjøtt. Krysningen ble foretatt ettersom man kom frem til at de lokale rasene hadde for lavt ytelsesnivå. Sistnevnte er de mest vanlige stedegne¹ storferaser som telemarksfe, dølefe, østlandsk rødkolle, sør- og vestlandsfe (vestlandsk rødkolle og vestlandsk fjordfe), sidet trønderfe og nordlandsfe. For spesialisert kjøttproduksjon blir ofte de utenlandske kjøttferasene foretrukket. NRF-kuen vil aldri kunne konkurrere med den tyske Holstein-rasen som ensidig har selektert for melkeytelse. (Norsk landbruk nr. 15, 1999). Noen melkeprodusenter foretrekker jersey-fe, en spesialisert melkerase som opprinnelig er fra øyen Jersey, men som er blitt importert fra Danmark til Norge. Det er i den senere tid flere melkebønder som ønsker kyr av de gamle stedegne rasene. (Gjefsen, 1999). NRF-kuen har de senere årene hatt en gjennomsnittsyttelse på 6.200 kg melk per år. Nivået har vist tydelig stagnasjon etter midten på 80-tallet, og ifølge Norsk Landbruk nr. 15, 1999, utnytter norske melkeprodusenter kyrenes melkeevne dårlig. Bare 65% av NRF-kuens genetiske kapasitet for melkeproduksjon utnyttes i Norge i forhold til den genetisk nærmest identiske SRB-kuen i Sverige, som har en gjennomsnittsyttelse på 8.200 kg melk i året. Svenskene utnytter dermed 85% av kuens genetiske kapasitet. Det er flere årsaker til denne ytelsesforskjellen. Ifølge ovennevnte kilde er det dårlige fôrgrunlaget i forhold til svensk fôringspraksis, samt norske melkevoter og situasjonen på kjøttmarkedet avgjørende. I motsetning til svenske bønder tjener den norske bonden på produksjon av storfekjøtt. Lønnsomheten stiger ved økende antall

¹Før i tiden ble de ulike rasene kalt for stedegne. Dette fordi kyrene var knyttet til spesielle steder og mange hevder at de var særlig tilpasset lokale levevilkår.

kyr til kjøttproduksjon. Denne situasjonen bidrar til at den enkelte kus nivå på melkeytelse får mindre betydning. Situasjonen kan derimot bli annerledes dersom det oppstår problemer på kjøttmarkedet og på sikt lavere priser. Bedre fôringspraksis vil ifølge avlssjef Steine i NRF gi høyere ytelse. ”NRF-kuen er en fleksibel ku som tåler ulik fôringsintensitet uten at det resulterer hverken i sykdom eller reproduksjonsproblemer.” (Norsk Landbruk nr.15, 1999:19). Dette er verdifull informasjon ettersom jeg senere skal kartlegge substitusjonselastisiteten mellom grovfôr og kraftfôr. Et slikt utsagn skulle tilsi store substitusjonsmuligheter. Substitusjonselastisiteten avhenger av hvilken rase som betraktes. Sett i forhold til den tidligere nevnte Holstein-rasen er det derfor ikke urimelig å anta at denne tillater enda større substitusjonselastisitet i fôringen. Det er imidlertid NRF-kuen som er utgangspunktet for det videre arbeid.

2.2 Fôrmidlene

Det skilles mellom to hovedtyper av fôrmidler: grovfôr og kraftfôr. Grovfôr er en fellesbetegnelse på viktige fôrmidler som gress og beite², høy, surfôr,³ samt halm og halmproduksjon. Grovfôr utgjør hoveddelen av fôret til drøvtyggere her i landet. Ifølge Husdyrkontrollen⁴, (1998), utgjør surfôr i overkant av 40% av grovfôret målt i energienheter, beite i underkant av 16%, mens høy, rotvekster og annet grovfôr utgjør bare noen få prosent hver for seg. Over halvparten (55%) av det totale jordbruksarealet på nærmere ti millioner dekar består av eng. I tillegg utnyttes store områder utmark til beite (Gjefsen, 1995). Foruten gress, nyttes rotvekster (kålrot), grønnfôrvekster (fôrraps) og poteter. Dette er vekster som inntar en fôringsmessig mellomstilling, ettersom de verken er grovfôr eller kraftfôr. Felles for disse gruppene er rikelig innhold av en type karbohydrater, som kun kan fordøyes mikrobielt. (Se delkap. 2.3).

²Forskjellen mellom gress og beite: ved beite står dyrene for høstingen selv, i motsetning til når dyrene føres med gress i fjøset.

³ Surfôr er konservert engavling. Ensilering er den vanligste måten å konservere engavling på. Dette skjer ved at plantemateriale med relativt høyt vanninnhold blir lagret uten at luft kommer til, slik at surhetsgraden blir så lav at skadelige mikroorganismer får dårlige vilkår til å vokse og formere seg. Man unngår på denne måten at materialet brytes ned, og næringsverdien holder seg stabil over lang tid.

⁴ Husdyrkontrollen er et organ som driver omfattende registrering av ytelse og produksjon på de dyrene som er med i kontrollen. Kontrollen er i regi av Tine meierier.

Kraftfôr er et helt nødvendig supplement til grovfôret for å oppnå dagens ytelsesnivå. Ifølge Husdyrkontrollen, (1998), utgjør kraftfôret i underkant av 40% av energiforsyningen til kyr i Norge. Dette fôrmiddelet omsettes vanligvis som ferdige blandinger, der korn og kornprodukter utgjør hoveddelen. Blandingene består av mange råvarer gruppert som følger:

- karbohydrat
- protein
- fett
- vitaminer
- mineraler

Kraftfôrblandinger har et høyt tørrstoffinnhold (82-88%) og kan derfor lagres lenge uten å bli bedervet. For karbohydratene er det bygg og havre som utgjør hoveddelen av norske kraftfôrblandinger. Disse to kornslagene kalles fôrkorn ettersom de primært dyrkes for fôr. Hvete og rug kalles matkorn, og dyrkes i første rekke som mat til mennesker. I enkelte år vil en del av det norskproduserte matkornet ikke tilfredsstille de krav som er satt til bakekvalitet eller andre egenskaper, og dette kornet nyttes da til fôr. Proteinene kommer hovedsakelig fra råvarer som sildemel⁵, kjøttbeinmel⁶, soyamel⁷ og rapsmel⁸. Fett tilsettes når det er behov for å øke energiinnholdet i en kraftfôrblending. Det er også vanlig å tilsette vitaminer og mineraler. Disse vil kommenteres under næringsbehovet i delkap 2.2.4. Andre fôrmidler enn de som her er nevnt, er melk, melkeprodukter og mask. Råmelk (beregnet for kalven) er spesielt næringsrik, men skal ikke leveres til meieriet og er derfor godt egnet som fôr. Returnmelk fra meieriet er også verdifullt fôr. Dette gjelder også myse⁹, men for store mengder kan gi mageverk hos kuen. Til sist nevnes mask som et godt fôrmiddel. (Se Gjefsen, 1995).

⁵ Oppmalt og tørket fisk hvor mesteparten av fett er fjernet.

⁶ Fremstilles ved bearbeiding av avfall fra landdyr, først og fremst fra slakteriene.

⁷ Fremstilles fra bønner som er dyrket under fjerne himmelstrøk.

⁸ Raps er en korsblomstret åkervekst som det dyrkes en del av i Norge.

⁹ Resten av melken etter at fett og ostestoff er fjernet.

2.3 Næringsbehovet

Kuen trenger som alle andre dyr næring for å eksistere og produsere. Foruten energi har den et stofflig behov, som omfatter protein, vitaminer og mineraler. Dette må tilføres gjennom fôret, ettersom kuen ikke produserer det selv. Mangelfull tilførsel på nevnte faktorer, gir nedsatt yteevne og kan resultere i stoffskifteforstyrrelser og sykdom. Kvantitativt betyr energi og protein mest.

2.3.1 Energi

Den kjemiske energien i fôret stammer i hovedsak fra næringsstoffene karbohydrater, fett og protein. Dette er stoffer som gjennom fordøyelse og omsetning gir energi og som utgjør byggesteiner til de ulike livsprosesser. Det går også en del energi tapt i form av avføring, urin, gjæringsgasser, og i form av varmeenergi som ikke kommer dyret til nytte. Den øvrige energien går til melkeproduksjon, vedlikehold, vekst og reproduksjon.

2.3.2 Protein

Protein er grunnlaget for vekst og fornying av kroppsvev. Det gir byggesteiner for produksjon av kjøtt og for oppbygging av melkeprotein i juret. Protein er kjemisk sett kompliserte næringsstoffer bygd opp av aminosyrer. Disse blir kjedet sammen, for så å danne proteinstoffer som er særegne for kuen. Evnen til å bygge opp aminosyrer og protein fra enkle nitrogenforbindelser, er forbeholdt planter og mikroorganismer. Dette gjelder også de mikrober¹⁰ som lever i vommen hos drøvtyggeren. Kuen trenger store mengder aminosyrer til melkeproduksjonen i juret, men den mikrobielle omsetningen i vommen gjør dem mindre avhengig av proteinsammensetningen i fôret. Foruten til melkeproduksjon trenger kuen protein til vedlikehold, egen vekst og fostervekst. Viktigste proteinkilde finner vi i kraftfôret.

¹⁰ Mikroorganisme som bakterier, protozoer og sopp. (Protozoer er små encellede dyr av forskjellige slag). De lever i nært samspill med kuen og sørger for nedbryting og omsetning av næringsstoffer som ellers ikke ville vært tilgjengelig for dyret.

2.3.3 Mineralstoffer

Kuen har behov for atskillige mineralstoffer, og en ”vanlig” fôrrasjon gir som regel tilgang til de fleste. Likevel, under bestemte fôringsforhold, og i bestemte deler av en laktasjon (melkeperiode), kan det oppstå mangel på enkelte. Årsaken er at mineralbehovet står i forhold til produksjonsnivået, og at ulike fôrslag ikke er like gode kilder for alle mineraler. Grovfôr (rotvekster) inneholder for eksempel mye av mineralet kalsium og lite av fosfor, mens det for de fleste korngrøpp¹¹ og kraftfôrblandinger er omvendt. Tilførselen av disse og andre mineraler vil derfor variere med fôrsammensetningen. I høylaktasjonen¹² brukes det gjerne store mengder kraftfôr, noe som resulterer i høy fosfortilførsel og mangelfull kalsiumtilgang. I slutten av melkeperioden blir det ofte motsatt, og ekstra fosfortilskudd er nødvendig.

2.3.4 Vitaminer

Vitaminer er et nødvendig supplement til fôret. Hos drøvtyggerne er vommikrobene viktige produsenter av mange vitaminer som ellers måtte tilføres på annen måte. Det er særlig viktig med tilførsel av de fettløselige vitaminene A, D og E¹³. Grovfôr av høy kvalitet inneholder som regel tilstrekkelig av disse vitaminene. Det er i standardiserte kraftfôrblandinger tilsatt både vitamin A og D for å sikre behovsdekning (Ekern, 1977 og Gjefsen, 1995).

2.4 Vomgjæringen

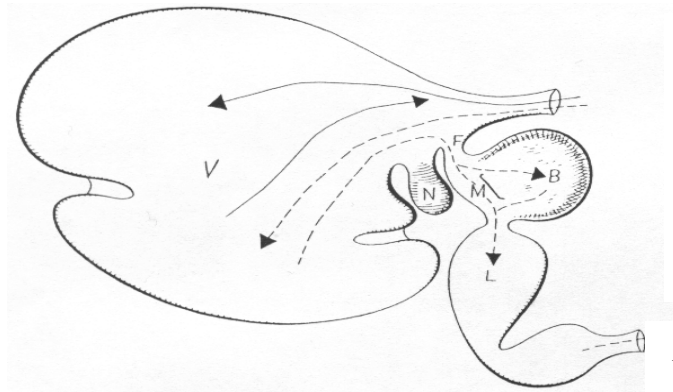
Drøvtyggermagen (se fig. 1) består av fire avsnitt: vom, nettmage, bladmage og løpe. De tre første utgjør til sammen de såkalte fôrmagene, mens løpen svarer til magen hos enmagede dyr. Drøvtyggeregenskapen gjør kuen i stand til effektiv fordøyelse og omsetning av næringsstoffene i grovfôret. Fordøyelsen blir utført av de mikroorganismer som lever i

¹¹Knust eller grovmalt (ikke avskallet eller siktet) korn.

¹² Melkemengden når ett toppunkt 6–8 uker etter kalving. Deretter avtar den daglige melkemengden gradvis. I tidligere tider var det mest vanlig at norske kyr kalvet om våren og hadde sin største produksjon i sommermånedene. I våre dager er det i de fleste områder av landet mest vanlig med høstbære kyr og dermed størst melkeproduksjon om høsten og vinteren.

¹³ Vitamin **A** er nødvendig for tilvekst. Vitaminet har også stor betydning for øyets, hudens og slimhinnens funksjoner. Vitamin **D** er avgjørende for all mineralomsetning i kroppen. Den påvirker skjelettoppbygningen. Vitamin **E** er et antioksydant, dvs. den motvirker harskning av fett, og forhindrer nedbryting av umettet fett i cellemembranene. Den motvirker muskelsvinn.

vommen. Det er altså drøvtyggingen og fôrmagene som særpreger disse dyrenes fordøyelse i forhold til enmagede dyr.



Figur 1.

Drøvtyggerens ulike avsnitt:

V= vommen, F = fôrrennen,

N = nettmagen, B = bladmagen og

L= løpemagen.

Kilde: Ekern, 1977.

2.5 Måleenhet for energi

FFE, feitingsfôrenheten, har i mange år vært brukt som mål på energi til drøvtyggere i Norge. Både fôrmidlenes innhold og dyrenes behov har vært angitt i FFE. Definisjon av FFE er som følger: "En FFE tilsvarer energiverdien av et kg bygg, og gir 1.650 kcal avleiret som fett ved feiting av storfe." (Småskrift 6/92: Statens fagtjeneste for landbruket:4). FFE er basert på forsøk utført med feiting av storfe. Når FFE skulle brukes som energimål ved melkeproduksjon, ble det brukt en fast omregningsfaktor for å korrigere for nivåforskjellen i utnyttingsgrad mellom feiting og melkeproduksjon. Etter hvert ble det dokumentert at endringen i utnyttelse ved endret energikonsentrasjon er ulik for feiting i forhold til melkeproduksjon og vedlikehold.¹⁴ Fôret utnyttet bedre i melkeproduksjon enn ved feiting, dvs. det avleires flere kalorier i form av melk enn i form av fett. Den faste korreksjonsfaktoren for justering av nivåforskjellene i utnyttelsen, ville dermed forvrengte de ulike fôrmidlenes eller fôrrasjonenes verdi i melkeproduksjonen. Ettersom sistnevnte er viktigere enn feiting i dag, ble det i januar 1993 innført en ny fôrenhet; fôrenheter melk (FEM). (Se Gjefsen, 1995).

Definisjon av FEM: "Den bygger på "nettoenergi" til laktasjon. Når en ku får et kg bygg med 87% tørrstoff, skal energimengden i den melken, som kuen produserer av dette fôret, være

¹⁴Opprettholdelse av grunnleggende livsprosesser slik som ånding, opptak og omsetning av næring, utskilling av avfallsstoffer og opprettholdelse av kroppsvekt. Her inngår ingen vesentlig produksjon.

6.900 kJ (kilojoule). En melkefôrenhet av et annet slag er følgelig så mange kg som trengs for at kuen skal produsere melk med 6.900 kJ.” (Håndbok for driftsplanlegging 1998/99:76).

Endringen i utnyttelse av energien til vedlikehold ved ulik energikonsentrasjon av fôret, er omtrent som ved melkeproduksjon. Når FFE byttes ut med FEm, betyr det at grovfôrmidlene blir oppjustert i antall fôrenheter, dvs. verdien av grovfôr blir høyere i forhold til kraftfôr. Generelt er det slik at mindre energirike fôrmidler blir relativt mer verdt med FEm enn med FFE. Hvor mange fôrenheter et fôrmiddel inneholder per kg tørrstoff, avhenger av hvilke kjemiske forbindelser det er bygd opp av og kyrenes evne til å fordøye disse. Innholdet av trevler spiller en viktig rolle, jo mere trevler et fôrmiddel inneholder, desto lavere er normalt innholdet av fôrenheter. I forbindelse med det nye energimålet fra 1993, ble det også innført et nytt vurderingssystem for protein. Dette tar utgangspunkt i de aminosyrer som kommer til tarmen og absorberes der (Aminosyrer Absorbert i Tarmen-AAT, og proteinbalansen i vommen-PBV). (Se Gjefsen, 1995:118-119 og Småskrift 6/92: Statens fagtjeneste for landbruket:4).

2.6 Fôrbehovet

I delkapittel 2.2 kom det fram at en melkeku på lang sikt må få dekket sitt behov for energi og næringsstoffer. Ifølge Gievær, 1979, kan fôrbehovet deles i et vedlikeholds- og et produksjonsbehov. Etersom melkekyrene holdes for produksjonens skyld, er vedlikeholds-fôring kun aktuelt for kortere perioder etter avlating¹⁵. I tillegg til melk, består også produksjonen av kroppstilvekst hos unge dyr, fosterproduksjon og eventuell fettavleiring. (Ekern, 1977). Fôrnormer angir behovet til vedlikehold og produksjon, uttrykt i energienheter, FEm, og behov for protein og mineralstoffer. Fôrmiddeltabeller viser innhold av energi og andre næringsstoffer. Kombinasjoner av disse gir grunnlag for beregning av fôrrasjoner som skal tilfredsstillе kuens behov ved ulike produksjonsnivå. Likevel, faktorer som fôrsortens fordøyelighet og kvalitet, og variasjoner i disse, vil gjøre det umulig å oppnå et helt eksakt uttrykk for kuens fôrbehov uttrykt i kg av ulike fôrslag. (Gievær, 1979). Ifølge Gjefsen, 1995, ser normene for energi og protein i melkeproduksjonen ut som i tabellene 1, 2 og 3:

¹⁵ Det å få kuen til å slutte å melke.

Tabell 1. Daglig energi - og proteinbehov til vedlikehold for melkekyr.

Vekt (kg)	Brystomfang (cm)	Energi (FEm)	Protein (g AAT)
275-325	146-153	3,1	234
375-425	162-171	3,8	291
475-525	179-186	4,5	344
525-575	187-192	4,8	369
575-625	193-199	5,1	394
675-725	205-210	5,8	422

Tabell 1 viser oss en positiv sammenheng mellom kuens vekt og behov for FEm og AAT til vedlikehold.

Tabell 2. Daglig behov for energi og protein til melkeproduksjon.

Dagsytelse kg melk	Energi (FEm per kg EKM ¹⁶)	Protein (g AAT per kg EKM)
Under 20	0,44	42
20-30	0,45	45
Over 30	0,47	48

På grunn av dårligere fôrutnyttelse med økt fôrnivå øker behovet både for FEm og AAT per kg melk med økte dagsytelser.

Tabell 3. Energi – og proteinbehov til vekst og fosterproduksjon.

	Energi (FEm per dag)	Protein (gram AAT per dag)
Tilvekst unge kyr	0,25-0,5	25-45
Tilvekst magre kyr	0,5-1,0	40-75
Fostervekst nest siste måned	1,5	160
Fostervekst siste måned	2,5	230

Tabell 3 viser behovet for energi og protein for fostre, unge og magre kyr.

Ut fra tabell 1 og 2 kan vi regne ut en voksen kus totale energibehov dersom den f. eks. skal produsere ca. 20 kg melk. Ved en vekt på 500 kg trenger kuen, 4,5 FEm til vedlikehold og 0,45 FEm per kg EKM. Totalt energibehov blir da: 4,5 FEm + 0,45 FEm x 20 kg = 13,5 FEm.

¹⁶Melk måles som energikorrigert melk, EKM. Dette innebærer at melkemengden korrigeres for innhold av fett og protein.

Normen for proteinbalanse i vommen, PBV, er inntil minus 200 g daglig i de første fire månedene av melkeperioden og deretter inntil minus 300 g daglig fram til ny kalving.¹⁷

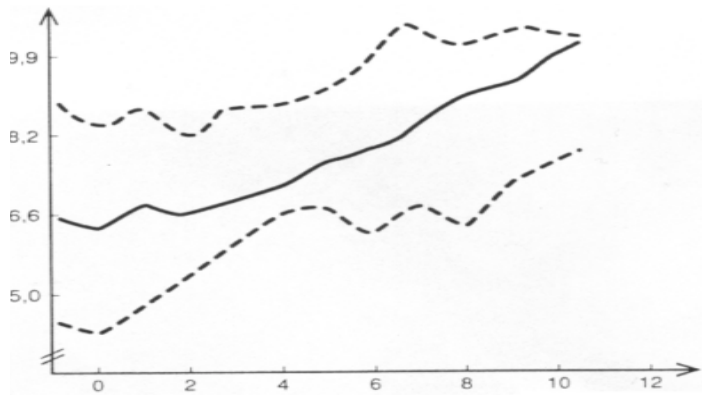
2.7 Fôropptaket

2.7.1 Ensidig grovfôrrasjon

For lite grovfôr i rasjonen kan ikke erstattes med kraftfôr, fordi opprettholdelse av normale vomfunksjoner krever en minstemengde med grovfôr. Dersom denne grensen brytes, får det konsekvenser for ytelsen og fettprosenten i melken. Det er kuens appetitt som styrer den øvre grensen for grovfôrinnsats, og mengden kuen spiser varierer med kvalitet og smakelighet av fôret og selvfølgelig av faktorer ved kuen selv, som størrelse og utvikling. Grovfôr av mindre god kvalitet kan være svært fyllende. Store mengder kan derfor i visse tilfeller begrense opptaket av energi og næringsstoff til en høytstående ku. Appetittfôring med grovfôr av førsteklasses kvalitet er derfor et godt prinsipp ved fôring av melkekyr. Fôringspotensialet beskriver hvor mye energi kuen får i seg av de ulike fôrmidlene. Dette kan regnes ut ved å multiplisere fôropptaket (målt i kg tørrstoff) med antall FEm (per kg tørrstoff). Ifølge Gjefsen, 1995, kan en ku ta opp mellom 1,8 og 2,2 kg tørrstoff fra grovfôr per 100 kg kroppsvekt. En ku på 600 kg levende vekt vil dermed kunne spise fra 10,8 til 13,2 kg tørrstoff i grovfôr daglig. Har vi for eksempel et grovfôr med 0,6 til 0,8 FEm per kg tørrstoff, kan kuen få i seg mellom 6,5 og 10,6 FEm. Disse tallene samsvarer med det forsøket som ligger til grunn for figur 2, som viser registrering av opptak av energi fra surfôr i et norsk forsøk der kyrene hadde fri tilgang til surfôr av god kvalitet.

¹⁷ Proteinbalansen er negativ dersom det er for lite ammoniakk i forhold til energi.

Fôropptak, FEm



Figur 2. Variasjon i opptak av surfôr.

Kilde: Gjefsen, 1995.

— Middelverdi
 Enkeltdyr med laveste og høyeste opptak

Uker fra kalving

Av figuren ser vi stor variasjon i opptaket av energi fra surfôr mellom enkeltdyr i samme besetning. Ved kkalving tok beste ku (i opptak av grovfôr) opp dobbelt så mye surfôr som den dårligste. Forskjellen holdt seg på 3,0 til 3,5 FEm i surfôropptak i de ti ukene registreringene varte. Gjennomsnittlig opptak av energi fra surfôr økte fra 6,6 til 10,0 FEm i løpet av de første ukene etter kalving. Dette er i samsvar med det som er vanlig i norske besetninger.

Tabell 4 viser opptaket av grovfôr ved appetittføring. Den avslører også at kvalitet, smakelighet og variert rasjonssammensetning fremmer opptaket av grovfôr. Høyest opptak oppnås vanligvis på godt vårbeite. Øvrige faktorer som hold¹⁸, tørrstoffprosent¹⁹, energikonentrasjon og høstingstidspunkt²⁰ er også viktige for grovfôropptaket (Gjefsen, 1995).

Tabell 4. Daglig opptak (FEm) av grovfôr hos melkeku ved appetittføring.

Gressurfôr av god kvalitet	7-9
Surfôr eller høy av middels kvalitet	6-8
Surfôr av middels kvalitet, supplert med høy eller lutet halm	7-9
Surfôr av gress supplert med grønnfôr	7-12
Surfôr av gress supplert med rotvekster	8-13
Godt vårbeite	10-14
Sommerbeite supplert med grønnfôr	8-12

Kilde: Gjefsen, 1995:143.

¹⁸ Svært feite dyr har ved kalving mindre evne til opptak enn kyr i moderat hold.

¹⁹ Opptaket av surførtørrstoff øker med økende tørrstoffinnhold i surfôret opp til omtrent 30 % tørrstoff.

²⁰ For å oppnå høy energikonentrasjon er det viktig å høste engavlingen på et tidlig utviklingsstadium. Når vi høster tidlig og fôret er mer konsentrert, kan dyret ta opp mer energi innenfor de fysiske begrensningene som størrelsen på formagene representerer.

Sett i forhold til tabell 4, vil en voksen melkeku på ca. 500 kg som fôres med en ensidig grovfôrrasjon etter appetitt, der fôret er surfôr eller høy av middels kvalitet trenge 4,5 FEm til vedlikehold og de resterende 1,5-3,5 FEm går til melkeproduksjon. Dette tilsvarer en melkeytelse på hhv. 3,40 til 7,95 kg EKM. (6 FEm totalt – 4,5 FEm til vedlikehold = 1,5 FEm til produksjon. 1,5 FEm til produksjon / 0,44 FEm per kg EKM (gitt en ytelse lavere enn 20 kg) = 3,40 kg EKM). (Se tabell 1 og 2). Dersom kuen derimot fôres med godt vårbeite og skal yte i underkant av 20 kg per dag, vil den trenge 4,5 FEm til vedlikehold og de resterende 5,5-9,5 går til melkeproduksjon. Dette tilsvarer omtrent 12,5-21,5 kg EKM. Ifølge Norsk Landbruk nr. 15, 1999, ble det denne sommeren i et beiteforsøk på Jæren registrert en gjennomsnittlig dagsytelse på opptil 23 kg EKM med ensidig grovfôrrasjon.

2.7.2 Blandet fôrrasjon

Kraftfôret er som tidligere nevnt (se delkap. 2.2.2) en viktig proteinkilde og helt essensiell for å oppnå dagens høye ytelsesnivå. Likevel, flere faktorer tilsier at innsatsen av dette fôr-middelet må begrenses til å være et supplement til grovfôret. Surhetsgraden (pH)²¹ i fôrmagene er et viktig element her. Mikrobene som spalter cellulose (grovfôr) trives best når pH er ca. 6,7, og deres effektivitet avtar med avtakende pH. Ved pH på 6,2 er evnen til å spalte cellulose sterkt redusert. Mikroorganismene som spalter stivelse (kraftfôr) tåler lavere pH bedre. Surhetsgraden vil øke (pH gå ned) når det omsettes mye organisk materiale i fôrmagene i løpet av kort tid. Fôr med mye cellulose (grovfôr) brytes sakte ned og vil i liten grad bidra til å senke pH. Fôr med mye stivelse (kraftfôr) og lett omsettelige karbohydrater vil raskt brytes ned og bidra til redusert pH. Endringen i pH avhenger av bufferkapasiteten, dvs. evnen til å motstå endringer i surhetsgrad. Spyttet inneholder stoffer som øker denne kapasiteten, og stor utskilling av spytt vil dermed bidra til at surhetsgraden holdes mest mulig stabil. Mengden spytt som skilles ut avhenger i stor grad av tyggeaktiviteten, og denne er størst når kuen fôres med grovfôr. Hvis grovfôret erstattes med kraftfôr, vil drøvtyggingen og dermed spyttsekresjonen avta. Dette gir redusert bufferkapasitet som ved bruk av mye kraftfôr fører til redusert pH i formagene. Overfôring med kraftfôr i forhold til grovfôr vil dermed gi økt syreproduksjon samtidig som bufferkapasiteten reduseres. Vi får en ubalanse i vommen

²¹ Surhetsgraden er et uttrykk for hvordan livsbetingelsene er for viktige mikrobegrupper i vommen.

som gir dårlig fôrutnyttelse og tilføring av næring til kropp og jur. Kuen kan miste appetitten og bli syk. I motsetning til dette vil for lite kraftfôr i rasjonen kunne føre til ketose (husmannsyke). Dette er en stoffskiftesykdom som skyldes at energiforbruket er større enn tilførselen. (Se Gjefsen, 1995).

Forsøk med måling av pH i vomvæsken har vist at tildeling av dagsrasjonen i flere porsjoner, 6 ganger daglig, har ført til mer stabil surhetsgrad enn ved forsøk der samme mengde kraftfôr ble tildelt 2 ganger daglig. Kraftfôrmengden utgjorde her omtrent 60% av tørrstoffet i rasjonen og totalt opptak var mellom 13 og 16 kg tørrstoff per dyr per dag. Rasjonens sammensetning og fôringsmetoden var i samsvar med en praksis som er relativt mye brukt ved fôring av høytstående melkekyr. Andre faktorer som tilsier forsiktig bruk av kraftfôr er bl.a. sistnevntes virkning på grovfôropptaket. Reduksjonen i dette opptaket ved økende mengder kraftfôr kalles for substitusjonseffekten av kraftfôr. Denne avhenger av flere forhold og sammenhengene er ikke entydig klarlagt. Erfaring fra norske forhold med kyr i høy-laktasjonen på rasjoner med relativt store mengder kraftfôr, tyder på at hver kg økning i kraftfôrmengden fører til en reduksjon på mellom 0,3 og 0,8 kg i opptaket av tørrstoff fra grovfôr. Kraftfôr ser ut til å redusere opptaket mer tidlig i laktasjonen enn senere. Substitusjonseffekten er høyere ved stor andel av kraftfôr enn ved liten. Et svensk forsøk har påvist sammenhenger mellom kvaliteten på grovfôret og substitusjonseffekten. Reduksjonen i grovfôropptak med økende mengder kraftfôr var størst med tidlig høstet grovfôr sammenlignet med seint høstet grovfôr. Opptaket av grovfôr var imidlertid høyere med tidlig enn med seint høstet grovfôr. (Gjefsen, 1995).

De ovennevnte faktorer om kraftfôrets innvirkning på surhetsgraden i fôrmagene og substitusjonseffekten kan gi inntrykk av at det er best å unngå bruk av kraftfôr. Dette vet vi ikke går i lengden. Kraftfôret er et helt nødvendig supplement til grovfôret. Kraftfôr må brukes for å supplere grovfôr ved å tilføre differansen mellom det dyret tar opp av grovfôr og det fôret dyret totalt har behov for. Behovet blir derfor større når tilgangen på grovfôr begrenses enn når det gies grovfôr etter appetitt. (Gjefsen, 1995:156). Riktige mengder kraftfôr av rett kvalitet, brukt og tildelt på rett måte, er en absolutt forutsetning for å utfylle grovfôret og for å dekke kuens behov for næringstilførsel. Dette gjelder både energi, protein og andre stoffer. I en blandet rasjon bestående av grovfôr og kraftfôr er det vanlig å regne at en ku kan ta opp ca. 3 kg tørrstoff per 100 kg levende vekt daglig. Det vil for en voksen ku tilsvare fra 15 til 18 kg tørrstoff. Fôrrasjoner med et tørrstoffinnhold på omtrent 40% grovfôr

og 60% kraftfôr er som nevnt tidligere i samsvar med en praksis som er mye brukt ved høytstående kyr. For en voksen ku på 550 kg levendevekt vil den altså klare et fôropptak på 16,5 kg tørrstoff. Melkeytelsen av denne tørrstoffmengden vil så avhenge av hvilket grovfôr og kraftfôr det fôres med.

Gjennom denne innføring i kuens fôr- og næringsbehov har jeg søkt å forklare de ulike fôrmidlenes viktighet, og de følger som vil oppstå dersom fôrnivået bryter essensielle grenser. Formålet med redegjørelsen har sammenheng med at jeg i neste kapittel ved hjelp av en CES-produktfunksjon skal introdusere substitusjonselastisiteten mellom grovfôr og kraftfôr i melkeproduksjonen, og studere hvilke verdier denne kan ta innenfor et intervall med de grenser som er gjennomgått her.

Kapittel 3 Norsk melkeproduksjon representert ved en CES-produktfunksjon

Jeg skal i det følgende introdusere oppgavens første mål som består i å kartlegge substitusjonselastisiteten mellom grovfôr og kraftfôr i norsk melkeproduksjon. Dette gjøres med utgangspunkt i en CES-produktfunksjon, og er basert på en gjennomgang av eksisterende litteratur. Jeg vil argumentere for at den nevnte elastisitet kan ta høye verdier innenfor det intervall som ble presentert i forrige kapittel.

3.1 Substitusjonselastisitet

Blant alle økonomiske termer som er utviklet i dette århundre, har substitusjonselastisiteten ifølge de La Grandville (1997) en av de mest kompliserte og omstridte historier²². Substituerbarhet mellom innsatsfaktorer i produksjon av et gode har ført til definisjon av flere ulike substitusjonselastisiteter, selv forutsatt enhetsfrie mål på substituerbarheten mellom faktorene. Begrepet substitusjonselastisitet ble først introdusert av John R. Hicks (1932) ved hjelp av en produktfunksjon bestående av to innsatsfaktorer²³. Det ble så generalisert til funksjoner med n-variable av Allen og Hicks (1934). Ettersom de sistnevnte mislyktes i å utlede faktoreterspørslenes komparative statikk²⁴, ble det av Allen (1967) og Uzawa (1962) utviklet en ny standard generalisering kalt Allen-Uzawa substitusjonselastisiteten, AES²⁵. Jeg skal i det følgende gi en definisjon og en forklaring på hva substitusjonselastisiteten forteller oss. I sitt klassiske arbeid ga Hicks (1932) denne definisjon på substitusjonselastisiteten (σ) mellom to innsatsfaktorer V_1 og V_2 :

$$\sigma \equiv \frac{d(V_2/V_1)}{d(X_1/X_2)} \frac{X_1/X_2}{V_2/V_1} \quad (1)$$

²² For detaljer om substitusjonselastisitetens utvikling, se Blackorby og Russell (1989).

²³ Dette er den såkalte direkte substitusjonselastisiteten DES, og det er denne jeg vil konsentrere meg om.

²⁴ Feilen oppstod ettersom forfatterne antok at bare de faktorer hvis priser ble endret reagerte på prisendringen.

²⁵ Ved generalisering til n-faktorer finner vi i tillegg til AES også Morishima-elastisiteten, MES.

X_1 og X_2 betegner grenseproduktene av faktorene V_1 og V_2 , mens σ er elastisiteten av innsatsfaktorraten med hensyn på den marginale tekniske substitusjonsrate, MRTS. (Se Chambers, 1988, s.30). Sistnevnte uttrykker i hvilken grad V_1 må substitueres ved endringer i V_2 for å opprettholde konstant produksjon.

MRTS kan utledes fra

$$\frac{\partial X}{\partial V_1} \frac{dV_1}{dV_2} + \frac{\partial X}{\partial V_2} = 0 \quad (2)$$

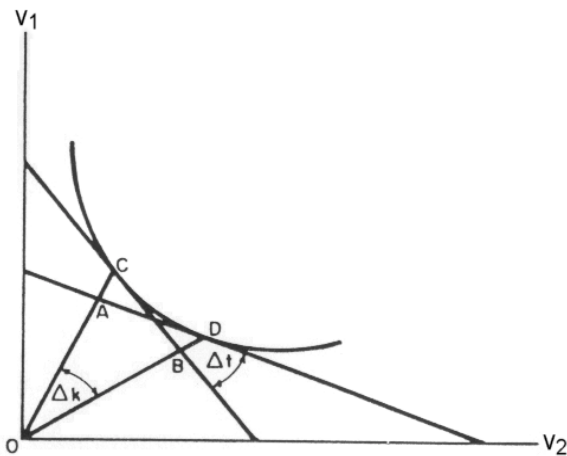
som impliserer

$$\frac{dV_1}{dV_2} = - \frac{\partial X / \partial V_2}{\partial X / \partial V_1} \quad (3)$$

Likning (3) sier oss at endringen i V_1 som trengs for å opprettholde produksjonen ved en enhets endring i V_2 er lik minus forholdet mellom grenseproduktene. MRTS angir derfor helningen på isokvanten. Likning (1) gir definisjonen på substitusjonselastisiteten i tilfellet med to innsatsfaktorer. Uttrykket kalles som tidligere nevnt for den direkte substitusjonselastisiteten, DES, og kan tolkes som en kortsiktig elastisitet ettersom den måler graden av substituerbarhet mellom faktorene V_1 og V_2 , mens alle andre faktorer holdes konstante. Men hva forteller substitusjonselastisiteten oss? Figur 3 illustrerer dette: Den opprinnelige innsatsfaktorraten er gitt ved strålen fra origo kalt OAC, mens den tilhørende marginale tekniske substitusjonsrate er gitt ved helningen på linjen som tangerer isokvanten i punktet C. Anta så at innsatsfaktorraten endres til OBD fra origo. MRTS er nå gitt ved helningen på linjen som tangerer isokvanten i D. σ er et mål på krumningen på isokvanten der $\frac{d(V_2/V_1)}{d(X_1/X_2)}$

er gitt ved raten $\frac{\Delta k}{\Delta t}$. (Se Chambers, 1988). σ gir oss den prosentvise endringen i innsatsfaktorraten dividert på den prosentvise endringen på isokvantens helning gitt at produksjonen holdes konstant. Den viser hvordan forholdet mellom innsatsfaktorene endres ettersom isokvantens helning endres. Dersom en marginal endring i helningsforholdet gir en stor endring i innsatsfaktorraten, er isokvanten relativt flat noe som indikerer at

substitusjonselastisiteten er stor. Tilsvarende får vi en mer krummet isokvant dersom en marginal endring i helningen gir oss en liten endring i innsatsfaktorraten. (Varian, 1992:13).



Figur 3.

Substitusjonselastisiteten.

Kilde: Chambers, 1988.

Den generelle definisjon på σ er altså et krumningsmål, den gir en "annen ordens tilnærming" på isokvanten. (Se for eksempel Rutherford, 1998, Varian, 1992, Griliches & Ringstad, 1971).

I nyere tid er det kommet andre synspunkter på hva substitusjonselastisiteten forteller oss. Blackorby og Russell (1989) går hardt ut mot substitusjonselastisiteten, AES. De påpeker flere svakheter, blant annet dens manglende evne til å skaffe informasjon om de relative faktorandelene. De påpeker derimot at en mye mer tilfredsstillende generalisering ble utviklet av Morishima (1967) og av dem selv i 1975, og at denne Morishima-elastisiteten svarer for de feilene som er gjort i AES-konseptet. Ifølge de omtalte forfattere er det ingen sammenheng mellom AES og isokvantens krumning:

"In this paper we would like to provide a clarification of a possible confusion between the concept of elasticity of substitution and the concept of curvature. The time has come, it seems, to show that there is simply no relationship between curvature and the elasticity of substitution, neither direct nor inverse. This is true whether curvature is defined in a precise mathematical sense or if the term "curvature" is simply being used in a colloquial sense."

(de la Grandville, 1997:24).

Ifølge de la Grandville har denne forvirringen rådet i litteraturen i mer enn et halvt århundre. Dens opprinnelse kan finnes i et feiltrinn gjort av Allen. I 1938 skrev han, etter å ha definert

krumningen presist som isokvantens andrederiverte, at substitusjonselastisiteten er ”invers proporsjonal til krumningen på den konstante produksjonskurven” (de la Grandville, 1997:24). Han overså dermed det faktum at der substitusjonselastisiteten og krumningen opptrådte sammen i hans formel, var både krumningen og forholdet selv avhengig av faktorinnsatsen (de la Grandville, 1997). Krumningen og substitusjonselastisiteten er to fundamentalt ulike begrep. En av de avgjørende forskjeller er at krumningen, uavhengig av hva dens definisjon er, avhenger av måleenheter, noe som ikke gjelder for substitusjonselastisiteten. Et annet problem er at det presise krumningsbegrepet ikke har noen økonomisk tolkning ettersom en av dets grunnleggende elementer er lengden på en bue på isokvanten (de la Grandville, 1997:25).

Dersom substitusjonselastisiteten ikke er et mål på isokvantens krumning, hvordan velger så kritikerene å karakterisere den? de la Grandville (1989) tar utgangspunkt i Solows (1956) bidrag til den moderne vekstteorien. I dette revolusjonerende arbeidet diskuterte Solow en økonomis potensielle utvikling når den var styrt av en av tre ulike produktfunksjoner:

$Y = \min(K/a, L/b)$; $Y = AK^\alpha L^{1-\alpha}$; og $Y = a^2K+L+2a\sqrt{KL}$. På den tiden hadde han ikke oppdaget at σ av den tredje funksjonen var lik 2. (Det gikk 5 år før Solow og hans kollegaer Arrow, Chenery og Minhas (Arrow et al., 1961) fant CES-funksjonen som har alle de ovennevnte funksjonene som spesialtilfeller med $\sigma = 0$, $\sigma = 1$ og 2). I 1956 oppdaget Solow noe enestående som ble viet lite oppmerksomhet i de følgende årene: det var i tilfellet med den siste produktfunksjonen muligheter for at inntekt per innbygger ville være uendelig økende, selv uten teknologisk fremgang. Solow ga de presise betingelser for at dette skulle inntreffe, ved hjelp av raten sparing/inntekt, s , vekst i populasjonsraten, n , og parameteren a i hans tredje funksjon (betingelsen var $sa^2 > n$). de la Grandville (1989) har vist at dette fenomenet med permanent inntektsvekst per innbygger var direkte knyttet til verdien på substitusjonselastisiteten σ . Det faktum at dette kunne inntreffe i det siste tilfellet skyldtes høy verdi på σ , og forfatteren har funnet den kritiske verdi gjennom s og n for at permanent inntektsvekst per innbygger skal inntreffe. Mer generelt har han vist hvordan en økonomis vekstrate er direkte knyttet til størrelsen på substitusjonselastisiteten, selv i tilfellet der inntektsveksten per innbygger var begrenset.

”This led us to conjecture that fast growth, for instance in Asian countries, was not necessarily the result of faster technical progress, but the effect of a higher elasticity of

substitution. This conjecture has been tested by Yuhn, (1991), in the case of Korea and seems to have been confirmed.” (de la Grandville, 1997:33).

Kritikerne velger derfor å betrakte substitusjonselastisiteten ikke som et krumningsmål, men som en effektivitetsparameter (se de la Grandville, 1997:33). Uansett hvilken betydning vi tilegner substitusjonselastisiteten vil ikke dette få konsekvenser for det videre arbeid. Jeg skal i neste delkapittel presentere en produktfunksjon med konstant substitusjonselastisitet, studere dens egenskaper og spesialtilfeller. Et spesielt interessant eksempel på sistnevnte vil være den lineære produktfunksjonen som tillater uendelig stor substitusjonselastisitet.

3.2 CES-funksjonen

Uttrykket CES betegner ”Constant Elasticity of Substitution”. Funksjonstypen ble som tidligere nevnt introdusert for første gang av Arrow, Chenery, Minhas og Solow i 1961²⁶. Produktfunksjonen impliserer konstant substitusjonselastisitet. CES-funksjonen er spesiell ettersom den tillater større bevegelighet i substitusjonsforholdene, dvs. at den ikke binder isokvantenes forløp i samme grad som for eksempel Cobb-Douglas-funksjonen som har konstant substitusjonselastisitet lik 1. (Se Norum, 1974 og Ringstad, 1966). Jeg skal senere vise at CES-funksjonen har flere produktfunksjoner som spesialtilfeller, deriblant Cobb-Douglas (CD). I tillegg til konstant σ har funksjonen også konstant passus(skala)koeffisient. Grenseelastisitetene er ikke konstante (Norum, 1974).

I pari-passu-tilfellet²⁷ er CES-funksjonen definert som følger:

$$X = \gamma(\delta V_1^{-\rho} + (1 - \delta)V_2^{-\rho})^{-\frac{1}{\rho}}, \quad (4)$$

²⁶ Den ble utviklet ettersom forfatterne var interessert i å finne en produktfunksjon med egenskaper som (a) homogenitet, (b) konstant substitusjonselastisitet mellom arbeid og kapital, og (c) muligheten for ulike elastisiteter for forskjellige industrier.

²⁷ Konstant passuskoeffisient lik 1 betyr altså at produksjonen har konstant skalaavkastning. Produksjonens størrelse er teknisk optimal når passuskoeffisienten $\varepsilon = 1$. Hvis vi erstatter eksponenten $(-\frac{1}{\rho})$ med $(-\frac{\varepsilon}{\rho})$, der $\varepsilon \neq 1$, har vi en ultrapassumlov med konstant passuskoeffisient lik ε .

der X betegner produktet og V_1 og V_2 er innsatsfaktorene (se Thonstad, 1964:7).

Vi har i tillegg følgende begrensninger på koeffisientene:

$$\begin{aligned}\gamma &> 0 \\ 0 &\leq \delta \leq 1 \\ \rho &\geq -1,\end{aligned}$$

der γ er et konstantledd som karakteriserer en effektivitetskoeffisient, δ er en fordelingskoeffisient, og ρ en substitusjonskoeffisient som avhenger av substitusjonselastisiteten σ gjennom følgende uttrykk:

$$\sigma = \frac{1}{1 + \rho} \quad (5)$$

Øvrige relevante symboler knyttet til CES-funksjonen er henholdsvis:

X_j : Grenseproduktet av produksjonsfaktor j .

$$\varepsilon_j = X_j V_j / X$$

Grenseelastisiteten av produksjonsfaktor j .

$$\varepsilon = \sum_j \varepsilon_j$$

ε kalles for passuskoeffisient eller skalakoeffisient. Uttrykket ovenfor viser at denne koeffisienten er lik summen av grenseelastisitetene.

3.2.1 Noen tekniske egenskaper

Det kan vises at grenseproduktene er:

$$X_1 = \delta \gamma^{-\rho} \left(\frac{X}{V_1}\right)^{1+\rho} \quad (6)$$

$$X_2 = (1 - \delta) \gamma^{-\rho} \left(\frac{X}{V_2}\right)^{1+\rho} \quad (7)$$

Den marginale tekniske substitusjonsrate er derfor²⁸:

$$S_{21} = \frac{X_1}{X_2} = \frac{\delta}{1-\delta} \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{1+\rho} \quad (8)$$

Herav følger:

$$\frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{1-\delta}{\delta} S_{21}\right)^{\frac{1}{1+\rho}}, \quad (9)$$

slik at substitusjonselastisiteten er konstant og lik $\sigma = \frac{1}{1+\rho}$, jfr. (5). Dette lar seg vise ved å ta logaritmen til (9):

$$\ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{1+\rho} \left(\ln S_{21} + \ln \frac{1-\delta}{\delta} \right), \quad (10)$$

vi finner at substitusjonselastisiteten σ kan skrives som:

$$\sigma = \frac{d \ln V_2 / V_1}{d \ln S_{21}} = \frac{1}{1+\rho}. \quad (11)$$

(Se Varian, 1992:14).

Fra (6) og (7) kan det utledes at grenseelastisitetene er :

$$\varepsilon_1 = \delta \left(\frac{X}{\gamma}\right)^\rho V_1^{-\rho} \quad (12)$$

$$\varepsilon_2 = (1-\delta) \left(\frac{X}{\gamma}\right)^\rho V_2^{-\rho} \quad (13)$$

Fra (12) og (13) følger det at:

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 1, \quad (14)$$

²⁸ MRTS er definert til å være positiv.

som altså innebærer at passuskoeffisienten er lik 1. Ifølge Thonstad (1964) kan likningen for en isokvant svarende til produktmengden $X = X_0$ skrives som

$$V_2 = \left\{ \frac{1}{1-\delta} \left[\left(\frac{X_0}{\gamma} \right)^{-\rho} - \delta V_1^{-\rho} \right] \right\}^{-\frac{1}{\rho}} \quad (15)$$

Vi vet fra tidligere at helningen på isokvanten er lik MRTS med motsatt fortegn. Helningen er negativ (for $0 < \delta < 1$). En kan vise at isokvantene er krummet mot origo såfremt $\rho > -1$. Når $\rho = -1$ er de rette linjer.

3.2.2 Spesialtilfeller av funksjonen

Jeg skal nå vise de ulike spesialtilfellene av CES-funksjonen. 3 av disse er velkjente produktfunksjoner som oppstår ved å velge visse verdier på ρ , og dermed på σ . Tilfellet med krummede isokvanter som skjærer aksene, og den lineære produktfunksjonen vil være av spesiell interesse. Grunnen til dette er at tidligere litteratur, som jeg tar for meg i neste delkapittel, peker i retning av høy elastisitet mellom grovfôr og kraftfôr, og som vi skal se nedenfor går da isokvantene mot rette linjer. Figur 4 på neste side gir en skjematisk oversikt. Øverst er det tegnet inn to akser med samhørende verdier av ρ og σ , og nederst er de ulike isokvanttyper vi får for ulike verdier på σ skissert.

a) Den lineære produktfunksjonen ($\rho = -1$. Når $\rho \rightarrow -1$ fra oversiden, går σ mot $+\infty$).

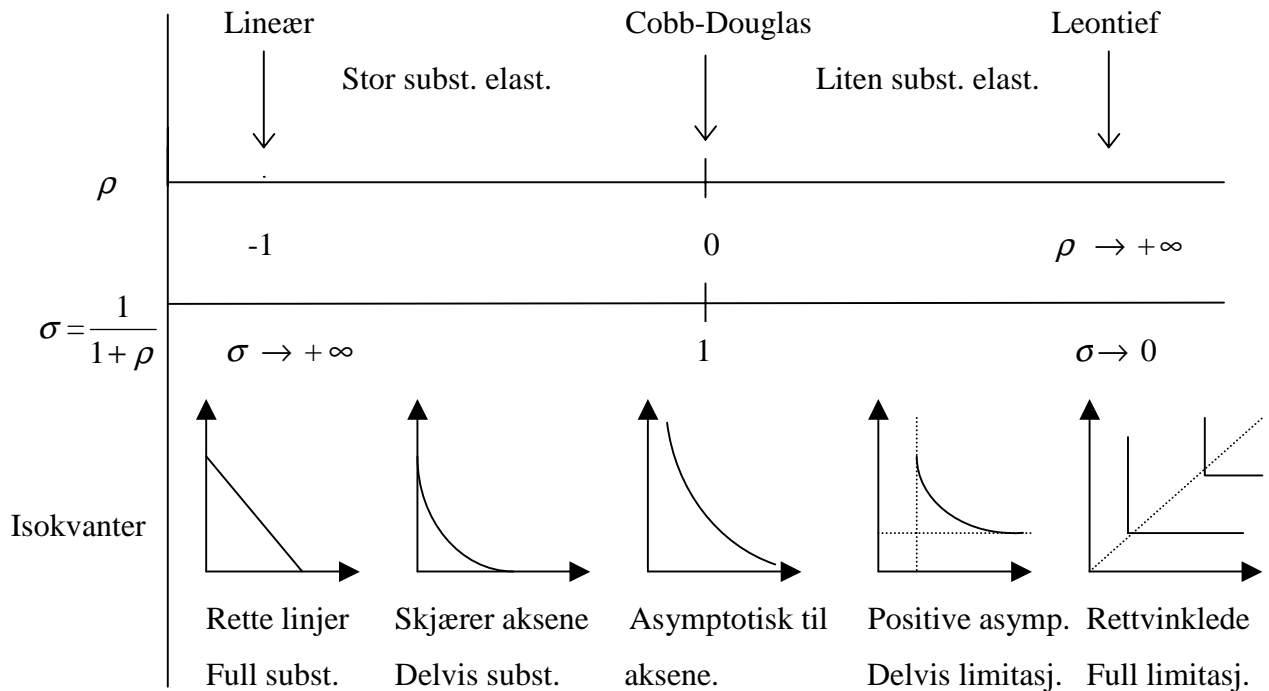
Vi kan se av (4) at når $\rho = -1$, blir produktfunksjonen lineær:

$$X = (\gamma\delta)V_1 + \gamma(1-\delta)V_2 \quad (16)$$

Isokvantene blir da rette linjer med helning:

$$\frac{dV_2}{dV_1} = -\frac{\delta}{1-\delta} \quad (17)$$

Figur 4. Oversikt over spesialtilfellene av CES-funksjonen.



Kilde: Thonstad, 1964:9.

b) Cobb-Douglas-produktfunksjonen, ($\rho = 0$, $\sigma = 1$).

Vi husker at X er gitt ved (4):

$$X = \gamma(\delta V_1^{-\rho} + (1-\delta)V_2^{-\rho})^{-\frac{1}{\rho}}$$

Ifølge Thonstad (1964) er det ved utledning av CD mest hensiktsmessig å studere den naturlige logaritmen til x :

$$\ln\left(\frac{X}{\gamma}\right) = -\frac{\ln[\delta V_1^{-\rho} + (1-\delta)V_2^{-\rho}]}{\rho} \quad (18)$$

Når $\rho \rightarrow 0$, går både teller og nevner mot null. Vi har derfor et såkalt "0/0" uttrykk. Dette er et ubestemt uttrykk som vi kan løse ved hjelp av L' Hôpitals regel:

Anta at f og g er deriverbare i et intervall (α, β) omkring a , unntatt eventuelt i a , og anta at $f(x)$ og $g(x)$ begge nærmer seg 0 når x nærmer seg a . Hvis $g'(x) \neq 0$ for alle $x \neq a$ i (α, β) og

$$\lim_{x \rightarrow a} f'(x)/g'(x) = L \text{ (} L \text{ endelig, } L = \infty \text{ eller } L = -\infty \text{), er}$$

$$\lim_{x \rightarrow a} \frac{f(x)}{g(x)} = \lim_{x \rightarrow a} \frac{f'(x)}{g'(x)} = L$$

Kort formulert sier denne at vi finner grenseverdien for et null-nulltedels-uttrykk ved å derivere teller og nevner hver for seg. (Se Sydsæter, 1994:249). Dersom $f'(x)/g'(x)$ også er av formen "0/0", fortsetter vi å derivere teller og nevner hver for seg inntil grensen blir bestemt (om mulig). Vi bruker i tillegg følgende regler for derivasjon av logaritme- og eksponentialfunksjoner: $y = \ln h(x) \Rightarrow y' = \frac{h'(x)}{h(x)}$ og $y = a^x \Rightarrow y' = a^x \ln a$ (Se Sydsæter,

1994:221, 224). Ved derivering av teller og nevner i (21) mhp. ρ får vi:

$$\lim_{\rho \rightarrow 0} \left(\ln \frac{X}{\gamma} \right) = \lim_{\rho \rightarrow 0} \frac{\frac{\delta V_1^{-\rho} \ln V_1 + (1-\delta) V_2^{-\rho} \ln V_2}{\delta V_1^{-\rho} + (1-\delta) V_2^{-\rho}}}{+1} \quad (19)$$

$$= \lim_{\rho \rightarrow 0} \frac{\delta V_1^{-\rho} \ln V_1 + (1-\delta) V_2^{-\rho} \ln V_2}{\delta V_1^{-\rho} + (1-\delta) V_2^{-\rho}} \quad (20)$$

Dersom vi igjen lar $\rho \rightarrow 0$, ses at nevneren går mot 1, og følgende uttrykk fremstår:

$$= \delta \ln V_1 + (1-\delta) \ln V_2 \quad (21)$$

(21) kan skrives som:

$$= \ln V_1^\delta + \ln V_2^{1-\delta} \quad (22)$$

som igjen er lik:

$$= \ln[V_1^\delta V_2^{1-\delta}] \quad (23)$$

Når $\lim_{\rho \rightarrow 0} (\ln \frac{X}{\gamma}) = \ln[V_1^\delta V_2^{1-\delta}]$ har vi at:

$$\lim_{\rho \rightarrow 0} \frac{X}{\gamma} = V_1^\delta V_2^{1-\delta} \quad (24)$$

som ved multiplikasjon med γ på begge sider gir oss Cobb-Douglas-funksjonen i pari-passu tilfellet:

$$X = \gamma V_1^\delta V_2^{1-\delta} \quad (25)$$

c) Leontief-produktfunksjonen, (Limitasjonslov), ($\rho \rightarrow +\infty$, $\sigma \rightarrow 0$).

Produktfunksjonen (4) kan skrives på følgende to ekvivalente måter (når $V_1 \neq 0$, $V_2 \neq 0$):

$$\frac{X}{\gamma} = V_1 \left[\delta + (1-\delta) \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\rho \right]^{-\frac{1}{\rho}} = V_2 \left[\delta \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^\rho + (1-\delta) \right]^{-\frac{1}{\rho}} \quad (26)$$

Hvis $V_2 > V_1$, betrakter vi den første form og ser at $\frac{X}{\gamma} \rightarrow V_1$ når $\rho \rightarrow +\infty$. Dersom $V_1 > V_2$,

ser vi på den andre formen og finner at $\frac{X}{\gamma} \rightarrow V_2$ når $\rho \rightarrow +\infty$. Altså $\frac{X}{\gamma}$ går mot det minste

av de to faktornivåene slik at:

$$X = \gamma \text{Min}(V_1, V_2), \quad (27)$$

der $\text{Min}(V_1, V_2)$ står for det minste av tallene i parentesene. Hvis vi er i et punkt der begge faktorer er tilsatt i samme forhold og øker bare den ene faktoren mens den andre holdes

konstant, skal produksjonen altså ikke øke. Vi har derfor rettvinklede isokvanter med ”hjørne” på 45°-linjen hvis $\gamma = 1$. Dette er et spesialtilfelle av en limitasjonslov²⁹ (Se Thonstad, 1964:11) og kalles for Leontief-produktfunksjonen.

d) Isokvanter med positive asymptoter, ($\rho > 0, 0 < \sigma < 1$).

Ved å betrakte isokvantlikningen (15) og observere at når $V_1 \rightarrow \infty$ (og $\rho > 0$), vil $V_1^{-\rho} \rightarrow 0$. Vi har derfor:

$$\lim_{V_1 \rightarrow \infty} V_2 = (1 - \delta)^\rho \frac{X_0}{\gamma} > 0. \quad (28)$$

Tilsvarende får vi:

$$\lim_{V_2 \rightarrow \infty} V_1 = \delta^\rho \frac{X_0}{\gamma} > 0. \quad (29)$$

Dette impliserer at selv om ubegrensede mengder av den ene faktoren tilsettes, trengs likevel noe av den andre faktoren. Isokvantene har altså asymptoter bestemt ved (28) og (29). Ut fra a priori betraktninger synes dette ofte å være en rimelig egenskap ved en produktfunksjon. (Se Thonstad, 1964.) Man kan se at asymptotene avhenger av produksjonsnivået X_0 .

e) Krummede isokvanter som skjærer aksene, ($-1 < \rho < 0, \infty > \sigma > 1$).

Betrakter vi (15), ses det at $V_2 = 0$ for endelig verdi av V_1 og motsatt. Dette innebærer at isokvantene skjærer aksene. En gitt produktmengde kan altså framstilles med en endelig mengde av den ene faktoren uten noe innsats av den andre faktoren. Dersom vi for eksempel setter $V_1 = 0$ får vi

$$V_2 = (1 - \delta)^\rho \frac{X_0}{\gamma} > 0. \quad (30)$$

²⁹ For informasjon om limitasjonsloven, se Frisch (1953).

Dette var spesialtilfellene. Før jeg går videre for å se på hva som tidligere er skrevet om substitusjonsmulighetene mellom grovfôr og kraftfôr i melkeproduksjonen, er det på sin plass å kommentere noen viktige trekk ved denne funksjonstypen. Jeg nevnte innledningsvis i dette kapitlet at CES-funksjonen ikke binder isokvantenes forløp i samme grad som CD. Den har derimot de samme skalaegenskapene som CD. (Ringstad, 1966). Ifølge Thonstad (1964) og Norum (1974) er det svært vanskelig å anslå parametrene δ , ρ og γ . Ettersom dette ikke er noen økonometrisk oppgave ser jeg derfor bort fra dette problemet.

3.3 Tidligere litteratur som nytter CES-produktfunksjoner for å karakterisere substitusjonselastisiteten mellom grovfôr og kraftfôr i norsk melkeproduksjon

Det er gjort få studier på dette området tidligere. I 1974 analyserte Norum de virkninger fôrkjøp har på det driftsøkonomiske resultat. Analysen ble foretatt ved hjelp av CD- og CES-funksjonen. Undersøkelsen bygger på materiale hentet fra driftsgranskningene til Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF). Det er benyttet gjennomsnittstall for årene 1967-70 for bruk fordelt over hele landet med driftsform melk (123) og melk/korn (79). Produktet utgjorde produksjonsinntekter minus visse fradrag (for detaljer se Norum (1974:12)), blant annet tilskudd. Innsatsfaktorene var: Innkjøpt fôr³⁰, handelsgjødsel, maskiner, arbeid, jord og storfebuskap. Sistnevnte faktor ble kvantifisert som antall årskyr.

CES-funksjonen ble introdusert ettersom forfatteren var interessert i å betrakte grenseproduktiviteten av faktorkombinasjoner som avvek vesentlig fra gjennomsnittet av data-materialet. Norum (1974) formulerte seg slik:

”Konstant σ er ingen selvfølge og er heller ikke sannsynlig hvis en beveger seg over et felt som omfatter ekstreme faktorkombinasjoner. En må likevel kunne vente å få god føyning til data over et videre felt når størrelsen av den konstante σ kan velges fritt enn når den på forhånd settes lik 1.”(Norum, 1974:19).

³⁰ Innkjøpt fôr utgjorde her summen av kostnadspostene kraftfôr, skummet melk og annet kjøpt fôr målt i kr.

Hovedtema i undersøkelsen var å studere substitusjonselastisiteten mellom to innsatsfaktorer eller mellom en faktor og et kompleks av faktorer. Det ble fremlagt to modeller. En så på substitusjonselastisiteten mellom innkjøpt fôr og komplekset av faktorer som står bak grovfôrproduksjonen. I denne hadde plante- og husdyrproduksjon likeverdig plass. Jeg finner det mest hensiktsmessig å betrakte den andre modellen. Denne konsentrerte seg om innsats og utbytte i husdyrproduksjonen. Her ble mellomproduktet grovfôravling benyttet istedenfor handelsgjødsel, maskiner, arbeid og jord. Innsatsfaktorene som inngikk var da innkjøpt fôr, grovfôr og storfebuskap. CES-funksjonen for sistnevnte modell hadde følgende form:

$$X = e^{\alpha_0 + \sum_{i=1}^k \alpha_i U_i} (\delta V_1^{-\rho} + (1 - \delta) V_2^{-\rho})^{-\frac{\mu}{\rho}} \prod_{j=3}^n V_j^{\beta_j} \quad (31)$$

X betegner her som vanlig produktet, $e^{\alpha_0 + \sum_{i=1}^k \alpha_i U_i}$ er konstantleddet og fungerer også som en områdekorreksjon. Den nyttes ettersom forskjeller mellom områder mht. naturlige produksjonsvilkår og priser kan virke forstyrrende på resultatet. Leddet er en ”multiplikator” ettersom forfatteren antar at virkningen av disse forholdene er tilnærmet proporsjonal med produksjonsomfanget. Det neste leddet er CES-parentesen og den er knyttet til den siste variabelen, buskap, med CD-relasjoner. Likning (31) er et eksempel på en ”nested” (flernivå) CES-funksjon som vil introduseres i kapittel 4.

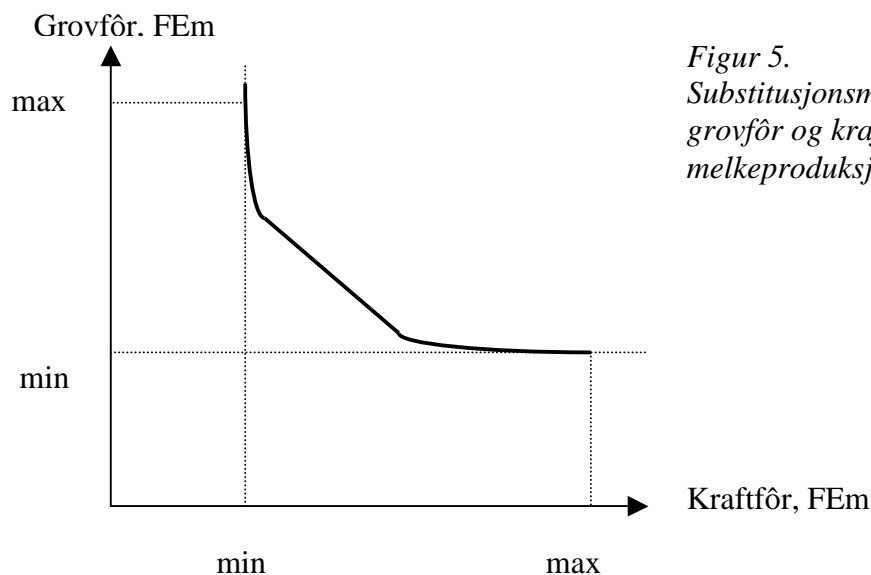
Estimering av koeffisientene i CES-funksjonen er basert på forutsetning av bestemte verdier for δ og ρ . Koeffisientene ble estimert ved minste kvadraters metode. I databeregningene ble det lest inn verdi for σ . Det ble undersøkt 7 alternativer for substitusjonselastisitet i intervallet 2-10. $\sigma = 10$ og $\delta = 0,74$ ga minst sum av de kvadrerte avvik fra funksjonsverdien $\ln X^{31}$. Dette tilsvarer tilnærmet rettlinjet substitusjon mellom innkjøpt fôr og grovfôravling eller faktorkomplekset handelsgjødsel, maskiner, arbeid og jord. Ifølge Norum (1974) synes det ut fra kjennskap til produksjonstekniske forhold ikke urimelig at substitusjonselastisiteten er stor innenfor et begrenset intervall. På den annen side finner han det urimelig at substitusjonsforholdene skulle følge CES-forutsetninger når en går over til ekstremt små

³¹ For CES-funksjonen der plante-og husdyrproduksjon hadde likeverdig plass ga $\sigma = 5$ og $\rho = 0,44$ lavest sum av de kvadrerte avvik fra funksjonsverdien av $\ln X$.

eller store grovfôrmengder. De ekstreme fôrsammensetningene var ifølge forfatteren trolig for få til å sette preg på den estimerte verdi av σ .

Det er hovedsaklig dette funn jeg vil nytte som argument for at substitusjonselastisiteten mellom grovfôr og kraftfôr kan ta høye verdier. Selv om jeg her skal trekke frem litteratur som omhandler CES-funksjonen og substitusjonselastisiteten, finner jeg det likevel relevant å nevne noen hovedtrekk fra Heady og Dillon (1966). Artikkelen omhandler melkeproduksjonsfunksjoner og MRTS mellom grovfôr og kraftfôr. Formålet med undersøkelsen som artikkelen baseres på, var å estimere substitusjonsforholdet mellom grovfôr og kraftfôr under spesifikke tekniske betingelser og å gi estimater på transformasjonsraten for fôr til melk for ulike produksjonsnivå og rasjoner. Forfatterne var også interessert i å undersøke det økonomiske potensialet ved å substituere grovfôr med kraftfôr. Artikkelen tar i begynnelsen opp problemet med å kartlegge isokvantens form. Det nevnes blant annet at flere fôringsstandarder antar at produktfunksjonen er homogen av grad 1. Noen standarder slik som "the total digestible nutrient" (TDN)-basis for fôrrasjoner betrakter melkeisokvantene som rette linjer ettersom de ikke varieres for å se på fôrings sammensetning eller melkeproduksjon. (Se Heady og Dillon, 1966:406). (Vi får da som vi har sett tidligere at $\sigma \rightarrow +\infty$). Andre fôringsnormer ser for seg ikke-lineære isokvanter. Dette er fordi normene sjelden inkluderer kun én fôrsort. Forfatterne trekker frem resultater fra tidligere studier. I den forbindelse nevnes Huffmann og Duncan som tar for seg effekten ved tildeling av en liten mengde kraftfôr når kuen kun har blitt tilført grovfôr. De kom fram til at en ku som fôres med ensidig grovfôrrasjon vil produsere mer ved tilførsel av en liten mengde kraftfôr i motsetning til en tilsvarende mengde TDN fra grovfôr. Disse resultatene førte til antagelsen om at isokvantene kan krumme forholdsvis skarpt ved den øvre grovfôrgrensen og at de derfor ikke er lineære.

Beach (1906) indikerte at ettersom fôrrasjonen nærmer seg kun kraftfôr (noe vi i henhold til kapittel 2 vet ikke bør skje), vil TDN fra kraftfôret bli mindre effektiv i å opprettholde kuens helse. Beach foreslo krummede isokvanter mot den øvre kraftfôrgrensen, dette i motsetning til Huffman og Duncan som forestilte seg at de krummet mot grovfôrets appetittgrense. Heady og Dillon (1966) sier til dette at isokvantene naturligvis kan ha større krumning mot endene og være tilnærmet lineær i midten. En slik tankegang kan fremstilles som i figur 5. Isokvanten



*Figur 5.
Substitusjonsmulighetene mellom
grovfôr og kraftfôr gitt årlig
melkeproduksjon.*

er tilnærmet lineær mellom fôrsortenes min- og max-grenser, mens krumningen er usikker ved de øvre fôrgrensene. Vi skal med min- og max-grensene forstå minste innsats av grovfôr og maksimal innsats av kraftfôr og omvendt, som trengs for å oppnå ønsket produksjonsnivå. Jeg vil i kapittel 5 vil bygge videre på denne figuren og sette verdier på grensene. Dette gjøres med utgangspunkt i et melkebruk på Vestlandet bestående av 15 årskyr. Isokvanten representerer da en årsproduksjon på 88.963 liter, som gir en gjennomsnittlig dagsytelse på 16,25 liter per ku. Et slikt produksjonsnivå forutsetter at kyrene må tilføres blandete fôr-rasjoner. Dette fordi grovfôret som er surfôr eller høy av middels kvalitet ikke gir nok energi til dette ytelsesnivået ifølge fôrbehovet ut fra normene i delkapittel 2.6. Minimumsgrensen for grovfôr representerer antall FEm som trengs til vedlikehold av kyrene. Maksimal kraftfôrmengde utgjør da den resterende fôrmengden som er nødvendig for å opprettholde produksjonen. Dette er i samsvar med delkapittel 2.7.2 der vi så at behovet for kraftfôr blir større når tilgangen på grovfôr begrenses enn når det gies grovfôr etter appetitt. Appetittfôring med grovfôr er det andre ytterpunktet. Ut fra gitt produksjonsnivå utgjør minimumsinnsatsen av kraftfôr differansen mellom det dyret tar opp av grovfôr og det totale fôrbehovet.

Det eksisterer altså ulike syn på hvilken form isokvanten har. Heady og Dillon (1966) viser videre i sin artikkel resultater fra et eksperiment på 36 Holstein kyr ved Iowa State University Dairy Farm over en periode på 26 uker i 1953 og 1954. Etersom lite var kjent om

melkeproduktfunksjonen ble fire algebraiske funksjonsformer tilpasset dataene. Variablene var: grovfôr, kraftfôr og yteevne. Tid var her ikke inkludert. De fire funksjonstypene var den logaritmiske, kvadratiske, kvadratrotsfunksjonen og den lineære produktfunksjonen (dette er som nevnt tidligere et spesialtilfelle av CES som på 50-tallet ikke var oppfunnet ennå). Grenseproduktene for produktfunksjonene ble så estimert og økonometrisk tolkning ble gitt. Forfatterne kom ikke frem til en entydig konklusjon. Likevel, etter å ha utelatt noen ledd i kvadratrotsfunksjonen fant de et svar svært likt fôringspraksis, der kuen blir tildelt kraftfôr i forhold til produksjonsnivået, mens grovfôret ble gitt etter appetitt. Denne produktfunksjonen var da forbundet med høyest profitt. Den hadde et lineært ledd kun for høy og isokvantene hadde svært liten krumning.

Jeg nevnte ovenfor at fôringsstandarder, for eksempel TDN, antar konstante substitusjons- og transformasjonsrater som altså impliserer en lineær produktfunksjon. Ifølge Heady og Dillon (1966:428) er det lite sannsynlig at produktfunksjonen er av denne empiriske natur. De finner det, ved en grunnleggende analyse av fôrverdier, mer sannsynlig med funksjoner der substitusjonsraten varierer. Forfatterne kom likevel frem til svært liten krumning i sin prefererte funksjon. De kommenterer også at de fleste ernæringsfysiologer aksepterer at grovfôr og kraftfôr ikke substituerer hverandre til konstante rater langs hele isokvanten. Bruken av TDN-transformasjoner var på det tidspunkt fortsatt utstrakt ettersom datamangel hindret dem i lære om endringer i substitusjonsratene. (Heady og Dillon, 1966).

Harald Giæver (1979) skrev etter initiativ fra Forsøksrådet for landbruksøkonomi et memorandum der søkelyset rettes på fordeler og ulemper ved det høye ytelsesnivået i melkeproduksjonen. Forfatteren går i dybden når det gjelder de biologiske forutsetningene for kyrenes ytelsesnivå. Han tar utgangspunkt i enkeltfaktorer eller grupper av faktorer som påvirker produksjonen. Faktorer som forklarer mest av variasjonen i ytelsen tenkes å være:

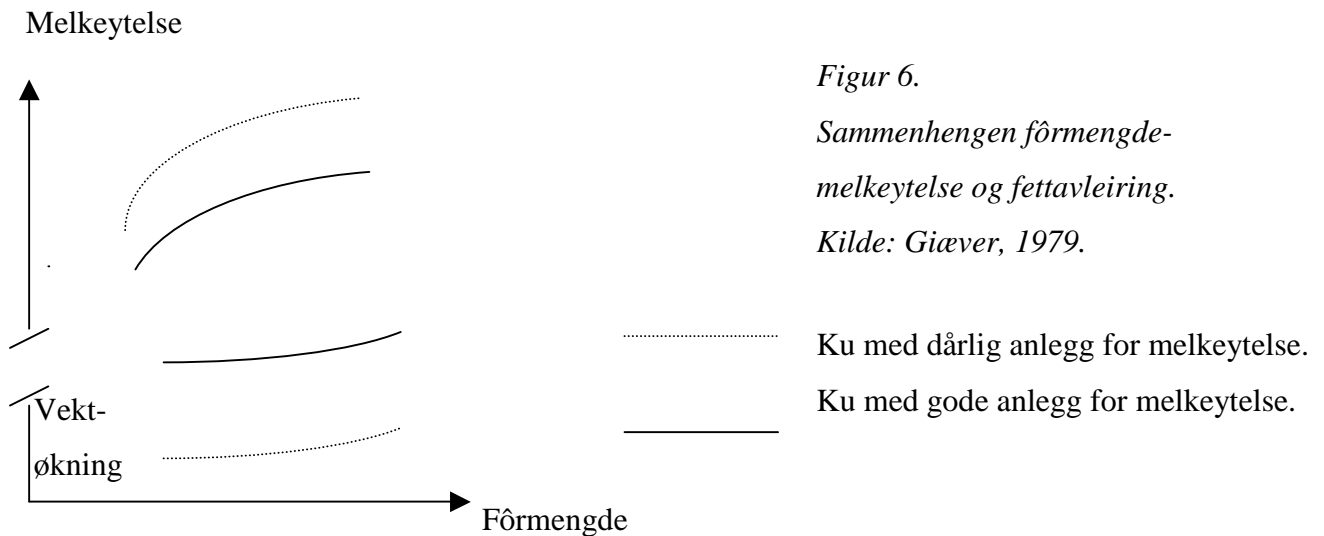
- Mengden av grovfôr
- Mengden av kraftfôr
- Kvaliteten på grovfôret
- Røkterinnsatsen
- Kyrenes genetiske kvalitet

Virkemidlene som nyttes blir litt forskjellig ettersom forfatteren ser på en samfunnsøkonomisk eller en privatøkonomisk analyse av den mest lønnsomme måten å innrette melkeproduksjonen på. Hovedvekten legges på førstnevnte, og det er også den jeg vil konsentrere meg om. Giæver (1979) forutsetter at grovfôret gis etter appetitt ettersom det i slutten av 1970-årene var generell politisk enighet om å begrense kraftfôrinnnsatsen i melkeproduksjonen. ”Da er det fornuftig å fôre slik at en utnytter kyrnes evne til grovfôr-opptak fullt ut” (Giæver, 1979:4). Grovfôrmengden betraktes som en endogen variabel, og opptaket påvirkes indirekte av de øvrige nevnte faktorer. I den privatøkonomiske analysen har den enkelte bonde liten innflytelse over kyrnes genetiske kvalitet.

Gievær (1979) presenterer to prinsippmodeller for sammenhengen mellom fôrmengder og ytelse. Modell 1 legger sterk vekt på fôrbehovet, som først og fremst avhenger av dyrets størrelse og produksjon, og ser på ytelsen som en funksjon av dette. I delkapittel 2.6 ble det kommentert at kombinasjoner av fôrnormer og fôrmiddeltabeller er et godt grunnlag for beregning av kuens totale fôrbehov ved gitt produksjon. Modell 1 er basert på at det er ønskelig at grovfôret skal tilfredsstille mest mulig av fôrbehovet. En regner med at grovfôret dekker næringsbehovet til vedlikehold pluss en viss daglig melkemengde. Næringsbehovet utover dette blir dekket av kraftfôret. Ettersom forfatteren ved sammenligning av de to modellene kommer frem til at modell 2, som jeg skal vise nedenfor, er en mer fullstendig og fleksibel modell³² velger jeg å fokusere på denne.

Modell 2 er altså av størst interesse. Denne betrakter ytelsen som en funksjon av fôrinnnsatsen. Forfatteren refererer til en prinsippmodell av Broster (1976), se figur 6.

³² Modell 1 forutsetter at kuen kontinuerlig skal holdes i ernæringsmessig likevekt, mens modell 2 tar hensyn til muligheten for å bygge opp fettreserver i visse perioder og å tære på dem i andre. Modell 1 prøver heller ikke å forklare hvorfor det er variasjoner i melkemengden innen en besetning og mellom besetninger. Den tar blant annet ikke hensyn til at variasjon i grovfôr-opptak kan skyldes andre årsaker enn variasjon i grovfôr-kvalitet.

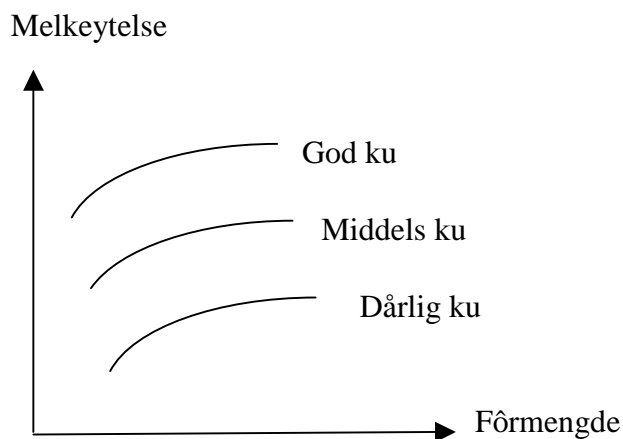


Figur 6.

Sammenhengen fôrmengde-
melkeytelse og fettavleiring.

Kilde: Giæver, 1979.

Figur 6 viser at etter hvert som energitildelingen gjennom fôret øker vil melkemengden øke, men med avtakende grenseutbytte av fôret. Fettavleiringen og dermed kroppsvekten vil også øke, og med økende grenseutbytte av fôret. Det samlede energiutbyttet av en énhets økning i fôrtildeling ser ut til å være uavhengig av fôrmengden, men fordelingen mellom melkeproduksjon og fettavleiring forskyves i retning av fett ettersom fôrmengden øker. Dette er ifølge forfatteren en viktig forskjell mellom kyr: Dyr med bedre anlegg for melkeproduksjon gir en større del av tilført energi igjen i form av melk og mindre i form av fett. Giæver (1979) refererer også til Broster og Clough (1973) som har fremstilt sammenhengen mellom energitildeling og melkeproduksjon for kyr med ulik yteevne. Denne kommer frem i figur 7:



Figur 7.

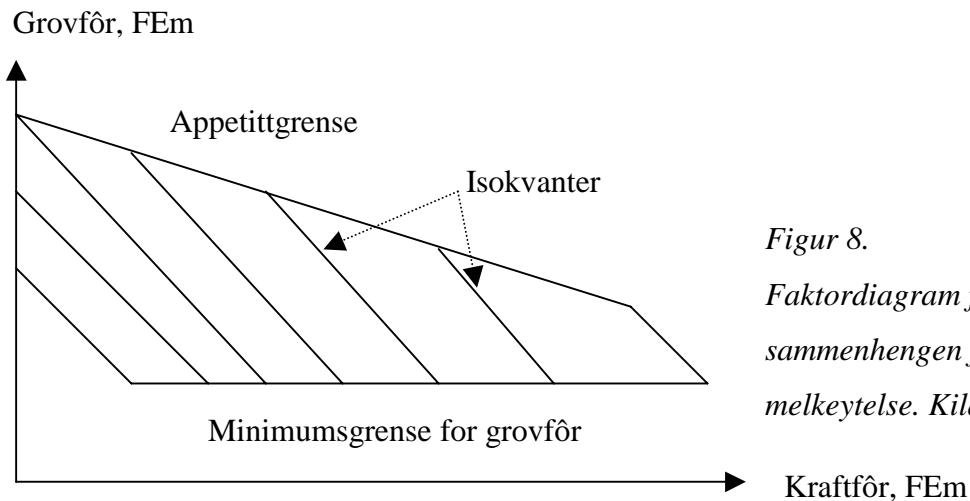
Sammenhengen fôrmengde – ytelse
for kyr av ulik genetisk kvalitet.

Kilde: Giæver, 1979.

Ifølge Giæver hevder disse forfatterne blant annet: "Hvis vi undersøker utbyttekurvene finner vi at "fôrbehovet" i virkeligheten representerer ett punkt på den kurven som viser forbindelsen mellom fôrintak og melkeutbytte. Videre at en ytelse på for eksempel 25 kg

melk/dag kan være prestasjonen til en genetisk sett dårlig ku som føres rikelig eller en genetisk sett god ku som føres sparsomt.”

Giæver (1979) viser oss sammenhengen fôrinnsats - melkeytelse når grovfôr og kraftfôr er rasjonert. Han fremstiller forbindelsen mellom fôrinnsats og ytelse for en ku med gitt anlegg for melkeytelse og gitt grovfôr kvalitet i et faktordiagram, se figur 8.



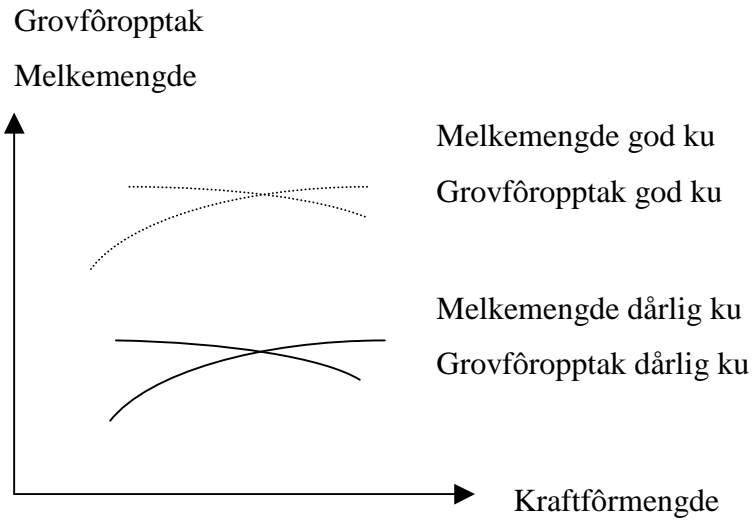
*Figur 8.
Faktordiagram for
sammenhengen fôrmengder -
melkeytelse. Kilde: Giæver, 1979.*

Isokvantene angir kombinasjoner av grovfôr og kraftfôr som gir samme melkemengde. Både grovfôr og kraftfôr er her rasjonert. Vi så i delkapittel 2.7 at grovfôrmengdene bare kunne varieres innen forholdsvis snevre grenser. Kuen trenger en viss minstemengde grovfôr for at de normale vomfunksjoner skal kunne opprettholdes, samtidig som kuens appetitt setter øvre grensen for grovfôropptaket. Ettersom kraftfôrtildelingen øker vil grovfôropptaket reduseres. Avstanden mellom isokvantene er tegnet større mot høyre i diagrammet. Det svarer til avtakende grenseutbytte av fôret. Giæver (1979) formulerer seg slik:

”Innen disse grensene kan grovfôr og kraftfôr erstatte hverandre i et tilnærmet konstant bytteforhold, slik at en FEm fra grovfôr kan erstatte en FEm fra kraftfôr og omvendt. Så lenge melkeytelsen er lav er det forholdsvis store muligheter til å substituere kraftfôr med grovfôr. Ved høyere ytelsesnivåer er valgmulighetene mye mindre.”

Et siste prinsipp, ifølge Giæver (1979), om sammenhengen fôrinnsats og melkeytelse er tilfellet når kraftfôr er rasjonert og grovfôret gis etter appetitt. Vi befinner oss da på appetittgrensen i figur 8. I denne situasjonen kan en se både grovfôr- og melkemengde som funksjoner av kraftfôrmengden. Figur 9 viser at ved økende kraftfôrmengde reduseres

grovfôropptaket. Det samlede energiopptak fra fôret øker likevel. Dette gir økt melkeproduksjon, men i avtakende tempo. En ku med godt genetisk anlegg vil med en og samme kraftfôrmengde produsere mer og ta opp mer grovfôr.



*Figur 9.
Sammenhengen kraftfôrmengde-
grovfôropptak og melkemengde ved
fri grovfôrtilgang.*

Kilde: Giæver. 1979.

Det er sammenhengen fôrinnsett-melkeytelse i figur 8, i tillegg til Norums resultater fra 1974, jeg vil ha som utgangspunkt i det videre arbeid. Forfatterne mener å ha holdepunkt for at substitusjonselastisiteten, σ , er stor innenfor et intervall der grensene er som nevnt ovenfor. Vi har altså tilnærmet lineære isokvanter i dette området. Med dette anslaget på elastisitetsverdien er det klart for å presentere analyseverktøyet.

Kapittel 4 Analyseverktøy

Kapittel 4 har som mål å gi en beskrivelse av analyseverktøyet. Dette består av et matematisk modelleringspråk beregnet for økonomiske likevektsmodeller MPSGE, operert innenfor rammen av GAMS. For å illustrere analyseverktøyet avsluttes kapittelet med et modell-eksempel.

4.1 Generelt om MPSGE og GAMS

MPSGE ("Mathematical Programming System for General Equilibrium") er et matematisk programmeringsystem for generell likevekt. Systemet ble introdusert av Rutherford i 1985. Programmet gjør det mulig å analysere kompliserte systemer av ikke-lineære ulikheter som finnes i generelle likevektsmodeller. Modellspråket er basert på flernivå CES nytte- og produktfunksjoner. MPSGE beregner en generell likevektsløsning ut fra data om budsjett – og kostnadsandeler og substitusjonselastisiteter i funksjonene.

MPSGE opereres som et undersystem av GAMS ("Generalized Algebraic Modeling System") som påkalles i start- og slutfasen av modelleringen. GAMS er et matematisk modelleringspråk opprinnelig utviklet av Alex Meeraus for å modellere lineære og ikke-lineære optimeringsproblemer (Rutherford, 1998).³³ Ved å være indeksorientert er GAMS spesielt egnet til å behandle store datasett.

I forhold til GAMS, som kan representere ethvert system av algebraiske uttrykk og er anvendbar i flere disipliner, er MPSGE beregnet for en spesifikk klasse av ikke-lineære uttrykk og kun til bruk i analyse av økonomiske likevektsmodeller. MPSGE forenkler modelleringen av økonomiske likevektsproblemer, spesielt de som er basert på flernivå CES-funksjoner ved at programmet kun trenger data om budsjett- og kostnadsandeler og substitusjonselastisiteter for å løse en modell. Til dette formål er GAMS mindre egnet siden systemet krever en mer detaljert og omfattende beskrivelse av nytte- og produktfunksjonene.

³³ Rutherford (1998) presenterer nye trekk ved GAMS-språket som tillater formulering av økonomiske likevektsmodeller som systemer av ikke-lineære uttrykk og komplementaritetsproblemer. Sistnevnte blir i hans arbeide referert til som "mixed complementarity problems" (MCPs), noe som reflekterer at de kan omfatte kombinasjoner av lik- og ulikheter.

Ettersom MPSGE er et godt egnet verktøy til modellering av flernivå CES-funksjoner, vil det i oppgaven brukes til å modellere produktfunksjonen til et melkebruk med 15 årskyr på Vestlandet. Prisene eksogeniseres ved å innføre store importsektorer.

4.2 Viktige komponenter i en MPSGE-modell

Beskrivelsen i dette delkapittelet bygger på Mathiesen (1992) og Rutherford (1998). En MPSGE-modell består av produksjonssektorer, varer, innsatsfaktorer, konsumenter og eventuelt ”ekstra” variabler.³⁴ Disse komponentene karakteriserer omfanget av og strukturen i modellen. Konsumentenes preferanser og sektorenes teknologi beskrives ved flernivå CES nytte- og produktfunksjoner. For å finne parametrene trengs data om kostnads- og budsjettandeler. Det er i tillegg nødvendig å angi substitusjonselastisiteter mellom varene i produkt- og nyttefunksjonene. Disse beskriver omstillingsmulighetene innen en sektor.

Dataene i en modell kan presenteres i en matrise der de ulike postene viser verdien på økonomiske transaksjoner i en gitt periode. Slike kryssløpstabeller kan være svært detaljerte.³⁵ Et slikt matriseforformat viser hvordan utgangsdataene er koblet til MPSGEs programstruktur.³⁶ En rektangulær kryssløpstabell har én rekke for hvert marked (omsatt vare/innsatsfaktor), én kolonne for hver produksjonssektor og én kolonne for hver konsument/konsumentgruppe. Utgangslivekten gjenspeiles i rekke- og kolonnesummene. Sektor-kolonnene summer til null, noe som reflekterer null overskudd. Konsument-kolonnene summer også til null hvilket symboliserer konsumentens budsjettrestriksjon. En rekkesum på null betyr markedsklarering, dvs. at det er likevekt mellom tilbud og etterspørsel for den aktuelle varen. Tabell 5, delkapittel 4.3 gir et eksempel på en kryssløpstabell.

Når produkt- og nyttefunksjoner er definert ut fra data i en kryssløpstabell, finner MPSGE kalibreringsløsningen.³⁷ Variablene som skal assosieres med de ulike komponentene i en MPSGE-modell, er aktivitetsnivå med konstant skalautbytte for sektorene, priser for

³⁴ Se vedlegg 1 for en beskrivelse av hovedtrekkene i GAMS/MPSGE syntaksen.

³⁵ En tradisjonell kryssløpstabell har i de fleste tilfeller positive tall, mens en rektangulær kryssløpstabell som er mest anvendelig for enkle modeller, følger en tegnkonvensjon der tilbud/innbetalinger er positive tall og etterspørsel/utbetalinger presenteres med negative tall.

³⁶ I en analyse er vi interessert i effekten av endringer i ulike parametre. ”Benchmark”- data er den informasjon som eksisterer i utgangspunktet før slike endringer blir foretatt. Dette vil kommenteres senere i kapittelet

³⁷ Kalibrering innebærer at tallene justeres slik at de er innbyrdes konsistente, og MPSGE er i stand til å reprodusere tallene vi har i utgangspunktet som en benchmark-likevekt.

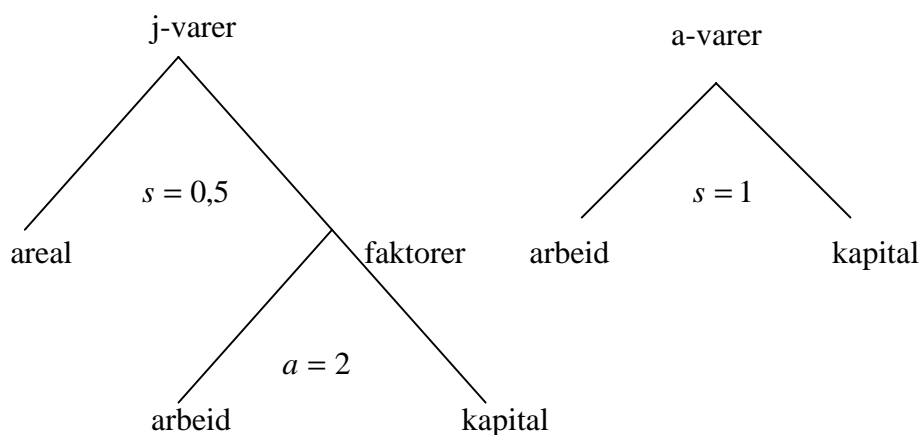
varene/innsatsfaktorene, inntektsnivå for konsumentene, samt nivå-verdier for eventuelle ”ekstra” variabler. Sistnevnte kan være bibetingelser, endogene skatter eller restriksjoner på beholdninger. Programmet beregner også kvantum, inntekts- og velferdsnivå. Velferdsnivået viser endringen i konsumentens kjøpekraft, definert som Hicks’ ekvivalent variasjon. Dette er et pengemetrisk mål som illustrerer den inntektsendring som er ekvivalent med en prisendring, uttrykt ved endring i nytte.

Markedsformen i en MPSGE-modell er normalt frikonkurransse. MPSGE beskriver modeller av Walras typen, dvs. modeller for generell likevekt. I en slik kontekst består det å finne en løsning i å beregne et sett med priser som simultant klarer alle markeder. Som et program for generell likevektsmodellering, bestemmer MPSGE kun relative priser. Programmet tillater innføring av avgifter/subsidier på innsatsfaktorer eller varer i en sektor, samt overføringer mellom aktørene. Siden faktorbruken eller vareproduksjonen avhenger av relative priser, vil slike avgifter/subsidier virke vridende.

4.3 Et modelleksempel

For å illustrere analyseverktøyet presenteres her en enkel modell for en liten lukket økonomi. Den består av to produksjonssektorer, to varer, tre innsatsfaktorer, en nyttesektor og en husholdning. Dataene som brukes er fiktive. Produksjonssektorene består av en jordbrukssektor og en annen sektor. Førstnevnte produserer jordbruksvarer (j-varer) og sistnevnte andre varer (a-varer). Jordbrukssektoren benytter innsatsfaktorene arbeid, kapital og areal. a-sektoren trenger innsats av arbeid og kapital i produksjonen av a-varene. Produktfunksjonene kan fremstilles i en figur med trestruktur. Figur 10 viser produksjonsstrukturen i modelleksempelen. Vi ser hvordan produksjonen av jordbruksvarer avhenger av areal og aggregatet ”faktorer” bestående av arbeid og kapital. Bokstavene s og a er substitusjonselastisiteter. Førstnevnte er toppnivå-elastisiteten som betegner substitusjonselastisiteten mellom innsatsfaktorene på det øverste nivået i CES-funksjonen. Denne er tildelt verdien 0,5, noe som tilsier liten grad av substitusjon. a er elastisiteten på nivået under (”nested elasticity of substitution”), dvs. mellom faktorene arbeid og kapital. I dette aggregatet har vi antatt en elastisitet på 2. a-sektoren som kun har et nivå, har en elastisitet, s , mellom faktorene i produksjonen lik 1.

Figur 10. Produktfunksjoner representert ved trestruktur.



Nedenfor ser vi en rektangulær kryssløpstabell for eksempelet:

Tabell 5. Kryssløpstabell for modelleksempelet.

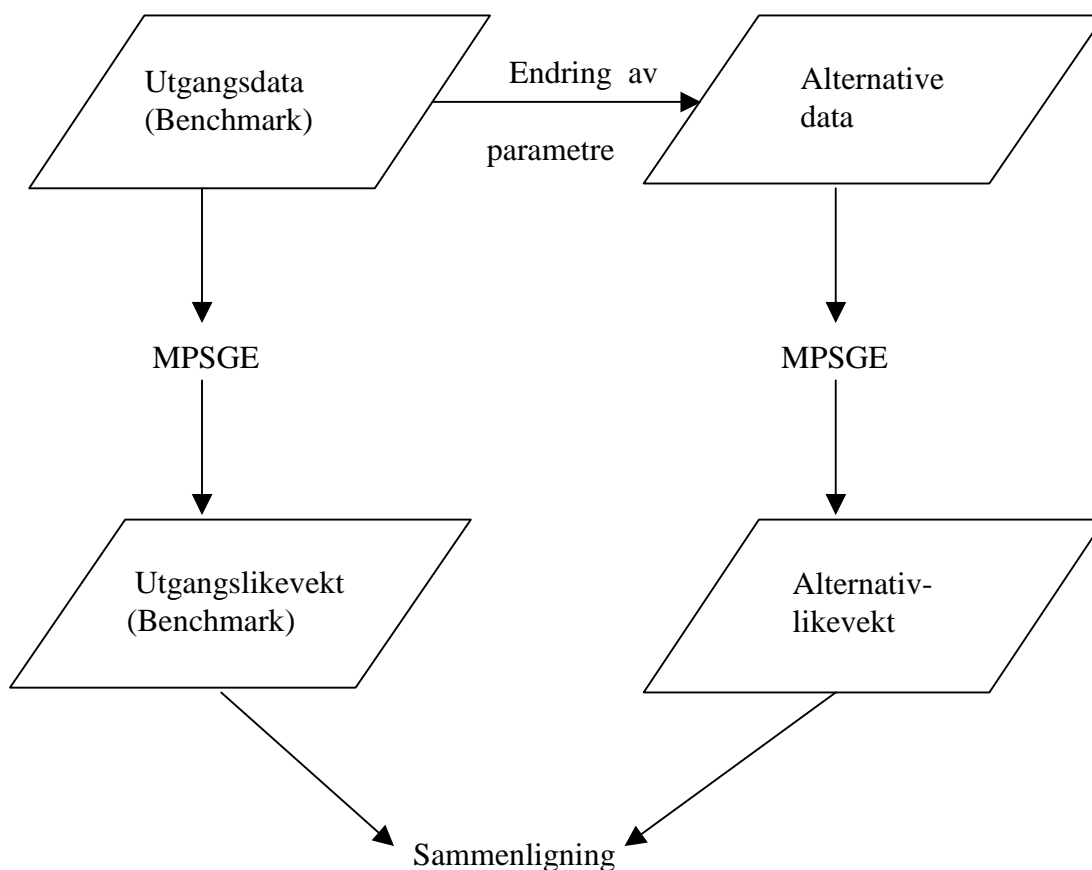
	j-sektor	a-sektor	n-sektor	konsument
j-varer	100		-100	
a-varer		90	-90	
nytte			190	-190
arbeid	-20	-80		100
kapital	-70	-10		80
areal	-10			10

Etterspørsel etter godene har i matrisen negative fortegn, mens produksjon og beholdninger er tillagt positive verdier. Tabell 5 viser at j-sektoren produserer 100 enheter av j-varen. Disse blir etterspurt av konsumenten i nyttesektoren. En rekke beskriver som tidligere nevnt et marked for en vare eller en innsatsfaktor. Markedslikevekt karakteriseres ved at rekkene summer til null. Konsumenten etterspør de produserte varene i j- og a-sektoren, ved hjelp av inntekter fra utleie av beholdninger av innsatsfaktorene som etterspørres av produksjonssektorene. Søylene for produksjonssektorene summer til null ved at produksjonsverdien er lik innsatsfaktorkostnadene. Vi ser av tabell 5 at j-sektoren etterspør hhv. 20, 70 og 10 enheter av arbeid, kapital og areal til produksjonen av j-varene. Konsumentens etterspørsel etter varene finnes i en sektor som produserer nytte. Verdien i denne sektoren må ikke overstige verdien av faktorbeholdningen som skal betraktes som en budsjettrestriksjon. I tabell 5 har konsumenten hhv. 100, 80 og 10 enheter av arbeid, kapital og areal. Utleie av disse faktorene gir ham en inntekt på 190 enheter som han bruker til kjøp av varene, representert i

nyttesektoren. Substitusjonselastisiteten mellom j- og a-varene i nyttesektoren er satt lik 1, dvs. det antas en Cobb-Douglas nyttefunksjon. Etter å ha definert MPSGE produkt- og nyttefunksjoner med data basert på kryssløpstabellen, svarer programmet med å finne kalibreringsløsningen.³⁸

En kalibreringsløsning tjener som utgangspunkt for en analyse. Analyse går ut på å sammenlikne to likevekter for samme økonomi, hvor enkelte av økonomiens data er endret. Figur 11 illustrerer gangen i analysen.

Figur 11. Analyse med MPSGE.



³⁸Se vedlegg 2 a og b, modell: Eksempel.

I det følgende presenteres en alternativ beregning hvor det antas at konsumentens beholdning av arbeidskraft øker fra 100 til 200 enheter.³⁹ Endringen i aktivitets-, relativ pris- og inntektsnivå, samt i sektorenes etterspørsel etter de ulike innsatsfaktorene vises i tabell 6.

Tabell 6. Resultater ved dobling av konsumentens beholdning av arbeidskraft.

	j-sektor	a-sektor	n-sektor	konsument	priser
j-varer	1,235		1,235		1,000
a-varer		1,759	1,759		0,702
nytte			1,461	1,235	0,846
arbeid	2,575	1,856		2,000	0,666
kapital	0,979	1,145		1,000	1,079
areal	1,000			1,000	1,526

Aktivitetsnivåene er uthevet i sektorkolonnene, mens de øvrige tallene representerer forholdstallet mellom etterspurt kvantum i den alternative beregningen og i kalibreringsløsningen. I konsumentkolonnen finner vi den relative endringen i konsumentens beholdning av innsatsfaktorene, mens endringen i de relative prisene står i kolonnen ytterst til høyre. j-varenes pris er definert som numeraire. De relative prisendringene tolkes dermed i forhold til j-varene. Hva er så forklaringen på endringene i tabellen? Den direkte virkningen av at beholdningen av arbeidskraft øker, er lavere relativ pris på arbeidskraften. Tabell 6 viser at a-sektoren ekspanderer relativt sterkt. Sektoren er arbeidsintensiv, og vil derfor stå for en kraftig økning i etterspørselen etter arbeidskraft når den relative prisen på arbeid går ned. Det høye aktivitetsnivået i a-sektoren øker også etterspørselen etter kapital, siden faktorene bare i begrenset grad kan erstatte hverandre.

Endringen i beholdningen av arbeidskraft fører også til økt aktivitetsnivå i j-sektoren. Sektoren er i utgangspunktet kapitalintensiv, men med en relativt høy substitusjonselastisitet mellom arbeid og kapital. Sektoren øker sin etterspørsel etter arbeidskraft på bekostning av kapital. Den skifter nå intensitet i faktorbruken fra kapital til arbeid. Økt aktivitet i sektoren øker også etterspørselen etter areal. Beholdningen av denne faktoren er gitt, slik at prisen på areal stiger relativt kraftig i pris.

Det økte tilbudet av arbeidskraft har økt konsumentens kjøpekraft. Den reelle inntektsøkningen vises som velferdsøkningen i form av økt aktivitetsnivå i nyttesektoren. Endringen i nominell inntekt er uthevet i konsumentkolonnen. Prisen på nytte er en prisindeks over de

³⁹ Se vedlegg 2 c og d, modell: Eksempel.

varene konsumenten kjøper. Ettersom denne prisen er blitt relativt lavere er konsumentens reelle inntekt større enn den nominelle inntekten. Konsumentens nytte måles i konsum av a- og j-varene, og hele inntekten brukes. Han kjøper begge varetyper, også j-varen selv om den nå er dyrere i forhold til a-varen. Dette skyldes at varene ikke er perfekte substitutter.

Økningen i beholdningen av arbeidskraft gir økt aktivitetsnivå både i a- og j-sektoren. Begge sektorer har blitt arbeidsintensive som følge av at prisen på arbeidskraft har avtatt relativt til prisen på kapital. Konsumenten har fått økt inntekt og velferd. Jeg har med dette eksempelet søkt å gi en innledning til modell- og analysetankegangen som følger i neste kapittel.

Kapittel 5 Modell og analyse

Ved hjelp av modellverktøyet presentert i forutgående kapittel, vil jeg i dette kapitlet modellere produktfunksjonen til et representativt melkebruk på Vestlandet. Med utgangspunkt i kalibreringsløsningen for bruket vil jeg så endre det relative prisforholdet mellom grovfôr og kraftfôr for deretter å analysere effekten av ulike verdier på substitusjonselastisiteten mellom førsortene.

5.1 Modellen

Modellen tar utgangspunkt i et melkebruk med 15 årskyr på Vestlandet (M15-V), heretter kalt modellbruket.⁴⁰ Produksjonen forutsettes å ha konstant skalaavkastning. Regnskapet for modellbruket (1997) bygger på data fra NILF, og er presentert i tabell 7.

Tabell 7. Gårdsregnskap for et melkebruk med 15 årskyr på Vestlandet (1997).

Output	Kvantum	Pris	Verdi
Melk (liter)	88.963,00	3,27	290.909,01
Storfe (kg)	2.801,00	30,86	86.438,86
Annet (kg)	10.530,00	1,00	10.530,00
Produksjonsinntekter			387.877,87
Input			
Areal (dekar)	168,00	10,00	1.680,00
Arbeid, familie (årsverk)	1,44	99.291,34	142.979,53
Arbeid, innleid (årsverk)	0,42	184.903,00	77.659,26
Kapital (kr)	166.244,38	1,00	166.244,38
Varer (kr)	165.394,00	1,00	165.394,00
Kraftfôr (FEm)	38.475,00	2,77	106.652,70
Grovfôr (FEm)	55.440,00	0,00	0,00
Produksjonskostnader			660.609,87
Tilskudd			
Pristilskudd (kr)	59.697,00	1,00	59.697,00
Sektortilskudd (kr)	213.035,00	1,00	213.035,00
Sum tilskudd (kr)			272.732,00
Resultat (kr)			0,00
(pr årsverk familiearbeid)			0

⁴⁰ Vestlandet omfatter fylkene Hordaland, Sogn og Fjordane og Møre og Romsdal.

Hovedproduksjonen er melk med en ytelse på 88.963 liter per år. Storfekjøtt og livdyr er biprodukter. Innsatsfaktorene er areal, familie- og innleid arbeidskraft, kapital, varer, kraftfôr og grovfôr. I tabell 7 er kostnadsverdien på grovfôret satt lik 0, siden den er implisitt i de øvrige innsatsfaktorkostnadene foruten kraftfôrkostnaden. Kartleggingen av kostnadene knyttet til grovfôrproduksjonen presenteres i delkapittel 5.3.

Når jeg i delkapittel 5.5.1 presenterer dataene som leses inn i modellen, vil disse være basert på noen forenklinger i regnskapet. Alle prisene settes lik 1, slik at modelleringen tar utgangspunkt i tallene i verdikolonnen. Produksjonsinntekts- og kostnadsverdiene vil avrundes til nærmeste hele tall. Produksjonsinntekten ved salg av "annet", som er livdyr, vil trekkes fra under kostnadsposten varer, slik at "annet" forsvinner som produkt. Varekostnaden blir dermed 154.864 kroner. I tillegg vil kostnaden til familie- og innleid arbeidskraft slås sammen til én faktor, slik at prisen på arbeid blir et veid snitt av de to typene arbeidskraft. Arbeidskostnaden utgjør dermed 220.639 kroner. Tilskuddene vil også bli slått sammen, og legges som et pristilskudd på melk. Resultatene av endringene vises i tabell 18, delkapittel 5.5.1.

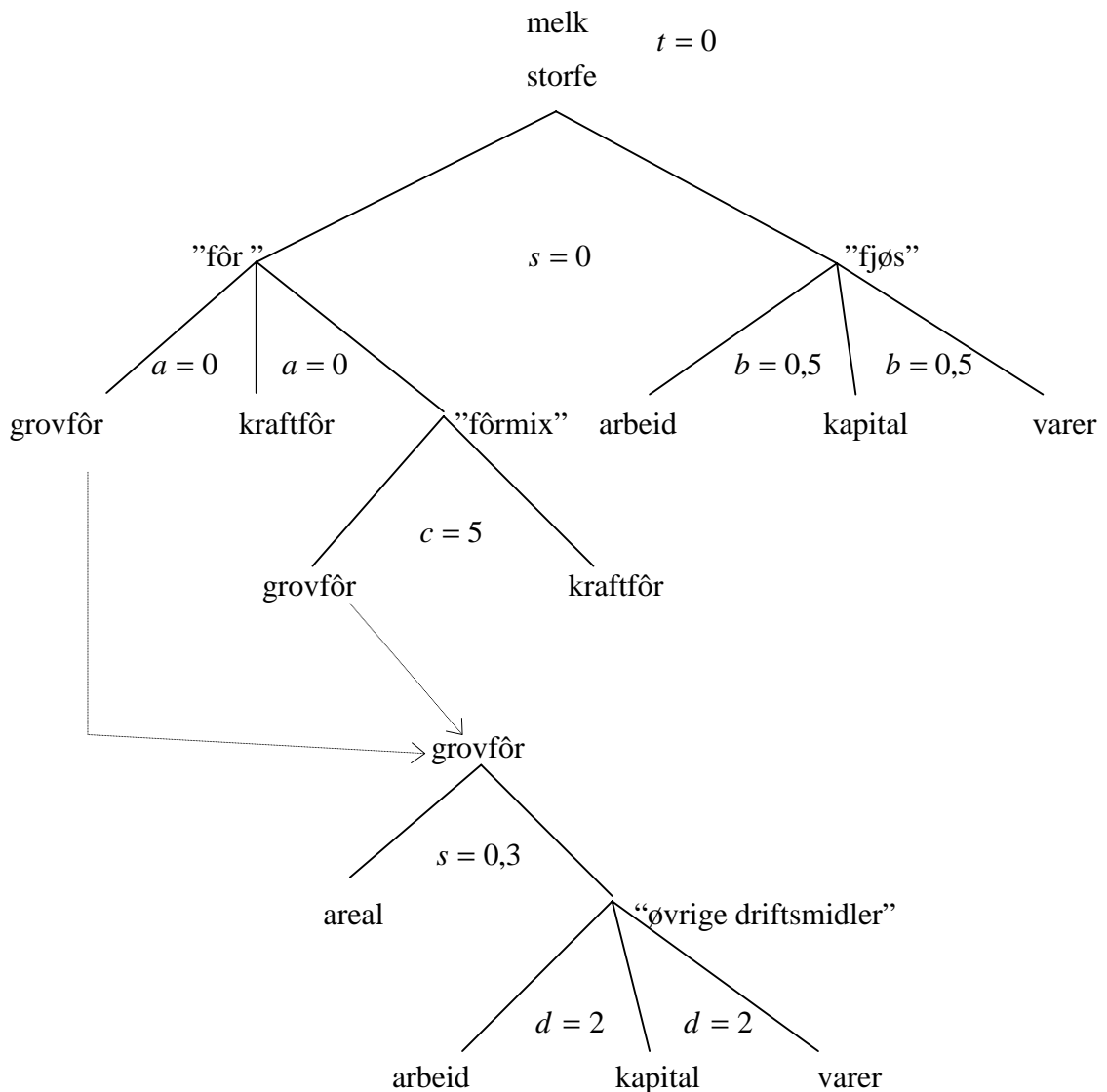
5.2 Produktfunksjonen

Figur 12 illustrerer produksjonsstrukturen på modellbruket, med anslag på substitusjonselastisitetene mellom innsatsfaktorene. Modellbruket representerer et klassisk melkebruk på Vestlandet, der kjøttproduksjonen står i et fast forhold til melkeproduksjonen. I fremstillingen av melken trengs fôr og stell av kyrene. Fôret består av grovfôr og kraftfôr. Fôringen foregår hovedsakelig innendørs, bortsett fra når dyrene er på beite. Melkingen skjer maskinelt i fjøset. For dyrenes trivsel er det viktig at gårdbrukeren gir dyrene det stellet de trenger. I tillegg er det nødvendig med generelt vedlikehold av båser og øvrig utstyr i fjøset. Videre beskrivelse av de ulike innsatsfaktorene i aggregatene "fôr" og "fjøs", samt begrunnelsen for de valgte substitusjonselastisitetene følger i delkapittel 5.2.1.

Ved inndeling av fôraggregatet vet vi fra kapittel 2 og delkapittel 3.3 at fôringen må tilfredsstillende visse nedre grenser for fôrsortene, og at substitusjonselastisiteten kan være relativt stor i et intervall med de nedre grenser som er nevnt her. Øvre grense for innsats av grovfôr vil bestemmes av kuens appetitt, mens maksimumsnivået for kraftfôr blir differansen

mellom det totale fôrbehovet ved det gitte ytelsesnivået og grovfôrets nedre grense. Fôraggregatet kan modelleres ved hjelp av to metoder, hhv. metode 1 og 2. Metode 1 deler aggregatet inn i to nivåer. Det første nivået består av minimumsinnsatsen⁴¹ av de to fôrsortene, samt et aggregat som inneholder den resterende energimengden her kalt "fôrmix". Nivå 2 viser sammensetningen av den resterende energimengden, fordelt på grovfôr og kraftfôr. Nivå 1 har en Leontief-relasjon mellom grovfôr, kraftfôr og aggregatet fôrmix, i motsetning til nivå 2 som har substitusjonsmuligheter og en elastisitetsverdi lik 5. Denne metoden er presentert i figur 12.

Figur. 12. Produksjonsstrukturen i et melkebruk med 15 årskyr på Vestlandet.

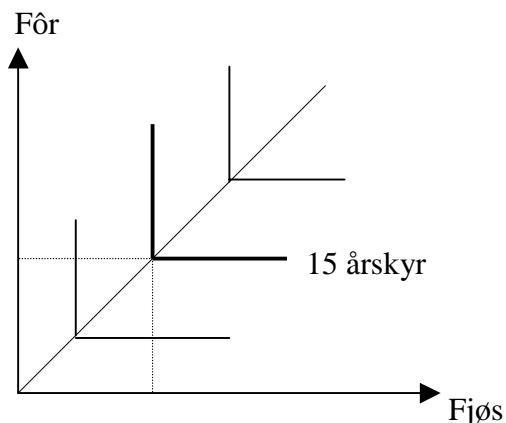


⁴¹ Denne kan tolkes som en innsats som kuen må ha av begge fôrsorter gitt ytelsesnivå.

Metode 2 modellerer fôraggregatet på ett nivå. Minimumsnivåene settes her lik asymptotene bestemt av likningene (28) og (29) i delkapittel 3.2.2. Dette impliserer som tidligere nevnt at selv om ubegrensede mengder av den ene faktoren tilsettes, trengs likevel noe av den andre faktoren. Denne metoden tilfredsstiller kun det ene kravet vi ønsker oppfylt, dvs. minimumsnivå. Det er her ikke mulig å modellere tilfellet med høy elastisitet over de nedre grensene fordi positive asymptoter (se figur 4) tilsier at substitusjonselastisiteten må ligge i intervallet $0 < \sigma < 1$. Jeg velger derfor å benytte metode 1. Kvantifiseringen og inndelingen av fôrkostnadene blir kommentert i delkapittel 5.3. Selv om metode 2 ikke vil brukes, vil jeg likevel presentere utgangspunktet for modellering av fôraggregatet med denne metoden i slutten av delkapittel 5.4.4.

Det er et problem relatert til grunnformuleringen av produksjonsstrukturen og fôraggregatet som vil gjøre seg gjeldende i det videre arbeidet. I det følgende diskuteres dette mer inngående. Modellbruket har som nevnt innledningsvis 15 årskyr og en produksjon på 88.963 liter per år. La oss studere figur 12. Denne viser en Leontief-produksjonsstruktur dvs. det er et fast forhold mellom aggregatene "fôr" og "fjøs". Som vi skal se i neste delkapittel begrunnes dette med at det ikke er mulig å erstatte fôr med fjøsstell og omvendt for å oppnå den ønskede ytelse per år. Aggregatet "fjøs" består av faktorene arbeid, kapital og varer. I faktoren kapital inngår i tillegg til driftsbygning, maskiner, redskaper og traktorer også dyremengden. Buskapsen er viktig i denne diskusjonen. Slik modellen er formulert med Leontief-relasjonen trenger man disse 15 kyrene for å produsere den gitte ytelsen på 88.963 liter per år. Det er altså her en klar sammenheng mellom gitt produksjon og antall kyr. Det faste forholdet mellom aggregatene "fôr" og "fjøs" ved gitt ytelse og dyremengde kan fremstilles som i figur 13.

Figur 13. Leontief-relasjonen mellom aggregatene "fôr" og "fjøs" ved gitt buskapsstokk.



Figur 13 viser oss rettvinklede isokvanter som i tilfelle c i delkapittel 3.2.2. Den markerte isokvanten illustrerer modellbrukets produksjon på 88.963 liter gitt 15 årskyr. De øvrige isokvantene viser til hhv. høyere og lavere buskapsstokk og ytelse.

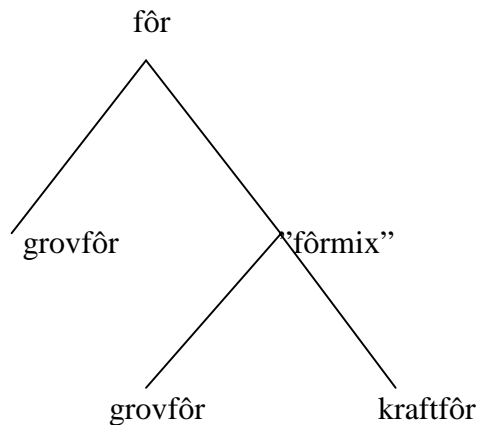
La oss betrakte et eksperiment hvor produksjonen holdes konstant, og prisen på kraftfôr settes lavere relativt til grovfôr. Slik fôraggregatet er modellert, dvs. ved at vi har fastsatt et ytelsesbestemt min- og maximumsnivå for kraftfôr i tillegg til det fysisk bestemte min- og maximum av grovfôr, vil vi få et resultat i form av en økning i forbruket av kraftfôr. Ettersom produksjonen er uendret vil imidlertid løsningen gi samme størrelse på "fjøs"-aggregatet og dermed samme buskapsstokk som tidligere. Men dette stemmer ikke overens med virkeligheten. Behovet for innsatsen av faktorene i aggregatet "fjøs", nærmere bestemt antall årskyr, vil bli mindre for å oppnå ønsket produksjon. Fordi kraftfôret er svært næringsrikt vil buskapsen kunne reduseres. Vi vet fra delkapittel 2.2 og 2.3 at kraftfôret er rikt på karbohydrater, proteiner, fett, vitaminer og mineraler, samt at kraftfôret er et helt nødvendig supplement for å oppnå dagens høye ytelsesnivå. Det omtalte problemet som oppstår er dermed at vi står ovenfor et paradoks ettersom vi har forutsatt at modellbruket er "bundet" til en dyrestokk på 15 kyr, samt at produksjonen har konstant skalaavkastning. Bruket skal ikke kunne endre sin buskapsstørrelse, samt at det heller ikke er substitusjonsmuligheter tilstede mellom de to aggregatene.

I Giævers framstilling av sammenhengen fôrinnnsats – melkeytelse i figur 8 eksisterer ikke den nedre grensen for kraftfôr. Han presenterer som tidligere nevnt forbindelsen mellom fôrinnnsats og ytelse for én ku med gitt anlegg for melkeytelse og gitt grovfôr kvalitet.

En alternativ modellering av fôraggregatet fremstår dersom vi følger Giævers tankegang og utelater minimumsnivået for kraftfôr, dvs. dersom vi kun har den fysisk bestemte minste-innsatsen fôr grovfôr og aggregatet "fôrmix". Utfører vi også i dette tilfellet et eksperiment der produksjonsnivået skal være uendret og betrakter effekten av en redusert pris på grovfôr relativt til kraftfôr, får vi en tilsvarende økning i forbruket av grovfôr. Faktum er nå at denne fôrsorten ikke er næringsrik nok til å tilfredsstille den ønskede melkeytelsen. Vi vet at grovfôr av typen surfôr eller høy av middels kvalitet alene ikke er tilstrekkelig ved høye ytelsesnivåer. Det er dermed behov for å øke antall årskyr for at produksjonen skal kunne holdes konstant. Ettersom produksjonen og buskapsbestanden skal være uendret, får vi også her en

selvmotsigelse relativt til formuleringen av produksjonsstrukturen. Fôraggregatet i figur 12 kan ved dette paradokset illustreres som i figur 14.

Figur 14. Inndeling av fôraggregatet ved utelatelse av minimumsinnsatsen av kraftfôr.



Mellomtilfellet som vektlegger fôrtypene likt og som også er ønskelig å modellere er ikke forsket på .

5.2.1 Nærmere om innsatsfaktorene og substitusjonselastisitetene i brukets produksjonsstruktur

Jeg gjør oppmerksom på at alle elastisitetsverdiene i figur 12 utenom fôr ikke har direkte støtte i litteratur. De representerer derfor en potensiell kilde til feil. Basert på skjønn legges det imidlertid vekt på å drøfte om disse verdiene er små eller store. Et gjennomgående trekk i ulike jordbruksstudier er bruk av CD-funksjoner, noe som impliserer en elastisitet lik 1. Forfattere som anvender CD i sine beregninger er for eksempel Giæver (1963), Stormoen (1984) og Aanesland (1986).

Transformasjonselastisiteten t i produksjonen av melk og storfe uttrykker i hvilken grad det er mulig å omdanne innsatsfaktorene til ulike kombinasjoner av produktmengder. Jeg antar her at det er en Leontief-relasjon mellom produktene. Dette betyr at melk og storfe fremstilles i et fast forhold. Elastisitetsverdien er derfor satt lik 0. Elastisiteten mellom aggregatene "fôr" og "fjøs" er en toppnivå- elastisitet. Denne er tildelt verdien 0. Vi forutsetter altså en Leontief-relasjon mellom faktorene på dette nivået. Dette begrunnes med at det ikke er mulig å oppnå

samme produksjonsnivå ved å erstatte fôr med fjøsstell og omvendt. På neste trinn finner vi faktorene som inngår i disse aggregatene, dvs. grovfôr, kraftfôr, arbeid, kapital og varer.

I aggregatet "fjøs" finner vi faktorene arbeid, kapital og varer. Arbeid består her av fjøsarbeid. Arbeidet omfatter uttak av fôret fra fôrlageret (silo) og transport til fôrbrettet, stell og melking av dyrene samt bringing og henting av kyrene til beite. Det er også arbeidsforbruk knyttet til vedlikehold av driftsbygningen, administrasjon og frakt. Jeg velger som vi skal se nedenfor, å plassere disse kostnadskomponentene på faktorene kapital og varer. Kapitalen er inndelt på samme måte, og representerer avskrivninger og renter på driftsbygningen. Varer utgjør blant annet livdyr, administrasjon og frakt, diverse til husdyrholdet, elektrisk lys og kraft og andre forbruksartikler. Valget av substitusjonselastisitet på 0,5 mellom arbeid, kapital og varer på dette nivået begrunnes med at bonden har få muligheter til å substituere mellom disse faktorene.

For å kunne fange opp substitusjonsforholdene mellom grovfôr og kraftfôr, skilles grovfôrproduksjonen ut som en egen sektor.⁴² Figur 12 viser de essensielle faktorene i tilvirkningen av denne fôrsorten. Aggregatet "øvrige driftsmidler" bestående av faktorene arbeid, kapital og varer, er i produksjonen koblet til faktoren areal med en substitusjonselastisitet lik 0,3. Denne verdien er relativt lav fordi areal er helt nødvendig for grovfôrproduksjon. Grovfôret må ha et vekstgrunnlag. Arealstørrelsen er i modellbruket 168 dekar. Elastisitetsverdien rommer likevel en viss grad av substitusjon fordi det antas at bonden ved en mer effektiv utnyttelse kan klare seg med mindre areal i produksjonen av det antall FEm som trengs for en årlig melkeytelse på 5.931 liter. Arbeidsforbruket ved viktige oppgaver i våronn og gresshøstingen forklares i delkapittel 5.3.1. Kapitalen utgjør i grovfôrproduksjonen avskrivninger og renter på utendørs mekaniseringsutstyr som traktorer, jordarbeidings-, så- og handelsgjødselsutstyr etc. Størrelsen på kapitalkostnaden vil som arbeid- og varekostnaden spesifiseres i delkapittel 5.3.1. Innsatsfaktoren varer er i grovfôrproduksjonen midler som kunst/handelsgjødsel, kalk, plantevernmidler, husdyrgjødsel, såfrø og planter, drivstoff og olje m.m. Produksjonsfaktorene arbeid, kapital og varer er i fremstillingen av grovfôret koblet med en substitusjonselastisitet lik 2. Den relativt høye verdien begrunnes med at jordbruksnæringen har vært og er preget av en sterk produktivitetsvekst, noe som delvis skyldes mer kapitalintensive

⁴² Langt de fleste dyrker kun gress til fôr i egen husdyrproduksjon. Det er et relativt beskjedent marked for omsetning av gress direkte. Unntaket er salg av høy til hest og omsetning av surfôr og høy mellom husdyrprodusenter fra områder eller bruk som har overskudd av fôr til underskuddsområder. NILF-rapport nr.6, 1995:9.

produksjonsmetoder.⁴³ Økningen i traktorer er et godt eksempel på dette. Rundt 1950 var det om lag 10.000 traktorer, et tall som vokste til rundt 125.000 i 1975. (Brunstad, Gaasland, Vårdal, 1995:24). Produktivitetsveksten har redusert behovet for arbeidskraft. Ifølge NILF-notat 1999:25 som omhandler økonomien i jordbruket på Vestlandet i perioden 1989-1998, er arbeidsinnsatsen redusert med ca. 9%.⁴⁴ Det totale produksjonsomfanget har økt i samme tidsrom noe som tilsier at produksjonen har blitt mer effektiv. Nytt, bedre og mer effektivt mekaniseringsutstyr skulle derfor tilsi gode muligheter til å variere mellom innsatsen av arbeid, kapital og varer uten at produksjonen endres.

5.3 Kartlegging av kostnadene ved grovfôrproduksjon

Kostnadene ved grovfôrproduksjon vises ikke eksplisitt i regnskapet til modellbruket; dvs. at de ikke er skilt ut fra de øvrige kostnadene. Disse må derfor kartlegges, og grovfôrproduksjonen må modelleres som en egen sektor før vi kan analysere substitusjonsmulighetene mellom førsortene. Figur 12 viser innsatsfaktorene ved fremstillingen av grovfôret. I det følgende vil jeg estimere grovfôrproduksjonens andel av modellbrukets totale kostnader til disse innsatsfaktorene. Totalkostnadene på modellbruket er hhv. 220.639 kroner for arbeid, 166.244 kroner for kapital og 154.864 kroner for varer.

5.3.1 Fordeling av arbeidsinnsatsen på bruket

Jeg vil her gi et anslag på andelen av det totale arbeidsforbruket som går til hhv. våronn- og høstingsarbeid. Antall årsverk⁴⁵ som jobbes på modellbruket er 1,86 (3.488 timer) der familiarbeid utgjør 1,44 årsverk (2.700 timer) og innleid⁴⁶ arbeid 0,42 årsverk (788 timer). Kartleggingen av timetallet som brukes i våronnen og under gresshøstingen gjøres med utgangspunkt i tall fra Håndbok for driftsplanlegging, 1998/1999, som igjen bygger på NILF-

⁴³ Produktivitetsvekst har preget næringen fra midten av det forrige århundret og frem til i dag. Etter den andre verdenskrigen skjøt veksten ordentlig fart. Kapitalutstyret ble bedre og maskinparken på gårdene ble større. Bedre avlsarbeid og dyrkningsmetoder var også avgjørende for veksten.

⁴⁴ Gjelder for de melkeproduksjonsbrukene som er med i driftsgranskningene i perioden 1991-1998.

⁴⁵ Et årsverk i jordbruket er lik 1875 timer.

⁴⁶ Innleiing av arbeidskraft skjer i forbindelse med våronn- og høstingsarbeid, ferier og sykdom.

rapport nr. 6, 1995. Rapporten gjengir resultatene fra to forsøk i gresshøsting i årene 1986-92.⁴⁷

Mekaniseringsutstyret er valgt utfra det fylkesagronom Romarheim ved Fylkeslandbrukskontoret i Bergen mener er mest vanlig på Vestlandet. Han sier at den direkte høstemetoden er dominerende i denne delen av landet. Dette er en av flere høstemetoder for gress som skal ensileres til surfôr.⁴⁸ Høstingen foregår ved hjelp av traktor, fôrhøster og tilhenger, der fôrhøsteren slår gresset og blåser det direkte over i transportutstyret.⁴⁹ Deretter transporteres gresset inn og legges i silo. Det er også rimelig å anta at det høstes 2 ganger i løpet av året, der 1. høst er i perioden 01.06-24.06 og 2. høst fra 01.08-14.08.

Arbeidsforbruket ved forskjellig jordbruksarbeid vil variere mye pga ulik mekanisering, areal, avling og buskapsstørrelse, arrondering⁵⁰, personlige forhold etc. Tabellene 8-11 viser tall for timer per dekar for de ulike arbeidsoppgavene. Det laveste tallet gjelder gode arbeidsforhold på rasjonelle enheter. Lave tall for høsting og transport kan også skyldes små avlinger. Det høyeste tallet gjelder for noe mindre rasjonelle enheter der blant annet arrondering og vanskelige arbeidsforhold er med på å hemme arbeidet. Jeg velger å ta utgangspunkt i gjennomsnittet av disse tallene, som er tallet i parentes.

Vårnnonnarbeidet består av jordarbeiding, kalking⁵¹, spredning av handelsgjødsel /kunstgjødsel, spredning av husdyrgjødsel, tilleggsgjødsling med handelsgjødsel og kjemisk plantevern.⁵² Jeg velger å se vekk fra eventuelt vanningsarbeid ettersom det på Vestlandet ved normal nedbørsmengde vanligvis ikke er behov for dette.

⁴⁷ Hovedvekten er lagt på data om arbeidsforbruk og de faktorer som kan forklare forskjeller i arbeidsforbruket, først og fremst mekanisering og produksjonsforhold. Rapporten viser resultater fra alle aktuelle arbeidsoperasjoner og for det utstyret som er mest vanlig.

⁴⁸ Andre metoder er totrinnshøsting, rundballensilering og høyberging. Se NILF-rapport nr.6, 1995 for detaljer.

⁴⁹ Det finnes ulike typer fôrhøstere, for eksempel utstyr som kutter gresset i mindre deler og ulike typer transportutstyr som avlessevogn og vossakasse.

⁵⁰ Gir en landeiendom naturlige, rasjonelle grenser ved å erverve mellomliggende landstykker.

⁵¹ Vi kalker for å gjøre jorden mindre sur, for å få bedre struktur i jorden slik at luft slipper inn og røttene kan trenge gjennom.

⁵² Sprayer ved god vekst på alle planter ca. 1 uke etter kunstgjødsling. Brukes for å kvele ugress.

Tabell 8. Arbeidskravet ved jordarbeiding.

Operasjon	Metode	Time per dekar
Såing av gress	Gressfrøsamaskin 2,5 m	0,1-0,15
Pløying	2 skjærs plog	0,4-0,6
Harving	2,4 m arb.bredde	0,1-0,2
Tromling	3,3 m arb.bredde	0,05-0,1
Sum		0,65-1,05(0,85)

Tabell 9. Øvrig arbeidsforbruk i våronnen.

Operasjon	Mekanisering	Timer per dekar
Kalking	Gjødselspreder med bulk	0,04-0,07
Spredning av handelgjødsel	Sentrifugalspreder Småsekk, spredebredde 8-10m	0,04-0,14
Spredning av husdyrgjødsel 1. høst	Tankvogn t.o.m 3000 l	0,15-0,53
Spredning av husdyrgjødsel 2. høst	Tankvogn t.o.m 3000 l	0,15-0,53
Tilleggsgjødsling med handelsgjødsel	Sentrifugalspreder Småsekk, spredebredde over 8 m	0,03-0,07
Kjemisk plantevern	Traktorsprøyte	0,02-0,07
Sum arbeidsforbruk		0,43-1,41(0,92)

Tabell 10. Arbeidsforbruk ved klargjøring av lager og utstyr for høsting (tall i timer).

Direkte høsting	Timer per dekar
1.høsting	0,07-0,26
2.høsting	0,02-0,05
Sum arbeidsforbruk	0,09-0,31(0,2)

Mekaniseringsutstyret på bruket er en vossakasse som tipper grovfôret inn i siloen og arbeidsforbruket ved direkte høsting vises i tabell 11. Tallene omfatter arbeidet med slått, lessing, transport, avlessing og retur. (Håndbok for driftsplanlegging, 1998/99:105).

Tabell 11. Arbeidsforbruk ved slått, lessing, transport, avlessing og retur (tall i timer).

Direkte høsting	Timer per dekar
1. høst. fôr høster, vossakasse	0,6-1,3
2. høst. fôr høster, vossakasse	0,3-0,8
Sum arbeidsforbruk	0,9-2,1(1,5)

Multipliseres disse gjennomsnittstallene med modellbrukets størrelse på 168 dekar, finner vi at arbeidsforbruket til våronn- og høstingsarbeid utgjør tilnærmet 583 timer. Dette er 16,71%

av det totale arbeidsforbruket på 3.488 timer. Det øvrige arbeidsforbruket på gården utgjør da 83,29%. Arbeidskostnaden ved grovfôrproduksjon beregnes til 36.869 kroner.

5.3.2 Fordeling av kapitalinnsatsen på bruket

Jeg skal i det følgende, på tilsvarende måte som for arbeidsforbruket, gi et anslag på hvor stor andel av de totale kapitalkostnadene som kan henføres til utvendig mekanisering i aggregatet "øvrige driftsmidler" i figur 12.⁵³ Kapitalkostnaden knyttet til "fjøs" blir residualen. Kapitalkostnaden består av et kalkulert rentekrav og avskrivninger, definert som $K_C =$ (kapitalmengde * rentefot) + avskrivninger. (NILF-notat nr. 10, 1998:17). Kostnadsandelene beregnes med utgangspunkt i tall for et melkebruk med 12,5 årskyr på Vestlandet. (Referansebruk nr. 10, Referansebruksberegninger, 1999:88-91). Referansebruket har altså færre årskyr enn modellbruket som har 15. Tallene gjelder basisåret 1997. Tabell 12 viser at referansebrukets total kapital er på 1.174.802 kroner.

Tabell 12. Aktiva på referansebruk nr.10 (1997-1999).

Kapitaltype	Kroner
Bygninger	570.407
Traktorer	124.183
Andre maskiner og redskaper	100.353
Buskap	179.923
Andre aktivaposter	199.936
Sum	1.174.802

Kilde: Tabell 10-1, Referansebruksberegninger, 1999:88.

Av de oppgitte aktiva er det traktorer, maskiner og redskaper som utgjør utendørs mekanisering. Kapitalmengden til utendørs mekanisering fremstår ved å summere verdien av traktorer, maskiner og redskaper, som utgjør 224.536 kroner. Residualen av referansebrukets total kapital, som omfatter bygninger, buskap og andre aktivaposter blir da 950.266 kroner. Kapitalmengden til bygninger omfatter også innendørs mekaniseringsutstyr.

⁵³ Med utvendig mekanisering menes alt teknisk utstyr som vesentlig benyttes utendørs, som krever investering, og har en varighet slik at det er rimelig å avskrive over noen år.

Tabellene 13-15 viser inndelingen av de tre kostnadskomponentene til hhv. utendørs mekanisering ("øvrige driftsmidler") og øvrige poster på referansebruket ("fjøs"). Det forutsettes at grøfter, maskiner og redskaper og traktorer kan skrives av i "øvrige driftsmidler", mens vi i aggregatet "fjøs" kan skrive av driftsbygningen. Tallene i tabellene 13 og 14 har som kilde tabell 10-6, Referansebruksberegninger, 1999.

Tabell 13. Avskrivningskostnader utendørs mekanisering (tall i kroner).

Avskrivninger	Verdi 1997
Grøfter	2.941
Maskiner/redskap	10.625
Traktorer	12.823
Sum	26.389

Tabell 14. Avskrivningskostnader annen kapital (tall i kroner).

Avskrivninger	Verdi 1997
Driftsbygning	32.775
Sum	32.775

Ved beregning av rentekravet benyttes en rentefot på 6%. Satsen er fastsatt ut fra det generelle rentenivået ellers i samfunnet og vil derfor variere over tid. Det er her brukt samme rentefot som i driftsgranskningene for 1997. (Driftsgranskinger for jord- og skogbruk, 1997:23). Beregningen gjøres med utgangspunkt i inndelingen av kapitalmengden til utendørs mekanisering og øvrig kapitalmengde i tabell 12. Tabell 15 viser rentekravet til disse kategoriene.

Tabell 15. Rentekravet til utendørs mekanisering og annen kapital.

Post	Kapitalmengde	Rente	Rentekrav
"Fjøs"	950.266	0,06	57.016
"Øvrige driftsmidler"	224.536	0,06	13.472

Ved beregning av kapitalkostnaden benyttes følgende symboler:

$$K_C = \text{Total kapitalkostnad}$$

$$K_C^1 = \text{Kapitalkostnad øvrig, ("fjøs")}$$

$$K_C^2 = \text{Kapitalkostnad knyttet til utendørs mekanisering, ("øvrige driftsmidler")}$$

Kapitalkostnaden er beregnet som følger (alle tall i kroner):

$$K_C = K_C^1 + K_C^2, \text{ der}$$

$$K_C^i = \text{avskrivninger} + \text{rentekrav}$$

Settes det inn verdier fra tabellene 13 og 15 finner vi at:

$$K_C^1 = 32.775 + 57.016 = 89.791$$

Kapitalkostnaden til utendørs mekanisering er beregnet på tilsvarende måte:

$$K_C^2 = \text{avskrivninger} + \text{rentekrav}$$

Ved å sette inn verdier fra tabellene 12 og 15 får vi at:

$$K_C^2 = 26.389 + 13.472 = 39.861$$

Total kapitalkostnad blir dermed:

$$K_C = 129.652$$

Utendørs mekanisering utgjør således 30,74% av den totale kapitalkostnaden på referansebruket. Når denne prosentandelen nyttes på modellbruket, finner vi at kapitalkostnadene knyttet til utendørs mekanisering er 51.103 kroner.

5.3.3 Fordeling av vareinnsatsen på bruket

Varekostnadene på modellbruket utgjør, som nevnt i delkapittel 5.1, 154.864 kroner. Også disse ønsker vi å fordele på hhv. grovfôrproduksjon og øvrig drift. Utgangspunktet er igjen tabell 10-6, Referansebruksberegninger, 1999. Tabellene 16 og 17 viser kostnadspostene som inngår i begrepet varer, fordelt på de to aggregatene.⁵⁴

⁵⁴ Det kan diskuteres hvorvidt branntrygd, administrasjon og frakt, maskin- og beiteleie kan kalles en vare. Jeg mener likevel at dette er den mest passende betegnelsen ved inndeling.

Tabell 16. Varekostnader knyttet til øvrig drift.

Varer	Verdi 1997
Branntrygd	8.591
Andre kostnader sideprod.	123
Silovæske	4.572
Andre forbruksartikler	6.941
Elektrisk lys og kraft	9.680
Diverse til husdyrholdet	11.573
Administrasjon, frakt mv.	21.959
Sum	63.439

Tabell 17. Varekostnader knyttet til grovfôrproduksjon.

Varer	Verdi 1997
Leie av beite	93
Maskinleie	253
Kalksalpeter	793
Plantevernmidler	821
Jordleie	1.130
Kalk	1.696
Såfrø og planter	2.779
Drivstoff og olje	4.991
Fullgjødsel	17.596
Sum	30.152

Den totale varekostnaden, som oppnås ved å addere summen i tabell 16 og 17, er 93.591 kroner. Varer tilknyttet grovfôrproduksjon utgjør 32,22% av de totale varekostnadene. Denne prosentandelen benyttet på modellbruket, gir et beløp på 49.897 kroner.

Kostnaden ved grovfôrproduksjon blir således summen av kostnadene til innsatsfaktorene i aggregatet "øvrige driftsmidler" i figur 12, og arealkostnaden. Arbeid-, kapital- og varekostnaden er i dette delkapittelet beregnet til hhv. 36.869, 51.103 og 49.897 kroner, noe som gir en totalsum på 137.869 kroner. Legges dette beløpet sammen med arealkostnaden på 1.680 kroner, finner vi at utgiften ved fremstilling av grovfôr på modellbruket utgjør 139.549 kroner. Fordelt på 65.419 FEm, som vi skal se nedenfor er forbruket av grovfôr på modellbruket omgjort fra FFE til FEm, kan det beregnes en kostnad per FEm grovfôr på 2,13 kroner. Fra tabell 7, delkapittel 5.1 vet vi at kraftfôrkostnaden er 106.653 kroner. Fordelt på 37.321 FEm kraftfôr, som er forbruket av kraftfôr omgjort fra FFE til FEm, beregnes

kostnaden per FEm kraftfôr til 2,86 kroner. Dette er en enhetspris i godt samsvar med gjeldende kraftfôrpris i 1997, som var 2,94 kroner.⁵⁵

5.4 Utledning av fôrkombinasjoner for gitt produksjon

Med utgangspunkt i normene i tabell 1 og 2, delkapittel 2.6, vil jeg i dette delkapittelet søke å estimere minimumsinnsatsen og substitusjonsforholdene for fôrsortene.

5.4.1 Beregnet fôrbehov ut fra normer

Som nevnt ovenfor er det fôrnormene i delkapittel 2.6 som legges til grunn for inndelingen. Vi vet fra tabell 7 at modellbruket har et forbruk på 38.475 FFE kraftfôr og 55.440 FFE grovfôr. Fôrnormene er gitt i FEm, og energimengden må derfor omformes fra FFE til FEm. Under forutsetning om at grovfôret er surfôr eller høy av middels kvalitet og at kraftfôret er byggrøpp finner jeg i Småskrift 6/92: Statens fagtjeneste for landbruket, side 6, omregningsfaktorer på grovfôr og kraftfôr på hhv. 1,18 og 0,97. Multipliseres disse faktorene med antall FFE, får vi tilnærmet 65.419 FEm grovfôr og 37.321 FEm kraftfôr. Totalt antall FEm blir 102.740 FEm.

Modellbruket har som tidligere kommentert en melkeytelse på 88.963 liter per år, dvs. en gjennomsnittsyttelse på 5.931 liter per ku. Fordelt på 365 dager, gir dette en ytelse på 16,25 liter per dag per ku. Gitt at hver ku har en vekt på mellom 475-525 kg, sier tabell 1 at den trenger 4,5 FEm til vedlikehold, mens vi fra tabell 2 kan lese at den ved en ytelse under 20 kg har et energibehov på 0,44 FEm per kg EKM. Dagsbehovet i FEm blir da: $(4,5 \text{ FEm} + (16,25 \text{ kg} * 0,44 \text{ FEm})) = 11,65 \text{ FEm}$ per dag per ku, mens årsbehovet for M15-V blir: $(11,65 \text{ FEm} * 15 \text{ årskyr} * 365 \text{ dager}) = 63.783,75 \approx \underline{63.784 \text{ FEm}}$.

Beregningene er basert på en rekke ”biologiske” forenklinger og forutsetninger. Jeg velger for det første å se bort fra generelt proteinbehov, samt energi- og proteinbehov til vekst og fosterproduksjon som vist i tabell 3. Ifølge samtale med Gjefsen representerer ikke utelatelsen av proteinbehovet noen stor grad av forenkling. Energibehovet til vekst og fosterproduksjon vil derimot føre til et lavere anslag enn det normene tilsier. I tillegg forutsettes

⁵⁵ Kraftfôrprisen er gjennomsnittet av 3 typer drøvtyggerfôr i tabell 10-6, referansebruk nr. 10.

vedlikeholdsgrensen å være lik minimumsgrensen for grovfôrinnatts. Minimumsgrensen for opprettholdelse av normale vomfunksjoner er i realiteten lavere enn vedlikeholdsgrensen. Dersom bonden fôrer under den mengden som trengs for å opprettholde vekten, vil kuen tape vekt. Energiinntaket går da mot den reelle minimumsgrensen. Ettersom vi ikke har tall på minimumsgrensen for grovfôr antas disse å være like. Grovfôret forutsettes å være surfôr eller høy av middels kvalitet, siden dette er vanlig å bruke på Vestlandet. En annen forenkling er at jeg tar utgangspunkt i gjennomsnittlig årsytelse per ku. Et problem her er ifølge Gjefsen knyttet til det forhold at gjennomsnittlig ytelse for en melkeku ikke gir et fullstendig bilde på daglig ytelse, og dermed behovet for kraftfôr gjennom året. Dette forholdet medfører at en ku som har en ytelse på nærmere 6000 EKM per år må ha tilførsel av vesentlig mer kraftfôr i tiden etter kalving og mens den er i topp laktasjon enn det en gjennomsnittsbetraktning over vedlikeholdsbehov og grovfôropptak skulle tilsi. I perioden med størst behov for energi og protein vil også fysiske begrensninger og vommens gjæringskapasitet sette begrensninger på opptaket av grovfôr. Bruk av store rasjoner kraftfôr fører dermed til nedsatt grovfôropptak. Gjefsen tilrår derfor at jeg i modellen bruker en gjennomsnittlig kraftfôrinnatts på minst 25% til en ku som melker opp mot 6000 kg. En slik innsatts vil i modellen utgjøre 25.685 FEm, og som vi skal se i delkapittel 5.4.2 blir dette kravet tilfredsstilt.

Det er verdt å bemerke forskjellen i energibehovet fra normene og det som brukes på modellbruket. Differansen er på 38.956 FEm. En mulig årsak til avviket kan for eksempel være at jeg ser bort fra energibehovet til vekst- og fosterproduksjon i tabell 3 ved beregning av fôrbehovet utfra normene. I tillegg kan registrering av grovfôrmengde samt måling av korrekt tørrstoffinnhold og kvalitet i grovfôret være andre kilder til feil. Forutsetningen om at kyrene er i vektklasse 475-525 kg kan også gi utslag i forskjeller. I tillegg produseres det i liten grad kjøtt på bruket. Det registrerte fôrforbruket gir mest sannsynlig et godt bilde av det som brukes på gården. Ettersom kraftfôret kjøpes er det rimelig å anta at bonden har kontroll over dette fôrforbruket. I delkapittel 2.2 så vi at dette fôret utgjør i underkant av 40% av energiforsyningen. Grovfôret står dermed for litt over 60%, noe som stemmer godt overens med det som registreres på gården. Uansett vil det ved beregning av energibehovet være svært mange faktorer å ta hensyn til, og det sier seg selv at vi blir nødt å foreta forenklinger. Bruken av fôrnormene er her ment som et holdepunkt når en skal prøve å gi anslag på min - og maxgrenser for fôrinnatts.

5.4.2 Inndeling av fôrbehovet i et minimumsnivå og et substitusjonsmulighetsområde

Jeg vil nå søke å anslå min- og maxpunktene i figur 5, delkapittel 3.3. Fra kapittel 2 vet vi at appetittfôring med grovfôr er å anbefale. Tidligere er det gjort forutsetning om at grovfôret er surfôr eller høy av middels kvalitet. Tabell 4, delkapittel 2.7.1, sier da at en ku maksimalt kan ta opp 8 FEm daglig med grovfôr. Med dette som utgangspunkt finner man følgende punkter:

Max grovfôr, min kraftfôr:

Max grovfôr: $(8 \text{ FEm} * 15 \text{ årskyr} * 365 \text{ dager}) = \underline{43.800}$ FEm grovfôr.

Totalt fôrbehov per dag per ku vet vi er 11,65 FEm.

Kraftfôret utgjør da residualen: $(11,65 - 8) = 3,65$ FEm.

Min kraftfôr: $(3,65 \text{ FEm} * 15 \text{ årskyr} * 365 \text{ dager}) = 19.983,75 \approx \underline{19.984}$ FEm.

Max kraftfôr, min grovfôr:

Vi vet at kuen trenger minimum 4,5 FEm av grovfôr til vedlikehold. Det gjenstår da 7,15 FEm til produksjon, som utgjør en maksimal grense for kraftfôr.

Min grovfôr: $(4,5 \text{ FEm} * 15 \text{ årskyr} * 365 \text{ dager}) = \underline{24.638}$ FEm

Max kraftfôr: $(7,15 \text{ FEm} * 15 \text{ årskyr} * 365 \text{ dager}) = 39.146,25 \approx \underline{39.146}$ FEm

Totalt fôrbehov i henhold til normene er som nevnt 63.784 FEm. Minimumsbehovene for grovfôr og kraftfôr er hhv. 24.638 FEm og 19.984 FEm. Dette utgjør 38,63% for grovfôr og 31,33% for kraftfôr.

5.4.3 Anvendelse av minimumsbehovene på modellbruket

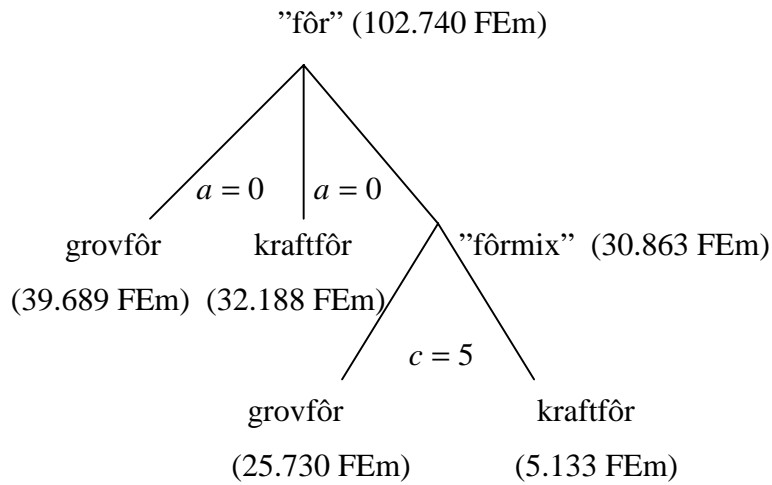
Minimumskravenes andeler av normert behov benyttet på modellbruket gir følgende energifordeling:

Grovfôr: $0,3863 * 102.740 = \underline{39.689}$ FEm

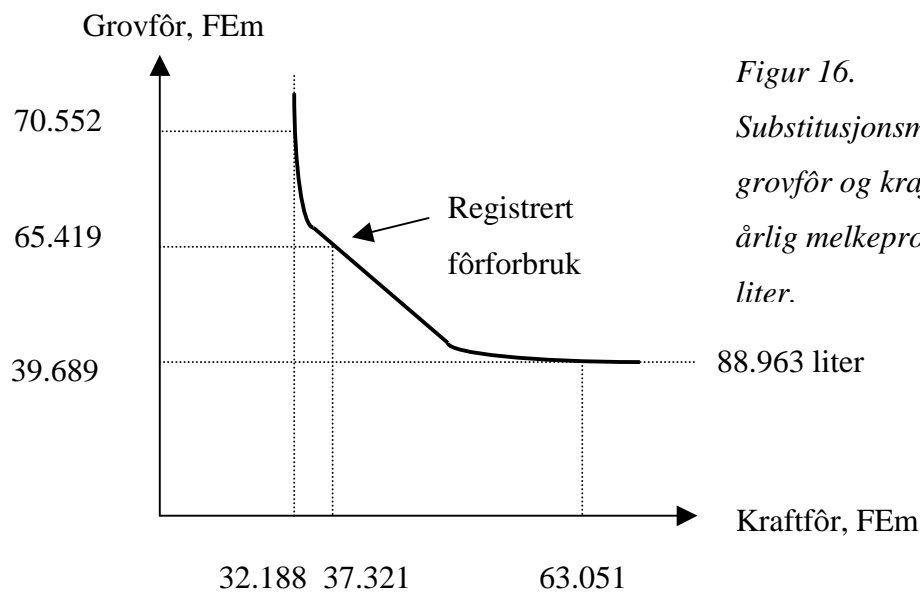
Kraftfôr: $0,3133 * 102.740 = \underline{32.188}$ FEm

Aggregatet "fôrmix": $0,3004 * 102.740 = \underline{30.863}$ FEm, fordelt på 25.730 FEm grovfôr og 5.133 FEm kraftfôr.

Figur 15. Sammensetningen av modellbrukets fôraggregat (mengder).



Isokvanten fra figur 5, delkapittel 3.3, kan nå presenteres som i figur 16. Den har en tilnærmet rettlinjjet form på midten, mens den krummer mot grensene. Substitusjonselastisiteten tar derfor ulike verdier langs isokvanten.



Figur 16.
Substitusjonsmulighetene mellom grovfôr og kraftfôr på M15-V gitt årlig melkeproduksjon på 88.963 liter.

For å finne den andel av fôrmengdene på modellbruket som kan henføres til minimumsbehovene benyttes følgende prosedyre:

$$\frac{\text{Min gfôr}}{\text{Total gfôr}} = \frac{\text{Min normert gfôr} / \text{Total normert gfôr}}{\text{Total gfôr modbruk} / \text{Total fôr modbruk}} = \frac{0,3863}{0,6367} = \underline{\underline{0,6067}}$$

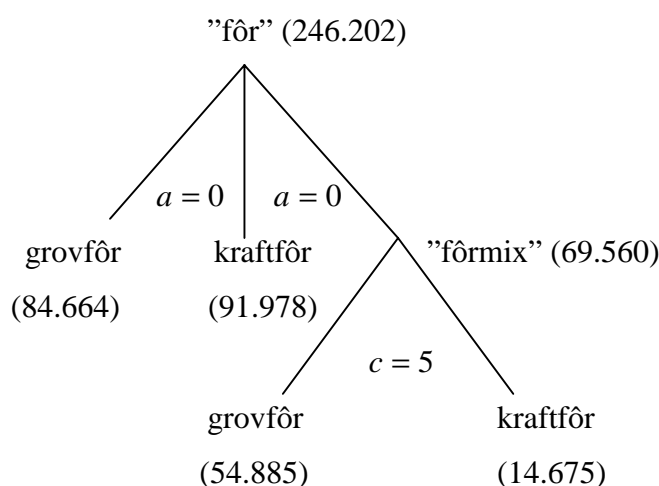
$$\frac{\text{Min kfôr}}{\text{Total kfôr}} = \frac{\text{Min normert kfôr} / \text{Total normert kfôr}}{\text{Total kfôr modbruk} / \text{Total fôr modbruk}} = \frac{0,3133}{0,3633} = \underline{\underline{0,8624}}$$

Minimumskravene utgjør dermed 60,67% av grovfôret og 86,24% av kraftfôret.

5.4.4 Fra FEm til kostnadsverdier

Omregnet fra mengde i FEm til verdier i kroner, finner vi at minimumsbehovene utgjør tilnærmet 84.664 kroner for grovfôr og 91.978 kroner for kraftfôr, som suppleres med grovfôr for 54.885 kroner og kraftfôr for 14.675 kroner.

Figur 17. Sammensetningen av modellbrukets fôraggregat (verdier).



Som nevnt i delkapittel 5.2 vil jeg her kort presentere utgangspunktet for modellering av fôraggregatet med metode 2. Ved å sette inn minimumskostnadene og totalkostnadsverdien i likningene (28), (29) og (4) fra delkapittel 3.2, kan parametrene γ , δ og ρ bestemmes. Når ρ er beregnet, finnes σ ved likning (5). Vi vet imidlertid fra drøftingen på substitusjonselastisiteten at σ må ligge mellom 0 og 1. Dermed vil ikke kravet om høy substitusjonselastisitet mellom fôrtypene over minimumsgrensene være oppfylt, og vi forfølger derfor ikke

denne metoden ytterligere. Når grovfôr og kraftfôr er gitt ved V_1 og V_2 , og den totale produksjonskostnaden er gitt ved X_0 kan likningene skrives som følger:

$$\frac{\lim V_1}{X_0} = \frac{\delta^{\frac{1}{\rho}}}{\gamma} = \frac{84.664}{246.202} \quad (32)$$

$$\frac{\lim V_2}{X_0} = \frac{(1-\delta)^{\frac{1}{\rho}}}{\gamma} = \frac{91.978}{246.202} \quad (33)$$

$$246.202 = \gamma (\delta 84.664^{-\rho} + (1-\delta) 91.978^{-\rho})^{\frac{1}{\rho}} \quad (34)$$

5.5 Analyse

Modellbrukets produktfunksjon, herunder substitusjonsforholdene mellom grovfôr og kraftfôr, er nå kartlagt. I dette delkapittelet skal vi studere gårdbrukerens respons på en endring i det relative prisforholdet mellom fôrsortene, gitt ulike verdier på substitusjonselastisiteten mellom grovfôr og kraftfôr.

Det antas at bonden er en prisfast kvantumstilpasser, dvs. at han står ovenfor gitte priser på produkter og innsatsfaktorer. Som et modellteknisk grep for å sikre dette innføres store importsektorer. Modellbrukets produserte kvantum av melk og storfe utgjør en svært liten del relativt til importen av de samme produktene. Dette gjelder også melke- og grovfôrsektorens etterspørsel etter de importerte innsatsfaktorene. Handelsbalanse opprettholdes i form av et tilsvarende tilbud av valuta, representert ved en eksportsektor. For å få til gitte faktorpriser antas det som et ytterligere teknisk grep at konsumentene har en stor beholdning av arbeid og kapital der mesteparten nyttes i eksportsektoren, mens en liten del etterspørres i melke- og grovfôrsektoren. En kunstig nyttesektor sørger for likevekt i varemarkedene, mens konsumentsektoren opprettholder budsjettbalansen.

5.5.1 Kalibreringsløsningen

Tabell 18. Kryssløpstabell for et melkebruk med 15 årskyr på Vestlandet (verdier).

	melke- sektor	grovfôr- sektor	import- sektorer	eksport- sektor	nytte- sektor	konsument
melk	290.909		10.000.000		-10.290.909	
storfe	86.439		10.000.000		-10.086.439	
krautfôr	-106.653		10.000.000		-9.893.347	
grovfôr	-139.549	139.549				
areal		-1.680	10.000.000		-9.998.320	
varer	-104.967	-49.897	10.000.000		-9.845.136	
nytte					50.114.151	-50.114.151
arbeid	-183.770	-36.869		-25.000.000		25.220.639
kapital	-115.141	-51.103		-25.000.000		25.166.244
tilskudd	272.732					-272.732
valuta			-50.000.000	50.000.000		

Tabell 18 viser datagrunnlaget for analysen. Dette datagrunnlaget representerer utgangslikevekten. Kolonnene for melke- og grovfôrsektoren summer opp til tallene i tabell 7. Utskillingen av grovfôrsektoren er gjort på grunnlag av andelene beregnet i delkapittel 5.3. Fôraggregatet vises ikke i tabell 18, men er modellert i hht. figur 17. Tabellen viser også at konsumentene betaler tilskuddet til melkesektoren. De øvrige sektorene utgjør som nevnt det modelltekniske grep for å sikre eksogent bestemte priser.

Det er i nyttesektoren valgt en substitusjonselastisitet lik 1 mellom alle varer og faktorer. Elastisitetsverdien trenger ingen videre kommentar ettersom vi ikke kjenner konsumentenes preferansestruktur. Interessen for nyttesektoren begrenses til dens funksjon som en del av verktøyet for å eksogenisere prisene. I tillegg spesifiseres prisen på nytte som numeraire, dvs. de relative prisendringene tolkes i forhold til prisindeksen over de varene konsumentene etterspør. Etter å ha lagt verdiene fra kryssløpstabellen, i tillegg til de drøftede elastisiteter fra delkapittel 5.2 inn i MPSGE, svarer programmet med å finne kalibreringsløsningen.⁵⁶

5.5.2 Alternativ beregning

I den alternative beregningen endres det relative prisforholdet mellom fôrsortene. Deretter rettes søkelyset mot gårdbrukerens etterspørsel etter fôrsortene ved ulike verdier på

⁵⁶ Se vedlegg 3 a og b, modell: Oppgave.

substitusjonselastisiteten mellom grovfôr og kraftfôr. I beregningen antar vi at det innføres en 20% avgift på kraftfôr.⁵⁷ Ettersom modellbruket forutsettes å ha konstant skalaavkastning i produksjonen, og er prisfast kvantumstilpasser i både produkt- og faktormarkedet, vil en slik prisstigning, alt annet likt, resultere i at bonden legger ned gårdsdriften. Slik modellen er konstruert vil selv marginale kostnadsøkninger gjøre produksjonen ulønnsom. Dette skyldes selvsagt at prisene er faste. For å sikre at produksjonen opprettholdes som før, innføres det en minimumsrestriksjon. Tolkningen av dette er at bruket gis støtte slik at aktivitetsnivået er uendret. MPSGE vil i løsningen returnere en verdi som tilsvarer denne endogent bestemte subsidiesatsen. Etter denne korrigeringen blir analysens kjerne å forklare hva som skjer dersom vi endrer det relative prisforholdet mellom grovfôr og kraftfôr, gitt at produksjonen på bruket skal være uendret.

Analysen foretas med to ulike forutsetninger om substitusjonselastisitetens størrelse, hhv. lav elastisitet (0,5) og høy elastisitet (5). Resultatene presenteres i tabellene 19 og 20, hvor aktivitetsnivåene som i delkapittel 4.3 er de uthevede tallene i sektorkolonnene, mens de øvrige verdiene representerer forholdstallet mellom etterspurt kvantum i den alternative beregningen og i kalibreringsløsningen.⁵⁸ I konsumentkolonnen finner vi endringen i konsumentens beholdning av arbeid og kapital, mens endringen i de relative prisene står i kolonnen ytterst til høyre. Fôrsortenes minimumsnivå vises i rekkene for grovfôr og kraftfôr i melkesektoren. Aggregatet "fôrmix" er som nevnt modellert som egen sektor i MPSGE. Vi finner det i tabellene 19 og 20 som produktet fôrmix i substitusjonssektoren. Støtten bruket må tilføres vises som subsidiesatsen med uthevet skrift nederst i kolonnen for melkesektoren. Støtten er av praktiske årsaker lagt på storfeproduksjon i modellen. Dette har ingen betydning ettersom transformasjonselastisiteten er lik 0. MPSGE har i tilfellet med lav elastisitet beregnet denne til 24,6%.

⁵⁷ Se vedlegg 3 c, modell: Oppgave.

⁵⁸ Se vedlegg 3 d og e, modell: Oppgave.

Tabell 19. Resultater ved lav substitusjonselastisitet ($s = 0,5$).

M15-V	melke- sektor	grovfôr- sektor	substitusjons- sektor	import- sektorer	eksport- sektor	nytte- sektor	konsument	Pris
melk	1,000			1,000		1,000		1,000
storfe	1,000			1,000		1,000		1,000
fôrmix	1,000		1,000					1,041
kraftfôr	1,000		0,931	1,000		1,000		1,200
grovfôr	1,000	1,008	1,020					1,000
areal		1,008		1,000		1,000		1,000
varer	1,000	1,008		1,000		1,000		1,000
nytte						1,000	1,000	1,000
valuta					1,000			1,000
arbeid	1,000	1,008			1,000		1,000	1,000
kapital	1,000	1,008			1,000		1,000	1,000
subsidie	0,246							

Prisstigningen på 20% vises i priskolonnen. Dette er bondens pris på kraftfôret. I MPSGE-utskriften er kraftfôrprisen lik 1, og tilsvarende prisen importøren må betale. Hvilken effekt har så den lave substitusjonselastisiteten når kraftfôr er blitt dyrere? Aktivitetsnivået i grovfôrsektoren er et veiet snitt av etterspørselen etter grovfôr i melke- og substitusjonssektoren. Produksjonen av grovfôr øker med 0,8 %, som en konsekvens av økningen i etterspørselen etter grovfôr i substitusjonssektoren på 2%. Det proporsjonalt økte forbruket av innsatsfaktorene i grovfôrproduksjonen kommer frem i den respektive sektorkolonnen. Effekten av det nå dyrere kraftfôret gir seg i substitusjonssektoren utslag i form av redusert etterspørsel etter kraftfôr med 6,9%, og økt relativ pris på produktet fôrmix på 4,1%. Den relative prisøkningen i forhold til konsumentens pris på nytte kan ses i priskolonnen. Dette kan tolkes som et velferdstap i forbindelse med restriksjonen om uendret aktivitetsnivå i melkesektoren. Bonden utnytter substitusjonsmuligheten og øker som nevnt sin grovfôrinnsats. Vridningen i faktorforholdet mellom grovfôr og kraftfôr gir ikke utslag i aktiviteten i substitusjonssektoren, dette forklares av Leontief-forbindelsen mellom fôrsortenes minimumsbehov og produktet fôrmix, samt uendret etterspørsel fra melkesektoren. Det er innføringen av restriksjonen om uendret aktivitetsnivå i melkesektoren kombinert med en toppnivå-elastisitet lik 0, som gir samme produksjon som tidligere. Aktivitetsnivåene i utenlandssektorene er tilnærmet uendret. MPSGE har returnert verdien 1 på aktivitetsnivåene i disse sektorene. Verdiene er avrundet, og skjuler endringer på 4 og 5 desimal i importsektorene og i eksportsektoren som følge av den økte aktiviteten i grovfôrsektoren. De tilnærmet uendrede aktivitetsnivåene er resultater av modellens konstruksjon som skal sikre at kraftfôravgiften på hjemmemarkedet ikke påvirker

verdensmarkedsprisen. Resultatene ved tilfellet med høy substitusjonselastisitet ($s = 5$) går frem av tabell 20.⁵⁹

Tabell 20. Resultater ved høy substitusjonselastisitet ($s = 5$).

M15-V	melke- sektor	grovfôr- sektor	substitusjons- sektor	import- sektorer	eksport- sektor	nytte- sektor	konsument	pris
melk	1,000			1,000		1,000		1,000
storfe	1,000			1,000		1,000		1,000
fôrmix	1,000		1,000					1,029
kraftfôr	1,000		0,464	1,000		1,000		1,200
grovfôr	1,000	1,061	1,155					1,000
areal		1,061		1,000		1,000		1,000
varer	1,000	1,061		1,000		1,000		1,000
nytte						1,000	1,000	1,000
valuta					1,000			1,000
arbeid	1,000	1,061			1,000		1,000	1,000
kapital	1,000	1,061			1,000		1,000	1,000
subsidie	0,236							

Støtten bruket må tilføres for å opprettholde produksjonen er, ved en substitusjonselastisitet lik 5, beregnet til 23,6%. Subsidiene er mindre enn ved forrige beregning hvilket er rimelig når mulighetene for substitusjon har økt. Aktivitetsnivåene i utenlandssektorene skjuler naturligvis også i dette tilfellet endringer på 4 og 5 desimal i importsektorene og i eksportsektoren. Den relativt store substitusjonselastisiteten forsterker effektene fra tilfellet med lav elastisitet. Grovfôrsektorens aktivitetsnivå ekspanderer med 6,1% for å møte den økte etterspørselen i substitusjonssektoren på 15,5%. Etterspørselen etter kraftfôr er i denne sektoren sterkt redusert, nedgangen måles til 53,6%. Økningen i den relative prisen på kraftfôr, gjør at bonden benytter seg av de forbedrede substitusjonsmulighetene og øker grovfôrinnsetningen. Overgangen til større bruk av den relativt rimelige fôrsorten gir en prisøkning på produktet fôrmix på 2,9%. Prisen er fremdeles større enn 1, som den er i kalibreringsløsningen. Dette er en naturlig konsekvens siden produktet fremstilles av to fôrsorter hvis innsats er positiv, samt at den ene har økt med 20%. Aktivitetsnivået i substitusjonssektoren er som tidligere, og argumentasjonen er som i tilfellet med lav elastisitet. Minimumsbehovet av kraftfôr utgjør 86,24% av kraftfôrkostnaden. Økningen i kraftfôrets pris i forhold til prisen på nytte gjør det derfor svært kostbart for gårdbrukeren. Stigningen i den relative prisen på produktet fôrmix i forhold til kalibreringsløsningen er med på å høyne bondens kostnader ytterligere. Han benytter seg av substitusjonsmulighetene i

⁵⁹Se vedlegg 3 e, modell: Oppgave.

substitusjonssektoren, men det skal en svært stor elastisitet⁶⁰ til før bonden satser på ensidig grovfôrproduksjon.

5.5.3 Oppsummering

Målet for analysen var å betrakte gårdbrukerens endring i etterspørselen etter grovfôr og kraftfôr gitt en vridning i det relative prisforholdet, og ved ulike verdier på substitusjonselastisiteten mellom fôrsortene. Innføringen av en nødvendig restriksjon om uendret aktivitetsnivå i melkesektoren, samt antagelsen om at bonden ikke har substitusjonsmuligheter mellom innsatsen av fôr og faktorene i aggregatet "fjøs", gir oss rendyrkede endringer i forholdet mellom grovfôr og kraftfôr. Resultatene er som forventet: såfremt substitusjonselastisiteten er større enn 0 i substitusjonssektoren, velger bonden å substituere seg mot større innsats av det nå relativt billigere grovfôret. Denne effekten forsterkes naturligvis ved høyere elastisitet. Ettersom minimumsbehovet av kraftfôr utgjør en stor del av kraftfôrkostnaden, vil økningen i kraftfôrets pris relativt til prisen på nytte gjøre det svært kostbart for gårdbrukeren. Substitusjonsmulighetene gir ham fordeler i substitusjonssektoren, men kraftfôravgiften øker den relative prisen på produktet fôrmix, og bondens kostnader øker ytterligere.

⁶⁰ Forsøk viser at ved en substitusjonselastisitet lik 130 vil bonden slutte å etterspørre kraftfôr i substitusjonssektoren.

Kapittel 6 Sammendrag

Fokus har i denne oppgaven vært rettet mot muligheten for faktorsubstitusjon i melkeproduksjonen, spesielt mellom fôrmidlene grovfôr og kraftfôr. Som mål på substituerbarheten mellom innsatsfaktorene beskrev jeg i første del av arbeidet begrepet substitusjonselastisitet og en produktfunksjon, CES, som tillater stor bevegelighet i substitusjonsforholdene.

Ut fra eksisterende litteratur som nytter CES-funksjonen for å beskrive graden av substitusjonsmuligheter mellom fôrsortene, argumenterte jeg for at substitusjonselastisiteten kan ta relativt høye verdier innenfor et begrenset intervall. Begrunnelse for denne avgrensningen har støtte i et ”biologikapittel” som omhandler fôrmidlene og kuens næringsbehov. Vi så her at underfôring med grovfôr og overfôring med kraftfôr kan få uheldige konsekvenser.

I oppgavens andre del beskrev jeg modellverktøyet MPSGE, et program for generell likevektsmodellering. Programmet ble benyttet for å modellere produktfunksjonen til et melkebruk på Vestlandet. Målet for analysen var å studere endringen i gårdbrukerens etterspørsel etter grovfôr og kraftfôr ved innføring av en 20% avgift på kraftfôr ved ulike verdier på substitusjonselastisiteten mellom fôrsortene. Konsekvensen av dette ble en vridning mot større etterspørsel etter grovfôr på bekostning av kraftfôr, og derved økt aktivitetsnivå i grovfôrsektoren. Effektene ble forsterket ved høyere substitusjonselastisitet. Kraftfôravgiften ga seg også utslag i form av økt relativ pris på produktet fôrmix i substitusjonssektoren.

Modellens konstruksjon og restriksjonen som er pålagt, har ført til rendyrkede effekter mht. substitusjonsforholdet mellom fôrsortene. Bonden benytter seg av omstillingsmulighetene i substitusjonssektoren i den grad det tillates.

Litteraturliste

Blackorby, C., Russel, R (1989): *Will the real elasticity og substitution please stand up?*

The American Economic Review, september 1989.

Brooke, A., Kendrick, D., Meeraus, A (1992):

GAMS- RELEASE 2.25

The Scientific Press.

Brunstad, R. J., Gaasland, I, Vårdal, E (1995):

Utvikling eller avvikling - jordbruket ved en skillevei.

Gyldendals forlag.

Budsjettnemda for jordbruket (1997): *Referansebruksberegninger.*

Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning.

Chambers, R.G (1988): *Applied Production Analysis – A dual approach.*

Cambridge University Press.

de La Grandville, O (1997): *Curvature and the elasticity of substitution.*

Journal of economics, Vol. 66.

Ekern, A (1977): *Fôring av mjølkeku.*

Landbruksforlaget, Oslo.

Giæver, H (1979): *Ytelsesnivået i melkeproduksjonen.*

Memorandum, Norges landbrukshøyskole.

Gjefsen, T (1999): *Husdyrlære.*

Landbruksforlaget, Oslo.

Gjefsen, T (1995): *Fôringslære.*

Landbruksforlaget, Oslo.

Heady, E. O., Dillon, J. L (1960): *Agricultural Production Functions.*

Iowa State University Press, Ames, Iowa.

Hovland, I., Kleppa, S (1998): *Ei analyse av kostnader i norsk mjølkeproduksjon
frå 1972 til 1996.*

Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning, notat nr. 10.

Husdyrkontrollen (1998): *Registrering av ytelse og fôrforbruk.*

Kukontrollen, Tine meierier.

- Kittelsen, S. A. C (1985):** *Hushold i generelle likevektsmodeller, MPSGE og MISMOD: bakgrunn, egenskaper og modellering.*
Hovedoppgave ved Universitetet i Bergen.
- Knutsen, H (1998):** *Økonomien i jordbruket på Vestlandet i perioden 1989-1998.*
Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning, notat nr. 25.
- Mathiesen, L (1992):** *MISMOD-88*
Stiftelsen for samfunns- og næringslivsforskning, rapport nr. 26.
- NILF (1997):** *Driftsgranskinger i jord- og skogbruk, regnskapsresultater 1997.*
Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning.
- NILF (1998):** *Handbok for driftsplanlegging (1998/99).*
Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning.
- Norum, L (1974):** *Virkinger av førkjøp på driftsresultatet i jordbruket.*
Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning.
- Rutherford, T. H (1998):** *Modeling General Equilibrium Problems with GAMS.*
GAMS Development Corporation.
- Schioldrop, B (1999):** *Kraftfôr ulønnsomt til kyr på beite.*
Tidsskriftet Norsk landbruk nr. 15.
- Skar, R (1995):** *Arbeidsforbruket ved grashøsting.*
Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning, rapport nr.6.
- Skjevdal, T., Brenne, T., Herstad, O. M (1992):** *Energi.*
Småskrift nr.6, Statens fagtjeneste for landbruket.
- Sydsæter, K (1994):** *Matematisk analyse, bind 1.*
Universitetsforlaget, Oslo.
- Thonstad, T (1964):** *To eksempler på analytiske produktfunksjoner.*
Memorandum, sosialøkonomisk institutt, Universitetet i Oslo.
- Varian, H. R (1992):** *Microeconomic Analysis, third edition.*
Norton & Company.

Vedlegg 1.

Hovedtrekk i GAMS/MPSGE syntaksen

En MPSGE modell spesifiseres alltid mellom et \$ONTEXT:- og \$OFFTEXT: symbol, og det første uttrykket som skrives inn, \$MODEL:, må etterfølges av et navn på modellen. Spesifikasjonen starter med å deklare variablene som skal være med. Dette gjøres ved å gi navn på de ulike sektorer, varer, konsumenter og eventuelle ekstra variabler. De fire nøkkelordene for å definere variablene er: \$SECTORS:, \$COMMODITIES:, \$CONSUMERS: og \$AUXILIARY. Variablene som skal assosieres med sektorene, varene og konsumentene er hhv. aktivitetsnivå, priser og inntektsnivå.

Funksjonsspesifikasjonen følger variabeldeklarasjonen og karakteriserer flernivå CES-funksjoner som beskriver både teknologi og preferanser. Symbolet \$PROD: betegner produksjonssektoren og skal spesifiseres for hver sektor i modellen. I MPSGE syntaksen betegner I: navnet på en innsatsfaktor og O: navnet på den produserte varen. Disse har begge tilsvarende "kvantumsfelt", Q:, som indikerer et referanse faktor- eller produksjonsnivå på varen. Nyttedefunksjonen og konsumentens initialbeholdning karakteriseres i en \$DEMAND: blokk, og disse må spesifiseres for hver konsument. Her vil postene E: og D: representere hhv. navnet på en innsatsfaktor som konsumenten har i sin beholdning og navnet på en vare som konsumenten etterspør. Vi finner også her tilsvarende "kvantumsfelt" Q: som viser hvor stor initialbeholdningen er og hvor mye som etterspørres av en vare.

"Benchmark"- verdier for alle aktivitetsnivå og priser er i MPSGE lik den uteblitte verdien 1. Dette gjør at vi kan spesifisere verdier i Q: -feltet direkte fra "benchmark"- dataene. Et P: -felt er et referansepriserfelt. Prisen måles som en brukerkostnad før skatt. Verdien 1 blir innsatt dersom et Q: eller P:- felt mangler.

MPSGE tillater innføring av avgifter og subsidier. En skatt/subsidie kan innføres i en produksjonssektor, men ikke i en \$DEMAND blokk. Avgiften/subsidien kan påføres innsatsfaktorer eller produserte varer i en sektor. MPSGE lar symbolet T: betegne en ad-valorem skattesats mens A: karakteriserer mottakeren av skatteinntektene. Programmet krever at A: -feltet spesifiseres før T: -feltet. Et viktig poeng er at en endring i en avgift-/subsidiesats i forhold til hva den er i en "benchmark"- likevekt ikke vil ha noen effekt på P: - feltet. Sammen med kvantum karakteriserer prisen et referanselikevektspunkt som er upåvirket av

senere endringer i de eksogene parametrene. Det er substitusjonselastisitetene sammen med referanse kvantum og -priser på innsatsfaktorer og produserte goder som entydig karakteriserer de underliggende flernivå CES-funksjonene. (Se Rutherford, 1998:56-58).

I tillegg til å få rapportert verdier på de fire variablene nevnt innledningsvis, er det ofte av interesse å definere flere variabler som vi vil ha refundert verdier på. Disse omfatter goder og innsatsfaktorer i en sektor og individuelle konsumenters etterspørsel. En slik definisjon gjøres ved bruk av symbolet \$REPORT. For at dette skal gå riktig for seg krever syntaksen at man etter uttrykket V:, skriver inn navnet på variabelen som den utregnede verdien skal returneres til, for deretter i neste kolonne ved en I:, O:, D:, eller W:, beskrive om varenavnet er en innsatsfaktor, et produkt, et etterspurt gode eller et inntektsnivå. I tredje og siste kolonne skal uttrykket PROD: eller DEMAND: etterfølges av gjeldende sektors navn.

\$OFFTEXT- symbolet avslutter modellbeskrivelsen. Deretter følger kommandoene \$SYSINCLUDE mpsgeset modellnavn, \$INCLUDE modellnavn.gen og SOLVE MODELLNAVN USING MCP; som påkaller MPSGEs løsemotor, genererer og løser modellen.

Vedlegg 2a. Program kalibreringsløsning

\$ONTEXT

SAM

	jsektor	asektor	nsektor	kons
jvarer	100		-100	
avarer		90	-90	
nytte			190	-190
arbeid	-20	-80		100
kapital	-70	-10		80
areal	-10			10

\$ONTEXT

\$MODEL:Eksempel

\$SECTORS:

jsektor
asektor
nsektor

\$COMMODITIES:

jvarer
avarer
nytte
arbeid
kapital
areal

\$CONSUMERS:

konsument

\$PROD:jsektor s:0.5 a:2

O:jvarer Q: 100
I:arbeid a: Q: 20
I:kapital a: Q: 70
I:areal Q: 10

\$PROD:asektor s:1

O:avarer Q:90
I:arbeid Q:80
I:kapital Q:10

```
$PROD:nsektor s:1
  O:nytte Q:190
  I:jvarer Q:100
  I:avarer Q: 90
```

```
$DEMAND:konsument s:1
  E:arbeid Q:100
  E:kapital Q: 80
  E:areal Q: 10
  D:nytte Q:190
```

```
$REPORT:
```

```
V:xjvar O:jvarer PROD:jsektor
V:zjvararb I:arbeid PROD:jsektor
V:zjvarkap I:kapital PROD:jsektor
V:zjvararea I:areal PROD:jsektor

V:xavar O:avarer PROD:asektor
V:zavararb I:arbeid PROD:asektor
V:zavarkap I:kapital PROD:asektor

V:xn O:nytte PROD:nsektor
V:znjvar I:jvarer PROD:nsektor
V:znavar I:avarer PROD:nsektor

V:inntekt D:nytte DEMAND:konsument
V:velferd W:konsument
```

```
$OFFTEXT
```

```
$SYSINCLUDE mpsgeset Eksempel
```

```
jvarer.fx=1
```

```
$INCLUDE Eksempel.gen
```

```
SOLVE Eksempel USING MCP;
```

Vedlegg 2b. Kalibreringsløsning

		S O L V E		S U M M A R Y	
		LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
----	VAR JSEKTOR	.	1.000	+INF	.
----	VAR ASEKTOR	.	1.000	+INF	.
----	VAR NSEKTOR	.	1.000	+INF	.
----	VAR JVARER	1.000	1.000	1.000	EPS
----	VAR AVARER	.	1.000	+INF	.
----	VAR NYTTE	.	1.000	+INF	.
----	VAR ARBEID	.	1.000	+INF	.
----	VAR KAPITAL	.	1.000	+INF	.
----	VAR AREAL	.	1.000	+INF	.
----	VAR KONSUMENT	.	190.000	+INF	.
----	VAR XJVAR	.	100.000	+INF	.
----	VAR ZJVARARB	.	20.000	+INF	.
----	VAR ZJVARKAP	.	70.000	+INF	.
----	VAR ZJVARAREA	.	10.000	+INF	.
----	VAR XAVAR	.	90.000	+INF	.
----	VAR ZAVARARB	.	80.000	+INF	.
----	VAR ZAVARKAP	.	10.000	+INF	.
----	VAR XN	.	190.000	+INF	.
----	VAR ZNJVAR	.	100.000	+INF	.
----	VAR ZNAVAR	.	90.000	+INF	.
----	VAR INNTEKT	.	190.000	+INF	.
----	VAR VELFERD	.	1.000	+INF	.

Definisjoner:

JSEKTOR – jordbrukssektor

ASEKTOR – annen sektor

NSEKTOR – nyttesektor

JVARER – jordbruksvarer

AVARER – andre varer

XJVAR – produsert kvantum av jordbruksvaren

ZJVARARB- innsatsfaktoren arbeid i produksjonen av jordbruksvaren

ZJVARKAP- innsatsfaktoren kapital i produksjonen av jordbruksvaren

ZJVARAREA – innsatsfaktoren areal i produksjonen av jordbruksvaren

XAVAR – produsert kvantum av avarer

ZAVARARB – innsatsfaktoren arbeid i produksjonen av avarer

ZAVARKAP – innsatsfaktoren kapital i produksjonen av avarer

XN – produsert kvantum av nytte i nyttesektoren

ZNJVAR – innsatsfaktoren jvarer i produksjonen av nytte

ZNAVAR – innsatsfaktoren avarer i produksjonen av nytte

Vedlegg 2c. Program alternativ beregning

SAM

	jsektor	asektor	nsektor	kons
jvarer	100		-100	
avarer		90	-90	
nytte			190	-190
arbeid	-20	-80		100
kapital	-70	-10		80
areal	-10			10

\$ONTEXT

\$MODEL:Eksempel

\$SECTORS:

jsektor
asektor
nsektor

\$COMMODITIES:

jvarer
avarer
nytte
arbeid
kapital
areal

\$CONSUMERS:

konsument

\$PROD:jsektor s: 0.5 a:2

O:jvarer Q: 100
I:arbeid a: Q: 20
I:kapital a: Q: 70
I:areal Q: 10

\$PROD:asektor

s:1

O:avarer Q:90
I:arbeid Q:80
I:kapital Q:10

\$PROD:nsektor s:1

O:nytte	Q:190
I:jvarer	Q:100
I:avarer	Q: 90

\$DEMAND:konsument s:1

E:arbeid	Q:200
E:kapital	Q: 80
E:areal	Q: 10
D:nytte	Q:190

\$REPORT:

V:xjvar	O:jvarer	PROD:jsektor
V:zjvararb	I:arbeid	PROD:jsektor
V:zjvarkap	I:kapital	PROD:jsektor
V:zjvararea	I:areal	PROD:jsektor

V:xavar	O:avarer	PROD:asektor
V:zavararb	I:arbeid	PROD:asektor
V:zavarkap	I:kapital	PROD:asektor

V:xn	O:nytte	PROD:nsektor
V:znjvar	I:jvarer	PROD:nsektor
V:znavar	I:avarer	PROD:nsektor

V:inntekt	D:nytte	DEMAND:konsument
V:velferd	W:konsument	

\$OFFTEXT

\$SYSINCLUDE mpsgeset Eksempel
jvarer.fx=1
\$INCLUDE Eksempel.gen
SOLVE Eksempel USING MCP;

Vedlegg 2d. Løsning alternativ beregning

Beholdningen av arbeidskraft øker med 100

	S O L V E		S U M M A R Y	
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR JSEKTOR	.	1.235	+INF	.
---- VAR ASEKTOR	.	1.759	+INF	.
---- VAR NSEKTOR	.	1.461	+INF	.
---- VAR JVARER	1.000	1.000	1.000	EPS
---- VAR AVARER	.	0.702	+INF	.
---- VAR NYTTE	.	0.846	+INF	.
---- VAR ARBEID	.	0.666	+INF	.
---- VAR KAPITAL	.	1.079	+INF	.
---- VAR AREAL	.	1.526	+INF	.
---- VAR KONSUMENT	.	234.733	+INF	.
---- VAR XJVAR	.	123.544	+INF	.
---- VAR ZJVARARB	.	51.510	+INF	.
---- VAR ZJVARKAP	.	68.554	+INF	.
---- VAR ZJVARAREA	.	10.000	+INF	.
---- VAR XAVAR	.	158.315	+INF	.
---- VAR ZAVARARB	.	148.490	+INF	.
---- VAR ZAVARKAP	.	11.446	+INF	.
---- VAR XN	.	277.502	+INF	.
---- VAR ZNJVAR	.	123.544	+INF	.
---- VAR ZNAVAR	.	158.315	+INF	.
---- VAR INNTEKT	.	277.502	+INF	.
---- VAR VELFERD	.	1.461	+INF	.

Vedlegg 3a. Program kalibreringsløsning

SCALARS

alfal
alfak
alfav
betha
gamma;

alfal = 0.8329;
alfak = 0.6926;
alfav = 0.6778;
betha = 0.6067;
gamma = 0.8624;

\$ONTEXT

\$MODEL:Oppgave

\$SECTORS:

melkesekt
substsekt
grovsekt
impmelk
impstorfe
impkfor
impvarer
impareal
ekspsekt
nyttesekt

\$COMMODITIES:

melk
storfe
areal
arbeid
kapital
varer
kraftfor
grovfor
formix
nytte
valuta

\$CONSUMERS:

konsument

```

$PROD:melkesekt t: 0 s:0 a:0 b:0.5
O:melk Q:290909 P:1.937516543 A:konsument T:-0.937516543
O:storfe Q: 86439
I:kraftfor a: Q:((gamma)*106653)
I:grovfor a: Q:((betha)*(1680+(((1-alfal)*220639)+((1-alfak)*166244)+((1-alfav)*154864))))
I:formix a: Q:(((1-gamma)*106653)+((1-betha)*(1680+(((1-alfal)*220639)+((1-alfak)*166244)+
((1-alfav)*154864))))))
I:arbeid b: Q:(alfal*220639)
I:kapital b: Q:(alfak*166244)
I:varer b: Q:(alfav*154864)
$PROD:grovsekt s:0.3 c:2
O:grovfor Q:(1680+(((1-alfal)*220639)+((1-alfak)*166244)+((1-alfav)*154864)))
I:areal Q:1680
I:arbeid c: Q:((1-alfal)*220639)
I:kapital c: Q:((1-alfak)*166244)
I:varer c: Q:((1-alfav)*154864)
$PROD:substsekt s:0.5
O:formix Q:(((1-gamma)*106653)+((1-betha)*(1680+(((1-alfal)*220639)+((1-alfak)*166244)+
((1-alfav)*154864))))))
I:kraftfor Q:((1-gamma)*106653)
I:grovfor Q:((1-betha)*(1680+(((1-alfal)*220639)+((1-alfak)*166244)+((1-alfav)*154864))))
$PROD:impmelk s:0
O:melk Q:10000000
I:valuta Q:10000000
$PROD:impstorfe s:0
O:storfe Q:10000000
I:valuta Q:10000000
$PROD:impkfor s:0
O:kraftfor Q:10000000
I:valuta Q:10000000
$PROD:impvarer s:0
O:varer Q:10000000
I:valuta Q:10000000

```

```

PROD:impareal s:0
  O:areal          Q:10000000
  I:valuta         Q:10000000

$PROD:ekspsekt s:1
  O:valuta         Q:50000000
  I:arbeid         Q:25000000
  I:kapital        Q:25000000

$PROD:nyttesekt s:1
  O:nytte          Q:50114151
  I:melk           Q:10290909
  I:storfe         Q:10086439
  I:kraftfor       Q: 9893347
  I:varer          Q: 9845136
  I:areal          Q: 9998320

$DEMAND:konsument
  E:arbeid         Q: 25220639
  E:kapital        Q: 25166244
  D:nytte          Q: 50114151

$REPORT:
  V:xmelk          O:melk          PROD:melkesekt
  V:xstorfe        O:storfe         PROD:melkesekt
  V:zkraftfor      I:kraftfor       PROD:melkesekt
  V:zgrovfor       I:grovfor        PROD:melkesekt
  V:zformix        I:formix         PROD:melkesekt
  V:zarbeid        I:arbeid         PROD:melkesekt
  V:zkapital       I:kapital        PROD:melkesekt
  V:zvarer         I:varer          PROD:melkesekt

  V:xformix        O:formix         PROD:substsekt
  V:zfgrovfor      I:grovfor        PROD:substsekt
  V:zfkraftfor     I:kraftfor       PROD:substsekt

  V:xgrovfor       O:grovfor        PROD:grovsekt
  V:zareal         I:areal          PROD:grovsekt
  V:zgarbeid       I:arbeid         PROD:grovsekt
  V:zgkapital      I:kapital        PROD:grovsekt
  V:zgvarer        I:varer          PROD:grovsekt
  V:xeksport       O:valuta         PROD:ekspsekt
  V:zearbeid       I:arbeid         PROD:ekspsekt

  V:zekapital      I:kapital        PROD:ekspsekt
  V:xnytte         O:nytte          PROD:nyttesekt
  V:znmelk         I:melk           PROD:nyttesekt
  V:znstorfe       I:storfe         PROD:nyttesekt
  V:znkraftfor     I:kraftfor       PROD:nyttesekt
  V:znareal        I:areal          PROD:nyttesekt
  V:znvarer        I:varer          PROD:nyttesekt

$OFFTEXT

$SYSINCLUDE mpsgeset Oppgave
Nytte.fx=1
$Include Oppgave.gen
Solve Oppgave USING MCP;

```

Vedlegg 3b. Kalibreringsløsning

		S O L V E		S U M M A R Y	
		LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
----	VAR MELKESEKT	.	1.000	+INF	.
----	VAR SUBSTSEKT	.	1.000	+INF	.
----	VAR GROVSEKT	.	1.000	+INF	.
----	VAR IMPMELK	.	1.000	+INF	.
----	VAR IMPSTORFE	.	1.000	+INF	.
----	VAR IMPKFOR	.	1.000	+INF	.
----	VAR IMPVARER	.	1.000	+INF	.
----	VAR IMPAREAL	.	1.000	+INF	.
----	VAR EKSPSEKT	.	1.000	+INF	.
----	VAR NYTTESEKT	.	1.000	+INF	.
----	VAR MELK	.	1.000	+INF	.
----	VAR STORFE	.	1.000	+INF	.
----	VAR AREAL	.	1.000	+INF	.
----	VAR ARBEID	.	1.000	+INF	.
----	VAR KAPITAL	.	1.000	+INF	.
----	VAR VARER	.	1.000	+INF	.
----	VAR KRAFTFOR	.	1.000	+INF	.
----	VAR GROVFOR	.	1.000	+INF	.
----	VAR FORMIX	.	1.000	+INF	.
----	VAR NYTTE	1.000	1.000	1.000	EPS
----	VAR VALUTA	.	1.000	+INF	.
----	VAR KONSUMENT	.	5.0114E+7	+INF	.
----	VAR XMELK	.	2.9091E+5	+INF	.
----	VAR XSTORFE	.	86439.599	+INF	.
----	VAR ZKRAFTFOR	.	91978.184	+INF	.
----	VAR ZGROVFOR	.	84665.185	+INF	.
----	VAR ZFORMIX	.	69560.699	+INF	.
----	VAR ZARBEID	.	1.8377E+5	+INF	.
----	VAR ZKAPITAL	.	1.1514E+5	+INF	.
		LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
----	VAR ZVARER	.	1.0497E+5	+INF	.
----	VAR XFORMIX	.	69560.699	+INF	.
----	VAR ZFGROVFOR	.	54885.145	+INF	.
----	VAR ZFKRAFTFOR	.	14675.555	+INF	.
----	VAR XGROVFOR	.	1.3955E+5	+INF	.
----	VAR ZAREAL	.	1680.012	+INF	.
----	VAR ZGARBEID	.	36869.032	+INF	.
----	VAR ZGKAPITAL	.	51103.760	+INF	.
----	VAR ZGVARER	.	49897.526	+INF	.
----	VAR XEKSPORT	.	5.0000E+7	+INF	.
----	VAR ZEARBEID	.	2.5000E+7	+INF	.
----	VAR ZEKAPITAL	.	2.5000E+7	+INF	.
----	VAR XNYTTE	.	5.0114E+7	+INF	.

----	VAR	ZNMELK	.	1.0291E+7	+INF	.
----	VAR	ZNSTORFE	.	1.0086E+7	+INF	.
----	VAR	ZNKRAFTFOR	.	9.8933E+6	+INF	.
----	VAR	ZNAREAL	.	0.9998E+7	+INF	.
----	VAR	ZNVARER	.	9.8451E+6	+INF	.

Definisjoner:

MELKESEKT – melkesektor
 SUBSTSEKT – substitusjonssektor
 GROVSEKT – grovforsektor
 IMPMELK – importsektor melk
 IMPSTORFE – importsektor storfe
 IMPKFOR – importsektor kraftfor
 IMPVARER – importsektor varer
 IMPAREAL – importsektor areal
 EKSPSEKT – eksportsektor
 NYTTESEKT – nyttesektor

XMELK – produsert kvantum melk
 XSTORFE – produsert kvantum storfe
 ZKRAFTFOR – innsatsfaktoren kraftfor i melkesektoren
 ZGROVFOR – innsatsfaktoren grovfor i melkesektoren
 ZFORMIX – innsatsfaktoren formix i melkesektoren
 ZARBEID – innsatsfaktoren arbeid i melkesektoren
 ZKAPITAL – innsatsfaktoren kapital i melkesektoren
 ZVARER – innsatsfaktoren varer i melkesektoren

XFORMIX – produsert kvantum av formix
 ZFGROVFOR – innsatsfaktoren grovfor i produksjonen av formix
 ZFKRAFTFOR – innsatsfaktoren kraftfor i produksjonen av formix

XGROVFOR – produsert kvantum av grovfor
 ZAREAL – innsatsfaktoren areal i produksjonen av grovforet
 ZGARBEID – innsatsfaktoren arbeid i produksjonen av grovforet
 ZGKAPITAL – innsatsfaktoren kapital i produksjonen av grovforet
 ZGVARER – innsatsfaktoren varer i produksjonen av grovforet

XEKSPORT – produsert kvantum i eksportsektoren
 ZEARBEID – innsatsfaktoren arbeid i eksportsektoren
 ZEKAPITAL – innsatsfaktoren kapital i eksportsektoren

XNYTTE – produsert kvantum av nytte
 ZNMELK – innsatsfaktoren melk i produksjonen av nytte
 ZNSTORFE – innsatsfaktoren storfe i produksjonen av nytte
 ZNKRAFTFOR – innsatsfaktoren kraftfor i produksjonen av nytte
 ZNAREAL – innsatsfaktoren areal i produksjonen av nytte
 ZNVARER – innsatsfaktoren varer i produksjonen av nytte

Vedlegg 3c. Program alternativ beregning s = 0,5 i substitusjonssektoren

SCALARS

alfal
alfak
alfav
betha
gamma;

alfal = 0.8329;
alfak = 0.6926;
alfav = 0.6778;
betha = 0.6067;
gamma = 0.8624;

\$ONTEXT

\$MODEL:Oppgave

\$SECTORS:

melkesekt
substsekt
grovsekt
impmelk
impstorfe
impkfor
impvarer
impareal
ekspsekt
nyttesekt

\$COMMODITIES:

melk
storfe
areal
arbeid
kapital
varer
kraftfor
grovfor
formix
nytte
valuta

\$CONSUMERS:

konsument

\$AUXILIARY:

subsidie

```

$PROD:melkesekt t:0 s:0 a:0 b:0.5
  O:melk          Q:290909      P:1.937516543      A:konsument T:-0.937516543
  O:storfe       Q: 86439          A:konsument N:subsidie M:-1
  I:kraftfor a:   Q:((gamma)*106653)      A:konsument T:0.2
  I:grovfor a:   Q:((betha)*(1680+(((1-alfal)*220639)+((1-alfak)*166244)+((1-alfav)*154864))))
  I:formix a:    Q:(((1-gamma)*106653)+((1-betha)*(1680+(((1-alfal)*220639)+
  ((1-alfak)*166244)+((1-alfav)*154864))))))
  I:arbeid b:    Q:(alfal*220639)
  I:kapital b:   Q:(alfak*166244)
  I:varer b:     Q:(alfav*154864)
$PROD:grovsekt s:0.3 c:2
  O:grovfor      Q:(1680+(((1-alfal)*220639)+((1-alfak)*166244)+((1-alfav)*154864)))
  I:areal        Q:1680
  I:arbeid c:    Q:((1-alfal)*220639)
  I:kapital c:   Q:((1-alfak)*166244)
  I:varer c:     Q:((1-alfav)*154864)
$PROD:substsekt s:0.5
  O:formix       Q:(((1-gamma)*106653)+((1-betha)*(1680+(((1-alfal)*220639)+
  ((1-alfak)*166244)+((1-alfav)*154864))))))
  I:kraftfor     Q:((1-gamma)*106653)      A:konsument T:0.2
  I:grovfor      Q:((1-betha)*(1680+(((1-alfal)*220639)+((1-alfak)*166244)+
  ((1-alfav)*154864))))
$PROD:impmelk s:0
  O:melk         Q:10000000
  I:valuta       Q:10000000
$PROD:impstorfe s:0
  O:storfe       Q:10000000
  I:valuta       Q:10000000
$PROD:impkfor s:0
  O:kraftfor     Q:10000000
  I:valuta       Q:10000000
$PROD:impvarer s:0
  O:varer        Q:10000000
  I:valuta       Q:10000000
$PROD:impareal s:0
  O:areal        Q:10000000
  I:valuta       Q:10000000

```

```

$PROD:ekspsekt s:1
  O:valuta          Q:50000000
  I:arbeid          Q:25000000
  I:kapital         Q:25000000

```

```

$PROD:nyttesekt      s:1
  O:nytte           Q:50114151
  I:melk            Q:10290909
  I:storfe          Q:10086439
  I:kraftfor        Q: 9893347
  I:varer           Q: 9845136
  I:areal           Q: 9998320

```

```

$DEMAND:konsument
  E:arbeid          Q: 25220639
  E:kapital         Q: 25166244
  D:nytte           Q: 50114151

```

```

$REPORT:
  V:xmelk           O:melk          PROD:melkesekt
  V:xstorfe         O:storfe         PROD:melkesekt
  V:zkraftfor       I:kraftfor       PROD:melkesekt
  V:zgrovfor        I:grovfor        PROD:melkesekt
  V:zformix         I:formix         PROD:melkesekt
  V:zarbeid         I:arbeid         PROD:melkesekt
  V:zkapital        I:kapital        PROD:melkesekt
  V:zvarer          I:varer          PROD:melkesekt
  V:xformix         O:formix         PROD:substsekt
  V:zfgrovfor       I:grovfor        PROD:substsekt
  V:zfkraftfor      I:kraftfor       PROD:substsekt
  V:xgrovfor        O:grovfor        PROD:grovsekt
  V:zareal          I:areal          PROD:grovsekt
  V:zgarbeid        I:arbeid         PROD:grovsekt
  V:zgkapital       I:kapital        PROD:grovsekt
  V:zgvarer         I:varer          PROD:grovsekt
  V:xeksport        O:valuta         PROD:ekspsekt
  V:zearbeid        I:arbeid         PROD:ekspsekt
  V:zekapital       I:kapital        PROD:ekspsekt
  V:xnytte          O:nytte          PROD:nyttesekt
  V:znmelk          I:melk           PROD:nyttesekt
  V:znstorfe        I:storfe         PROD:nyttesekt
  V:znkraftfor      I:kraftfor       PROD:nyttesekt
  V:znareal         I:areal          PROD:nyttesekt
  V:znvarer         I:varer          PROD:nyttesekt

```

```

$CONSTRAINT:subsidie
  melkesekt =G= 1;

```

```
$OFFTEXT
```

```

$SYSINCLUDE mpsgeset Oppgave
Nytte.fx=1
$Include Oppgave.gen
Solve Oppgave USING MCP;

```

**Vedlegg 3d. Løsning alternativ beregning,
s = 0.5 i substitusjonssektoren**

S O L V E S U M M A R Y

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR MELKESEKT	.	1.000	+INF	.
---- VAR SUBSTSEKT	.	1.000	+INF	.
---- VAR GROVSEKT	.	1.008	+INF	.
---- VAR IMPMELK	.	1.000	+INF	.
---- VAR IMPSTORFE	.	1.000	+INF	.
---- VAR IMPKFOR	.	1.000	+INF	.
---- VAR IMPVARER	.	1.000	+INF	.
---- VAR IMPAREAL	.	1.000	+INF	.
---- VAR EKSPSEKT	.	1.000	+INF	.
---- VAR NYTTESEKT	.	1.000	+INF	.
---- VAR MELK	.	1.000	+INF	.
---- VAR STORFE	.	1.000	+INF	.
---- VAR AREAL	.	1.000	+INF	.
---- VAR ARBEID	.	1.000	+INF	.
---- VAR KAPITAL	.	1.000	+INF	.
---- VAR VARER	.	1.000	+INF	.
---- VAR KRAFTFOR	.	1.000	+INF	.
---- VAR GROVFOR	.	1.000	+INF	.
---- VAR FORMIX	.	1.041	+INF	.
---- VAR NYTTE	1.000	1.000	1.000	EPS
---- VAR VALUTA	.	1.000	+INF	.
---- VAR KONSUMENT	.	5.0114E+7	+INF	.
---- VAR SUBSIDIE	.	0.246	+INF	.
---- VAR XMELK	.	2.9091E+5	+INF	.
---- VAR XSTORFE	.	86439.000	+INF	.
---- VAR ZKRAFTFOR	.	91977.547	+INF	.
---- VAR ZGROVFOR	.	84664.599	+INF	.

—

GAMS 2.50.094 DOS Extended/C
 General Algebraic Modeling System

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR ZFORMIX	.	69560.217	+INF	.
---- VAR ZARBEID	.	1.8377E+5	+INF	.
---- VAR ZKAPITAL	.	1.1514E+5	+INF	.
---- VAR ZVARER	.	1.0497E+5	+INF	.
---- VAR XFORMIX	.	69560.217	+INF	.
---- VAR ZFGROVFOR	.	55989.951	+INF	.
---- VAR ZFKRAFTFOR	.	13666.560	+INF	.
---- VAR XGROVFOR	.	1.4065E+5	+INF	.
---- VAR ZAREAL	.	1693.305	+INF	.
---- VAR ZGARBEID	.	37160.950	+INF	.
---- VAR ZGKAPITAL	.	51507.921	+INF	.
---- VAR ZGVARER	.	50292.374	+INF	.
---- VAR XEKSPORT	.	4.9999E+7	+INF	.
---- VAR ZEARBEID	.	2.5000E+7	+INF	.
---- VAR ZEKAPITAL	.	2.5000E+7	+INF	.
---- VAR XNYTTE	.	5.0114E+7	+INF	.
---- VAR ZNMELK	.	1.0291E+7	+INF	.
---- VAR ZNSTORFE	.	1.0086E+7	+INF	.
---- VAR ZNKRAFTFOR	.	9.8933E+6	+INF	.
---- VAR ZNAREAL	.	0.9998E+7	+INF	.
---- VAR ZNVARER	.	9.8451E+6	+INF	.

Vedlegg 3e.

Løsning alternativ beregning, s = 5 i substitusjonssektoren

S O L V E S U M M A R Y

MODEL OPPGAVE
 TYPE MCP
 SOLVER PATH FROM LINE 929

**** SOLVER STATUS 1 NORMAL COMPLETION
 **** MODEL STATUS 1 OPTIMAL

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- EQU DUMMY01	.	2.5179E+8	.	.
---- EQU EQ_001	1.000	1.000	+INF	0.236

DUMMY01 Artificial equation for model: OPPGAVE
 EQ_001 Complementary equation(s) for SUBSIDIE

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR MELKESEKT	.	1.000	+INF	.
---- VAR SUBSTSEKT	.	1.000	+INF	.
---- VAR GROVSEKT	.	1.061	+INF	.
---- VAR IMPMELK	.	1.000	+INF	.
---- VAR IMPSTORFE	.	1.000	+INF	.
---- VAR IMPKFOR	.	0.999	+INF	.
---- VAR IMPVARER	.	1.000	+INF	.
---- VAR IMPAREAL	.	1.000	+INF	.
---- VAR EKSPSEKT	.	1.000	+INF	.
---- VAR NYTTESEKT	.	1.000	+INF	.
---- VAR MELK	.	1.000	+INF	.
---- VAR STORFE	.	1.000	+INF	.
---- VAR AREAL	.	1.000	+INF	.
---- VAR ARBEID	.	1.000	+INF	.
---- VAR KAPITAL	.	1.000	+INF	.
---- VAR VARER	.	1.000	+INF	.
---- VAR KRAFTFOR	.	1.000	+INF	.
---- VAR GROVFOR	.	1.000	+INF	.
---- VAR FORMIX	.	1.029	+INF	.
---- VAR NYTTE	1.000	1.000	1.000	EPS
---- VAR VALUTA	.	1.000	+INF	.
---- VAR KONSUMENT	.	5.0113E+7	+INF	.
---- VAR SUBSIDIE	.	0.236	+INF	.
---- VAR XMELK	.	2.9091E+5	+INF	.
---- VAR XSTORFE	.	86439.000	+INF	.
---- VAR ZKRAFTFOR	.	91977.547	+INF	.
---- VAR ZGROVFOR	.	84664.599	+INF	.

—

GAMS 2.50.094 DOS Extended/C
 General Algebraic Modeling System

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR ZFORMIX	.	69560.217	+INF	.
---- VAR ZARBEID	.	1.8377E+5	+INF	.
---- VAR ZKAPITAL	.	1.1514E+5	+INF	.
---- VAR ZVARER	.	1.0497E+5	+INF	.
---- VAR XFORMIX	.	69560.217	+INF	.
---- VAR ZFGROVFOR	.	63422.789	+INF	.
---- VAR ZFKRAFTFOR	.	6815.263	+INF	.
---- VAR XGROVFOR	.	1.4809E+5	+INF	.
---- VAR ZAREAL	.	1782.788	+INF	.
---- VAR ZGARBEID	.	39126.007	+INF	.
---- VAR ZGKAPITAL	.	54228.373	+INF	.
---- VAR ZGVARER	.	52950.220	+INF	.
---- VAR XEKSPORT	.	4.9995E+7	+INF	.
---- VAR ZEARBEID	.	2.4998E+7	+INF	.
---- VAR ZEKAPITAL	.	2.4997E+7	+INF	.
---- VAR XNYTTE	.	5.0113E+7	+INF	.
---- VAR ZNMELK	.	1.0291E+7	+INF	.
---- VAR ZNSTORFE	.	1.0086E+7	+INF	.
---- VAR ZNKRAFTFOR	.	9.8932E+6	+INF	.
---- VAR ZNAREAL	.	0.9998E+7	+INF	.
---- VAR ZNVARER	.	9.8450E+6	+INF	.