

Notat 2003–9

Strukturendringer i meierisektoren

Øyvind Hoveid
Ola Flaten

Tittel	Strukturendringer i meierisektoren
Forfattere	Øyvind Hoveid, Ola Flaten
Prosjekt	Økonomiske kriterier for strukturendringer i landbrukssamvirket
Utgiver	Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF)
Utgiversted	Oslo
Utgivelsesår	2003
Antall sider	62
ISBN	82-7077-513-4
ISSN	0805-9691
Emneord	meierisektor, strukturendringer, antall anlegg, optimal tilpasning

Litt om NILF

- Forskning og utredning angående landbrukspolitikk, matvaresektor og -marked, foretaksøkonomi, nærings- og bygdeutvikling.
- Utarbeider nærings- og foretaksøkonomisk dokumentasjon innen landbruket; dette omfatter bl.a. sekretariatsarbeidet for Budsjettnemnda for jordbruket og de årlige driftsgranskningene i jord- og skogbruk.
- Gir ut rapporter fra forskning og utredning. Utvikler hjelpemidler for driftsplanlegging og regnskapsføring.
- Finansieres over Landbruksdepartementets budsjett, Norges forskningsråd og gjennom oppdrag for offentlig og privat sektor.
- Hovedkontor i Oslo og distriktskontor i Bergen, Trondheim og Bodø.

FORORD

Denne rapporten er skrevet under prosjektet "Økonomiske kriterier for strukturendringer i landbrukssamvirket" som er finansiert av Norges forskningsråd under programmet "Levekår, utvikling og omstilling i landbruket". Det fokuseres her på meierisamvirket, men arbeidet har trolig bredere relevans.

Til forskjell fra tidligere arbeider om anleggsstruktur i meierisektoren, sees strukturendringer her som en dynamisk prosess som en aldri blir ferdig med så lenge de økonomiske omstendighetene endres.

Ola Flaten har skrevet kapittel 2, mens Øyvind Hoveid har skrevet resten. Svein Ole Borgen, Agnar Hegrenes, Sjur Spildo Prestegard og Arvid Senhaji har kommet med nyttige innspill.

Oslo, mars 2003

Leif Forsell

Innhold

1	Innledning	1
1.1	Optimal struktur	1
1.2	Samvirke	3
1.3	Disposisjon	5
2	Struktur og strukturendringer i nordisk og nordamerikansk meieriindustri	6
2.1	Innledning	6
2.2	Norge	8
2.3	Sverige	9
2.4	Danmark	10
2.5	Finland	12
2.6	USA	13
2.7	Canada	15
2.8	Oppsummering	15
3	Hvor mange meierianlegg bør en ha ”på lang sikt ”?	18
4	Et eksempel på nåverdiberegninger for endret struktur	21
5	En modell for strukturendringer	23
5.1	Hvorfor aggregert økonomisk modell	23
5.2	Optimale beslutninger under usikkerhet i diskret tid	26
5.3	Hva om verden ikke var usikker eller under endring?	33
5.4	Mulighetsområdet for produksjon og endring av tilstandsvariable	34
5.5	Verdifunksjonen	41
6	Data	43
7	Estimering	45
7.1	Modell for estimering av transformasjonsfunksjonen	45
7.2	Identifikasjon	48
7.3	Estimeringsmetode	49
7.4	Problemer	50
8	Drøfting og oppsummering	52
9	Vedlegg	59

1 Innledning

Det er velkjent at industriproduksjon henger sammen med stordriftsfordeler. Dersom det ikke var stordriftsfordeler, ville ikke industriproduksjon ha noen fordeler framfor håndverksmessig produksjon. Dette gjelder også mottak og foredling av landbruksvarer. Det finnes teknologi som gjør det mulig å drive slik virksomhet i stor skala til relativt lave kostnader sammenliknet med videreforedling på gårdsbruket. Teknologiutviklingen åpner for produksjon i stadig større skala. Realøkning i arbeidskraftkostnadene og -senkning av transportkostnadene gjør det aktuelt å utnytte stadig mer av dette potensialet slik at anleggsstrukturen blir i stadig forandring. ”Det bærekraftige produksjonsanlegget” blir derfor en fiksjon på samme måte som ”det bærekraftige bruk” i primærlandbruket.

Meierisektoren er et eksempel på dette. I tall kan dette fortelles ved at antall anlegg i sektoren var 618 i 1938. Tyve år etter var antallet redusert til 383. Neste tyve år gav en reduksjon ned til 181, og siste periode endte opp med 78 anlegg i 1998 (SSB 1966-1998). Samme tendens finner en i all industriell produksjon, og denne konsentrasjonen er trolig et utslag av, og også en forutsetning for, økonomisk vekst.

Meierisektorens omfang kan antydes med bearbeidingsverdi til faktorpriser (SSB 1966-1998), som i 1998 utgjorde 2,1 mrd. kr. Målt på denne måten utgjorde meierisektoren omlag 10 prosent av bearbeidingsverdien for hele nærings- og nytelsesmiddelsektoren. Denne utgjør i sin tur en femtedel av hele industrisektoren.

Meierisektorens omfang er avgrenset av tilgangen på norsk melk og av avsetningsmulighetene for norske melkeprodukter. Begge deler har vært under endring over tid — dels i vekst, dels i tilbakegang. Dette gir en relativt stabil ramme for analyse av strukturendring i produksjonen. Sektoren har hele tiden vært dominert av samvirkeorganiserte bedrifter med melkeprodusentene som eiere. Dette kan ha konsekvenser for strukturendringene — noe vi kommer tilbake til senere. Produksjonen i meierisektoren har en relativt jevn regional fordeling — med bakgrunn i at produksjonen av melk og etterspørselen etter melkeprodukter er spredt utover hele landet. Dette gir sektoren en distriktsøkonomisk betydning.

1.1 Optimal struktur

Beregninger av ”økonomisk optimal” anleggsstruktur har vært en viktig ingrediens i debatten om strukturendringer. Slike beregninger foregår over følgende lest: En tar produksjons- og kostnadsdata fra et utvalg bedrifter, estimerer en kostnadsfunksjon betinget på produksjon, og beregner en

gjennomsnittskostnadskurve. Den ”optimale anleggsstørrelsen ” er der denne kurven har sitt minimum (Viner 1931). Slike beregninger er gjort for mange sektorer, for eksempel for gårdsbruk med melkeproduksjon (Ringstad & Løyland 2000), stålverk (Rogers 1993), forsikringsselskaper (Grace & Timme 1992) og telekommunikasjonsbedrifter (Majmundar & Chang 1998). For meierisektoren må slike undersøkelser gjøres litt annerledes fordi den optimale anleggsstørrelsen ikke bare er en funksjon av produksjonsmengden, men også av de transportkostnader som er nødvendige for at anlegget skal kunne betjene sitt område. En undersøkelse for norsk meierisektor med denne bakgrunn er Hoveid & Lægroid (1995).

En påvisning av at dagens struktur avviker fra den ”optimale”, gir legitimitet til endringer. Her er det imidlertid et svakt punkt i tankegangen: En påvisning av at eksisterende anleggstruktur avviker fra det langsiktig optimale, sier ikke noe om hvor fort dette gapet bør fylles. Det ”langsiktig optimale ” er løsning i et statisk optimeringsproblem (med eller uten innbygd usikkerhet). Det som er økonomisk rasjonelt i virkelighetens verden, må i det minste ta hensyn til at verden er i endring, at endringene er usikre, og at endret tilpasning koster. I kapittel 4 av denne rapporten har vi laget et enkelt eksempel hvor det er økonomisk riktig å opprettholde en ”ikke-optimal” anleggsstruktur. En forutsetning for at slike omstendigheter oppstår er at produksjonen benytter seg av varig kapital.

En etablert produksjonsstruktur i form av kapitalutstyr og personale representerer i stor grad ”sunk costs”—betalte kostnader med begrenset alternativ verdi. Dette kan gjøre det økonomisk riktig å vedlikeholde et teknisk sett umoderne produksjonsapparat framfor å investere i et nytt. Usikkerhet om framtida forsterker denne tendensen. Når en investering i et nytt anlegg er gjort under usikkerhet, er det alltid en viss mulighet for at man i ettertid kan ønske seg investeringen utsatt eller ugjort. Disse mulighetene representerer en forventet kostnad, ”the option value of waiting ”, som en bør ta høyde for ved investeringstidspunktet (Dixit & Pindyck 1994). Det sentrale poenget er at investeringen ikke bare skal være rentabel i forhold til det å ikke investere, den skal også gi høyere avkastning enn det å utsette investeringen.

En bedrifts- eller samfunnsøkonomisk sunn strukturutvikling bør ta hensyn til disse forholdene omkring varig produksjonskapital. Det er på dette punktet beregninger over optimal anleggstørrelse kan svikte. Dette betyr på ingen måte at ikke strukturendringer kan og bør gjennomføres av økonomiske grunner, men at en må trekke inn i vurderingen hvor *fort* en skal gå fram. Planene skal være ”stokastisk dynamisk økonomisk optimale”, ikke ”statisk økonomisk optimale”. I en verden med varig kapital som endrer seg med innslag av tilfeldighet, blir disse begrepene for optimalitet ulike — både kvalitativt og kvantitativt. I den statiske økonomiske tankeverden finnes en

optimal plan som en på grunn av mangelfull planlegging ikke har fått fullt ut realisert enda. I den stokastisk dynamiske tankeverden finnes det vanligvis ikke noen slik optimal plan. Fokus rettes mot optimale *strategier* (eller handlingsregler). Mangelfull planlegging gir dårlige handlingsregler og dårlig struktur.

1.2 Samvirke

I denne rapporten skal vi analysere dynamisk optimale planer i en produksjonssektor som er dominert av samvirke.¹ En kan i den forbindelse spørre seg om hvordan samvirkeorganiseringen bør påvirke analysemetoden? Den umiddelbare forskjellen mellom en samvirkebedrift og en investoreid produksjonsbedrift ligger i hvilke variable som tas for gitt (eksogene) og hvilke som bestemmes (endogene). Meierisamvirket tar i prinsippet melkemengden for gitt, og bestemmer foredlingen deretter. En investoreid bedrift vil bestemme melkemengden og — hvis den er i fri konkurranse — ta prisene på melk og melkeprodukter for gitt. Det ligger i dette at samvirkebedrifter og investoreide bedrifter vil kunne opptre ulikt i markedene for melk og melkeprodukter. Imidlertid har begge typer bedrifter en målsetting om minimale kostnader gitt sin foredling av melk. Siden bakgrunnen for anleggsstrukturen nettopp er minimale kostnader, skulle ikke samvirkeorganiseringen i seg selv påvirke denne.

En annen sak er at beslutningsprosessen i en samvirkebedrift kan være annerledes. En samvirkebedrift med mange små eiere vil kunne ha vanskeligere for å få tatt beslutninger enn en investoreid bedrift hvor det gjerne er relativt få eiere. I den grad dette er riktig, vil strukturutviklingen med samvirkebedrifter henge litt etter. På den andre siden, i en tid med økende konkurranse, blir det stadig viktigere for samvirkeorganisasjoner å redusere problemene med beslutningsvegring når det gjelder struktur. En ser da også innen samvirkeorganisasjonene en klar utvikling i retning av at det enkelte medlem får mindre og mindre innflytelse. Logikken er at fellesskapet av medlemmer vil tjene på at beslutninger om anleggsstruktur tas på et profesjonelt grunnlag med minimale kostnader for øye — med minst mulig innblanding fra medlemmer som måtte ha andre interesser.

I Norge har landbrukets samvirkeorganisasjoner også spillt politiske roller i tillegg til rollen som foredler av landbruksprodukter. Konkret har de hatt ansvar for markedsregulering og enkelte administrative forhold omkring utbetaling av tilskudd. Faktorbruken i forbindelse med dette er liten i forhold

¹En mer detaljert analyse av samvirkeorganiseringens betydning er gitt av Johnstad (1998).

til den ordinære produksjonen, og landbrukssamvirket vil i denne rapporten bli oppfattet som en ren produksjonsbedrift.

I enkelte politiske miljøer har det vært forventet at samvirket skal kunne spille en distriktpolitisk rolle for å støtte opp om lokal økonomi med en *hensynsfull* forvaltning av anleggsstrukturen. I perioden 1976-92 var dette nedfelt i den rådende landbrukspolitik med følgende formulering i St.meld. nr. 14 (Landbruksdepartementet n.d.):

Det er ikke god sammenheng i å satse mye på å beholde små og mindre rasjonelle bruksenheter av hensyn til bosetting og løkalsamfunn, mens rene effektivitetshensyn skal være enerådende når det gjelder foredling og markedsføring.

Denne distriktpolitiske rolle har ikke meierisamvirket i særlig grad vedkjent seg. Den overordnede målsettingen her har hele tiden vært høyest mulig melkepris. Da følger det at man ikke tar vesentlige hensyn utenom effektivitet — med mindre Staten setter inn støtteordninger som premie.²

En annen mulig forskjell mellom samvirkebedrifter og investoreide bedrifter er at førstnevnte har eiere som er engasjert i å produsere melk, og som følgelig i større grad enn andre kan ha spesiell interesse av å legge strategier for å kunne fortsette denne produksjonen selv om konkurranseforholdene i markedet endres. Som utslag av dette er det blant annet etablert et varemerke, TINE. Dessuten er spekteret av melkeprodukter gjort mye bredere enn før. Slike fremtidsrettede strategier kan innvirke på utviklingen av anleggsstrukturen ved at et bredt produktspekter kan gjøre det naturlig med flere anlegg. Spesielt innen osteproduksjon med ulike bakteriekulturer for hver ostetype, vil dette kunne gjøre seg gjeldende. Imidlertid er det ikke denne retningen TINE beveger seg i. Den eksplosjonen som har foregått i varespekteret, dreier seg i stor grad om variasjon av pakningsstørrelse og smakstilsetning. At dette skal kunne kreve flere anlegg, er det vanskelig å se. Uansett vil kravet om minimale kostnader, ved den foredling som er planlagt, ligge til grunn for strukturutviklingen. Et noe annerledes forhold er at en beholdning av moderne produksjonsanlegg kan fungere som meierisamvirkets sikring mot å møte konkurranse. Poenget er at meierisamvirke vil kunne se anleggskostnadene som ”sunk ” og vil på grunn av sin tilnærmede monopolstilling kunne møte et forsøk på etablering med priskrig. Faren for dette kan være nok til at potensielle konkurrenter ikke etablerer seg. Slike strategier kan være i konflikt med hensynet til minimale kostnader. Imidlertid er det vanskelig å se at dette generelt skal kunne lede til flere eller færre produksjonsanlegg.

²Ved en anledning har slik premiering vært i bruk — tilskuddet til organisering av distriktsmeierier fra 1983.

Endringer i anleggsstrukturen i meierisektoren har en parallell i endringene i foretaksstrukturen. Mens det tidligere var vanlig at hvert meieri var et selvstendig samvirkeorganisert foretak — riktig nok med et visst samarbeid innen melkesentraler og på landsbasis — så er det i dag mer vanlig at hvert foretak rår over flere produksjonsanlegg. Reduksjonen i antall foretak i meierisektoren er mye større enn reduksjonen i antall anlegg. Meierisamvirket er fra 2002 ett konsern med 6 juridisk selvstendige selskaper. Slike endringer i foretaksstrukturen kan være en forutsetning for å få gjennomført kostnadssenkende endringer i anleggsstrukturen. Det kan være vanskelig å oppnå tilstrekkelig nært samarbeid mellom ulike lokale interesser med mindre partene forplikter seg til dette innen en hierarkisk oppbygd organisasjon (Coase 1937).

1.3 Disposisjon

Dette arbeidet er disponert på følgende måte: Kapittel 2 tar for seg strukturrendringer i meierisektoren i ulike land som det er naturlig å sammenlikne seg med. I kapittel 3 ser vi på en enkel statisk modell som får fram noen mulige årsaker til strukturrendring. En inngang til det dynamiske perspektivet åpnes med et eksempel i kapittel 4. Så kommer i kapittel 5 en formell modell for strukturrendringer som en stokastisk dynamisk optimal prosess. Data for å estimere modellen er beskrevet i kapittel 6, og den estimerbare modellen i kapittel 7. Estimeringsresultater mangler imidlertid. Vi har ikke lyktes i å formulere den estimerte modellen slik at estimeringen går glatt. Dermed har vi heller ikke stabile resultater å vise til. En oppsummering av arbeidet er gitt i kapittel 8.

2 Struktur og strukturendringer i nordisk og nordamerikansk meieriindustri

2.1 Innledning

Melk ble først tilgjengelig som mat etter at man hadde begynt å drive jordbruk med korndyrking, først i Midtøsten, for om lag 10.000 år siden. Omtrent samtidig begynte man å holde husdyr, først sauer og geiter. Så kom svin og deretter storfe, for ca. 8000 år siden. Sannsynligvis ble saue- og geitemelk brukt før kumelk. Storfeholdet var viktig for 4000 år siden, og allerede den gang ble det laget smør og ost. Ved framstilling av smør og ost fikk man matvarer som kunne oppbevares og transporten ble lettet. Syrning av melk ved naturlig melkesyregjæring ble brukt lokalt for begrensa oppbevaring. I det 12. århundre var tørking av melk kjent hos tartarene. Fløten ble skumma av melka og brukt til framstilling av smør, mens den håndskumma melka ble soltørka. På rytterferder ble tørrmelka blanda med vann om morgenen og spist som tynn grøt om kvelden (Breirem 1981).

Fram til midten av det 19. århundre var foredling av melk og melkeprodukter knyttet til gardsbruka. Konsummilk ble for det meste forbrukt av brukerfamilien. Om de hadde råd til det, kunne bybeboere få kjøpt melk fra besetninger i nærheten. Denne produksjonen foregikk ofte under dårlige hygieniske forhold, med små kjølemuligheter og med mye utvanning av melka.

Den moderne melkeindustrien er et produkt av de siste 150 åra, og har kanskje mer enn noen annen del av jordbruket, vært avhengig av inntektsvekst i brede lag av folket, forbedra transportmuligheter og framgang innen teknologi og forskning. Kommersiell og industriell foredling av melk og melkeprodukter utvikla seg raskt fra midten av 1800-tallet, se f.eks. Grigg (1974, s.187-209) for en nærmere beskrivelse. Separatoren (fløtesentrifugen) ble oppfunnet i 1878 og kom til å bety mye for foredlingen av smør. Med meieriene fikk man bedre hygiene og det ble benytta standardisert løpe ved ysting, starterkulturer ved kjærning av smør, samt pasteurisering, kjøling og tørking. Denne utviklingen fant stort sett sted fram til om lag andre verdenskrig.

De første meierier i Norge ble etablert i 1850-60-åra. Setermeieriet i Rausjødalen (Tolga kommune i Nord-Østerdalen) grunnlagt i 1856 var det første andelsmeieriet her til lands. Ved århundreskiftet var det meste av landet dekket av meierier, de fleste basert på samvirkeidéen. Toppen i antall meierianlegg ble nådd på denne tida. Utover 1920-tallet kom landbruket i en vanskelig økonomisk situasjon. Fra 1930 ble konkurransen ved omsetning av norske jordbruksvarer redusert gjennom bl.a. omsetningslov, markedsregulering, prisutjamning for melk og bedre organisering av landbrukssamvirket. I

denne gjennomgangen vil det sees lite på slike organisasjonsmessige og politiske forhold, men se f.eks. Svendsen (1987) eller Bergset, Forsell & Mjelde (2002) for nærmere vurderinger av dette.

Etter den andre verdenskrig har også de teknologiske nyvinningene innen meieriindustrien vært mange. Noen eksempler er: Innføring av gardstanker og kjøletankvogner i stedet for leveranser i melkespann på melkerampa, kjøleteknikk, prosessteknologi, emballering av melkeprodukter og informasjonsteknologi. De teknologiske endringene har skapt økende stordriftsfordeler innen transport, foredling og emballering av melk og meieriprodukter, dvs. enhetskostnadene i produksjon og distribusjon er redusert mest for større anlegg. Sterk reallønnsutvikling har bidratt i samme retning. Bedre kommunikasjonsforhold (flere og bedre veier, tunneler, jernbaner, båter, fly osv.) har gjort det enklere og raskere å frakte melk og meieriprodukter over lengre avstander. Alle disse forholda kan bidra til en utvikling mot gradvis større og færre meierianlegg.

I primærjordbruket er endringer i bruksstrukturen et resultat av summen av beslutninger hos de mange brukerfamiliene om eventuelt å ta over, utvide/innskrenke produksjonen eller legge ned drifta på gardsbruk. I meieriindustrien, hvor det er et skille mellom de som eier selskapet og de ansatte, følger derimot strukturendringer av at eierne av selskapet (kanskje i samråd med ledelsen) finner dette formålstjenlig. En må anta at organisasjonsmessige forhold som et tettere samarbeid og fusjoner mellom meieriselskaper og oppkjøp samt påvirkning fra ledd lenger ut i verdikjeden (som dagligvarebransjen) og det sterkt fallende antall melkeleverandører, gjør det enklere å rasjonalisere anleggsstrukturen. Antakelig bidrar en mer globalisert verden med oppkjøp, fusjoner, strategiske allianser m.m. over landegrensene ytterligere i denne retning.

I dette kapitlet ønsker vi i første rekke å undersøke endringstakten i nordisk og nordamerikansk meieriindustri etter 1930, men med størst vekt på de siste 20-30 åra. Dessuten vil noen amerikanske vurderinger om framtidige strukturendringer i meieriindustrien refereres. Begrepet struktur omfatter forhold som bl.a. antall anlegg, anleggsstørrelse, spesialiseringsgrad, konsentrasjon, eierforhold, markedsintegrasjon og kontroll, regional lokalisering og ressursbruk. I denne gjennomgangen legges mest vekt på forhold som antall anlegg og anleggsstørrelse. Generelt vil analysene vise at konsentrasjonstendenser innen meieriindustrien ikke er noe spesielt for Norge, men et allment fenomen i de undersøkte land.

2.2 Norge

Rundt 1930 var det 643 meierianlegg i Norge (Svendsen 1987, s.141). Fra 1930 til 1960 gikk antall anlegg ned med ca. 2 % pr år, slik at det var tilbake 351 anlegg i 1960. Tabell 1 viser noen nøkkeltall for strukturendringer i norsk meieribruk etter 1960.

Tabell 1: Antall meierianlegg, melkemottak og mottak pr anlegg i Norge, 1960-2000

År	Antall anlegg	Melkemottak, mill. kg	Mottak pr anlegg, mill. kg
1960	351	1322	3,8
1970	290	1594	5,5
1975	240	1747	7,3
1980	203	1891	9,3
1985	195	1902	9,8
1990	151	1924	12,7
1995	97	1788	18,4
2000	81	1631	20,1

Kilder: BFJ (2002), Svendsen (1987), SSB (1966-1998). Både ku- og geitemelk er inkludert. Liter melk er omgjort til kg melk med faktoren 1 liter melk = 1,032 kg melk.

Svendsen (1987, s.177) viser utviklingen i antall anlegg fra 1930 til 1985 (brukt for 1960 i tabell 1). Fra og med 1970 er det i tabell 1 brukt tall fra industristatistikken til Statistisk sentralbyrå. Svendsen oppgir ved alle tidspunkt fra 1970 til 1985 et lågere antall anlegg enn SSB (1966-1998). I 1970 oppgir Svendsen 250 meierianlegg. Talla til Svendsen tyder på en årlig nedgang i antall anlegg på litt over 3 % på 1960-tallet. Mer innveid melk i 1970 enn i 1960 skyldes delvis større produksjon av melk, men også mindre heimeforbruk og mindre direkte salg.

Endringene i anleggstrukturen var minst fra 1975 til 1985 (litt over 2 % nedgang pr år). Da var det relativt gode tider i jordbruket, distriktpolitiske hensyn og interesse i samfunnet av å ta vare på lokale arbeidsplasser i bygdesamfunn stod sterkt og lokalt sjølstyrer var viktig.

Mange meierier ble lagt ned i perioden 1985-1995. Størst var nedgangen først på 1990-tallet (over 8 % pr år). Distriktsmeieriselskapene ble etablert først på 1980-tallet. Antakelig gjorde denne etableringen det enklere å rasjonalisere meieristrukturen. Struktureffekter av disse beslutningene kom først

til syne noen år senere, etter at strukturbeslutningene var fattet, nyanlegg ferdigstilt og gamle anlegg nedlagt. Hvis særlig mange anlegg blir nedslitte og for umoderne til omtrent samme tid, kan man få en periode med betydelig investeringsaktivitet. Da vil gjerne færre men større anlegg erstatte produksjonskapasiteten til de mange og små anlegg som nedlegges. Det er ikke undersøkt om dette forholdet hadde betydning for endringstakten i denne tidsperioden.

Fra 1990 til 2000 gikk innveid melkemengde ned med nesten 300 millioner kg. Sjøl om det også ble færre meierier i den siste femårsperioden, økte behandla melkemengde pr anlegg lite. Fallende totalt mottak av melk kan lett gi lågere kapasitetsutnyttning av anlegg, det blir vanskeligere å utnytte arbeidskrafta effektivt og enhetskostnader ved foredling av melk kan øke.

I hele perioden fra 1970 til 2000 har den årlige nedgangen i antall meieranlegg vært litt over 4 %. Antall anlegg er redusert fra 290 til 81. Fordi innveid melkemengde nesten er tilbake på 1970-nivå, har også melkemengde pr anlegg økt med noe over 4 % pr år. I 2000 veide gjennomsnittsanlegget inn ca. 20 millioner kg melk.

2.3 Sverige

I 1930 fantes over 1600 meieranlegg i Sverige. I perioden fra 1930 til 1960 hadde Sverige den største nedgangen i antall meieranlegg, ca. 5 % pr år, i Norden (Sørgaard 1987a, s.17). Sørgaard forklarte forskjellene mellom den norske og svenske strukturen og strukturendringene i denne perioden med en kombinasjon av økonomiske og distriktpolitiske hensyn, som trakk i retning av en mer desentralisert anleggsstruktur i Norge enn i Sverige.

Tabell 2 viser nøkkeltall for strukturendringer i svensk meieribruk fra 1960 til 2000. Gjennomsnittsmeieriet i 1960 veide inn nesten 8 millioner kg melk, dvs. mer enn dobbelt så mye som i Norge på den tida. På 1960-tallet foregikk enorstilt rasjonalisering av anleggsstrukturen i svensk meieribruk. Nedgangen i antall meierier var på nesten 10 % pr år. Sørgaard (1987a) ser dette delvis i sammenheng med de trange kåra i svensk jordbruk på denne tida, samt de mange sammenslutningene av meieriselskaper.

I en tiårsperiode fra midten av 1970-tallet var strukturendringene svakere (ca. 2,5 % årlig nedgang i anlegg). Dette hadde i følge Sørgaard (1987a) bl.a. sammenheng med den ”grønne bølgen”, ønsket om å ta vare på lokale arbeidsplasser og bedre inntekter i jordbruket. Fra midten av 1980-tallet har igjen strukturendringene vært raskere, ca. 4 % nedgang pr år. Først på 1990-tallet ble mange meieriforeninger fusjonert og meierier lagt ned (Hansson & Jonasson 1993, s. 18).

Totalt for perioden 1970-2000 sank antall meieranlegg i Sverige med 3,9

Tabell 2: Antall meierianlegg, melkemottak og mottak pr anlegg i Sverige, 1960-2000

År	Antall anlegg	Melkemottak, mill. kg	Mottak pr anlegg, mill. kg
1960	426	3340	7,8
1970	163	2752	16,9
1975	120	3023	25,2
1980	99	3338	33,7
1985	92	3581	38,9
1990	71	3432	48,3
1995	57	3243	56,9
2000	50	3297	65,9

Kilde: Svensk Mjök (2002)

% pr år. De siste 30 åra har derfor endringstakten vært om lag som i Norge. Dessuten har hastigheten i de ulike periodene vært relativt lik, med unntak av de sterkere strukturendringene i Norge først på 1990-tallet.

Det er likevel store forskjeller i norsk og svensk meieristruktur. Allerede i 1970 var det relativt få og store meierianlegg i Sverige. I gjennomsnitt tok de imot 16,9 millioner kg melk, dvs. nesten like mye som et norsk gjennomsnittsmeleri i 2000. I 2000 er det igjen 50 meierianlegg i Sverige med et gjennomsnittsmottak på over 65 millioner kg melk. Dette er mest i Norden, slik det alltid har vært i etterkrigstida.

Fra april 2000 gikk det svenske meieriselskapet Arla og det danske selskapet MD Foods sammen til Arla Foods (Foods 2002). I Sverige veier de årlig inn omlag 2200 millioner kg melk fra 7000 svenske melkeleverandører, dvs. om lag 2/3 av den totale svenske meierileveransene. I Danmark tar de imot 4000 millioner kg melk fra 7900 leverandører, dvs. om lag 90 % av de totale danske meierileveransene. Total mottatt melkemengde er ca. sju milliarder kg pr år, og Arla Foods er Europas største meieriforetak. Denne fusjonen kan bety mye for framtidig anleggsstruktur i Sverige og Danmark. For en nærmere beskrivelse av fusjonen, se Bergset et al. (2002) og Senhaji (2002).

2.4 Danmark

Dansk melkenæring er eksportretta, mer enn 2/3 av samla melkeproduksjon foredles i dag til eksportvarer. Likevel kom strukturendringene i meieribruket sent i gang. I perioden 1930 til 1960 var årlig nedgang i antall meierier bare på

0,6 % (Sørgaard 1987a, s.17). I 1960 hadde danskene over 1300 meierianlegg (Tabell 3). Et dansk gjennomsnittsanlegg var da likt med et gjennomsnittlig norsk meierianlegg. På grunnlag av bl.a. geografiske forhold, transportkostnader og distriktpolitiske hensyn skulle en ha forventet at danske meierianlegg var mye større.

Sørgaard (1987b) har drøftet årsaker til de beskjedne strukturendringene i danske meieribruk i denne perioden. Delvis hadde det sammenheng med de danske landmenns tradisjonelt mer økonomisk liberalistiske holdninger ("kræfternes frie spill"), ønske om sjølstyrte, lokale meierier og motstand mot en mer planmessig koordinering av foredlings- og avsetningsaktivitetene som kunne ha redusert enhetskostnadene og bedret markedsmakten.

Ofte antas det at konkurranse i varemarkeder er til skade for produsentene og til fordel for konsumentene. Rundt de større byene var da også utbetalingsprisen til danske gardbrukere låg på 1930-tallet (Sørgaard 1987b, s.200). Det så heller ikke ut til at mellomledda tjente særlig mye. Men melkeprisen til forbrukerne var likevel meget høy, fordi konkurransen mellom de mange små og sjølstendige konsummelkmeieriene førte til høge distribusjonskostnader.

Tabell 3: Antall meierianlegg, melkemottak og mottak pr anlegg i Danmark, 1960-2000

År	Antall anlegg	Melkemottak, mill. kg	Mottak pr anlegg, mill. kg
1960	1339	5023	3,8
1970	483	4561	9,4
1975	425	4789	11,3
1980	319	5090	16,0
1985	184	5099	27,7
1990	121	4542	37,5
1995	97	4473	46,1
2000	82	4519	55,1

Kilder: FAO (flere årganger), Mejeriforeningen (2002), Scandinavian Dairy Information (2002) og Sørgaard (1987a) og (1987b).

I følge Sørgaard (1987b) hadde dansk meieribruk omkring 1960 kommet til ei grense for hvor lenge man kunne opprettholde eksisterende meieristruktur uten i for stor grad å kunne miste konkurranseevne og tape terreng internasjonalt. Senere har det blitt mer fart i strukturendringene og meieriselskaper har fusjonert. På 1960-tallet sank antall anlegg sterkt, nesten 10 % pr år, dvs. omtrent som i Sverige i denne perioden.

Strukturendringene var meget raske på 1980-tallet, hvor nedleggingstakten var over 9 % pr år. I motsetning til i de andre nordiske landa var også endringstakten svært rask først på 1980-tallet (over 10 % pr år). På 1990-tallet har strukturendringene vært litt svakere (ca. 4% nedgang pr år).

Perioden 1970-2000 sett under ett har antall anlegg gått ned med ca. 6 % pr år, dvs. raskere endring enn i Norge og Sverige. Sjøl om strukturendringene de siste 30 åra har vært størst i Danmark, veide svenske meierianlegg i gjennomsnitt inn over 10 millioner kg melk mer enn tilsvarende i Danmark i 2000.

2.5 Finland

I Finland begynte også nedgangen i antall meierier allerede på 1930-tallet (Ollila 1987). Fra 1930 til 1960 gikk antall meierier ned fra 619 til 346. Noe av nedgangen skyldtes avståelser av arealer til Sovjetunionen under og rett etter andre verdenskrig. Årlig nedgang i denne 30-årsperioden var på nesten 2 %, dvs. litt lågere endringstakt enn i Norge.

Tabell 4 viser nøkkeltall for endringer i åra 1960-2000. På 1960-tallet var nedleggingstakten av anlegg ca. 2 % pr år. I 1970 tok gjennomsnittsmeieriet i Finland i mot omlag dobbelt så mye melk som et norsk gjennomsnittsmeieri. Mange meierianlegg ble lagt ned først på 1970-tallet (over 7 % nedgang pr år). Fra 1975 til 1985 var det, som i Norge og Sverige, atskillig mindre fart i strukturendringene, ca. 2 % nedgang pr år. De siste åra på 1980-tallet var endringene raskere igjen (over 6 % nedgang pr år).

Tabell 4: Antall meierianlegg, melkemottak og mottak pr anlegg i Finland, 1960-2000

År	Antall anlegg	Melkemottak, mill. kg	Mottak pr anlegg, mill. kg
1960	346	2786	8,1
1970	283	2812	9,9
1975	195	2776	14,2
1980	174	3070	17,6
1985	158	3083	19,3
1990	114	2730	23,9
1995	90	2468	27,4
2000	74	2442	33,0

Kilder: FAO (flere årganger), Ollila (1987) og Leskinen (2002).

Finsk meieriindustri ble betydelig omstrukturert på 1990-tallet, se f.eks. Aaltonen (1996) eller Rye (2000). De fleste lokale avdelingene i Valio, den største mottakeren av melk, slo seg sammen i tre regionale samvirkebaserte enheter. Morselskapet er blitt et markedsføringsselskap. Antall meieranlegg har gått betydelig ned. I 2000 var et finsk gjennomsnittsanlegg over 50 % større enn det norske gjennomsnittsanlegget. Totalt for perioden 1970-2000 har nedleggingstakten vært på noe over 4 % pr år, dvs. omtrent som i Norge.

2.6 USA

Tabell 5 viser at det var en jamn nedgang i antall meieranlegg med i overkant av 3 % pr år fra 1982-1997 i USA. Den jamne nedgangen over tid kan delvis henge sammen med at USA er et stort land, hvor eventuelle forskjeller i endringstakt mellom tidsperioder i ulike deler av landet lettere utjamnes. Totalt melkemottak har økt, slik at gjennomsnittsanlegget har vokst over 4 % pr år. Amerikanske meieranlegg er store, men i gjennomsnitt litt mindre enn i Sverige. Først på 1980-tallet var danske anlegg atskillig mindre enn de amerikanske, men en raskere endringstakt i Danmark etter den tid har utliknet mye av disse forskjellene.

Tabell 5: Antall meieranlegg, melkemottak og mottak pr anlegg i USA, 1982-1997

År	Antall anlegg	Melkemottak, mill. kg	Mottak pr anlegg, mill. kg
1982	2056	61.599	30,0
1987	1717	64.731	37,7
1992	1443	68.831	47,7
1997	1240	70.801	57,1

Kilder: Dobson & Christ (2000) og FAO (flere årganger).

Dobson & Christ (2000) oppgir også tall for utvikling i antall anlegg av forskjellige typer meierivarer. Antall anlegg med flytende melk ble nesten halvert fra 1982 til 1997 (fra 1191 til 612). Produksjonen pr anlegg økte fra et gjennomsnitt på 19,3 millioner kg i 1982 til 40,8 millioner kg i 1997.

Antall meierier med osteproduksjon sank med ca. 30 %, fra 704 i 1982 til 524 i 1997. Gjennomsnittlig mengde ost pr anlegg økte fra 2,93 millioner kg i 1982 til 6,34 millioner kg i 1997. Mer differensierte oster bidrog til betydelig høyere salgsinntekter i løpet av perioden.

Smørmeieriene ble halvert i antall, fra 74 i 1982 til 34 i 1997. Gjennomsnittsproduksjonen av smør pr anlegg økte fra 7,70 millioner kg i 1982 til 15,3 millioner kg i 1997. De få meieriene reflekterer betydelige stordriftsfordeler knyttet til produksjonen av smør. I motsetning til ved differensiert produksjon av ost, er ikke små anlegg økonomisk konkurransedyktige.

Antall produksjonsanlegg for melkepulver sank bare fra 87 i 1982 til 70 i 1997. Gjennomsnittsproduksjonen pr anlegg økte også lite, fra 7,83 millioner kg til 8,68 millioner kg. I følge Dobson & Christ (2000) er ikke årsakene til de små endringene klarlagt.

Dobson & Christ (2000) drøfter også drivkrefter i strukturendringene innenfor meieriindustrien. Stordriftsfordeler i foredling og distribusjon og et ønske om bedre kapasitetsutnyttning er årsaker til større foredlingsanlegg og større sammenslutninger av anlegg innen produksjon av flytende melk. Større dagligvarekjeder får mer markedsrett, og de ønsker å bli forsynt av en eller i høyeste fall to leverandører av melk. Flytende produkter som kan oppbevares i lengre tid før salg ser ut til å bli utbredt. Dette kan forandre distribusjonssystemer ved at produktene kan leveres sjeldnere og i større kvanta til dagligvarehandelen. Transportkostnader kan reduseres, og et stort foredlingsanlegg kan forsyne en videre krets av dagligvarebutikker. På papiret er det konstruert anlegg som kan ta imot tre ganger så mye melk som de største anleggene rundt 1990 (kalt "hyperplants"). Noen antar at kostnadsbesparelsene med disse anleggene er betydelige, sjøl om transportkostnadene øker.

Ved hjelp av økonomiske "ingeniørmodeller" har Dalton, Criner & Halloran (2002) beregnet kostnader ved tapping og distribusjon av konsummelk i meieranlegg av ulik størrelse i delstaten Maine. Beregningene viste betydelig lavere tappekostnader pr enhet ved å øke anleggsstørrelsen fra 65 millioner liter til 120 millioner liter melk pr år. Men geografiske forhold og heterogen fordeling av delstatens befolkning økte distribusjonskostnadene, og gjorde det ulønnsomt å etablere storskalaanlegg i Maine. En sammenlikning med 1993-tall viste at prosesssteknologien hadde blitt betydelig mer avansert. Arbeidskostnadene hadde økt, pga. av økte kostnader pr time uavhengig av kvalifikasjoner samt en bedre utdanna arbeidsstokk. I følge Dalton et al. vil meierier som ikke kan svare på økte arbeidskostnader ved investeringer og ekspansjon, sannsynligvis få økte vansker med konkurranseevnen.

Det er også stordriftsfordeler ved framstilling av mer bearbeida melkeprodukt. I følge Dobson & Christ (2000) produserer det største amerikanske meieriet 45,4 millioner kg smør pr år. Til sammenlikning er den totale norske smørproduksjonen på 15-20 millioner kg pr år (BFJ 2002). Det største oste-meieriet veier daglig inn 2360 tonn melk, dvs. ca. 850 millioner kg melk pr år. Enda større anlegg planlegges. Samtidig med at det bygges større meieranlegg, øker andelen av melkeproduksjonen i de vestlige delstatene (inkludert

California og Idaho) hvor melkeproduksjonen er mest industrialisert.

2.7 Canada

I 1965 var det 1413 meierianlegg i Canada (CDIC 2002). I 1988 var det tilbake 364, dvs. en årlig nedgang på nesten 6 % fra 1965 til 1988. Senere har strukturendringene gradvis blitt mer dempet. Årlig nedgang i anlegg i perioden 1988-2000 som helhet var 2,3 % pr år. I 2000 veide et kanadisk gjennomsnittsanlegg inn litt over 30 millioner kg melk. Dette er godt over et norsk gjennomsnittsanlegg, men mindre enn i de andre nordiske landa og i USA.

Tabell 6: Antall meierianlegg, melkemottak og mottak pr anlegg i Canada, 1988-2000

År	Antall anlegg	Melkemottak, mill. kg	Mottak pr anlegg, mill. kg
1988	364	8229	22,6
1992	308	7083	23,0
1996	276	7890	28,6
2000	275	8340	30,3

Kilder: AAFC (2002), CDIC (2002) og FAO (flere årganger).

Det er i hovedsak tre organisasjonsformer i kanadisk meieriindustri (CDIC 2002). I 1998 stod samvirkemeierier for 64 % av produksjonen. Fra januar 2001 ble kanadisk eide aksjeselskap av varierende størrelse mest dominerende. Samtidig er utenlandskeide, multinasjonale selskap på vei inn i meieriindustrien.

Rasjonaliseringen av kanadisk meieriindustri har ført til ledige markedssegment. Disse segmentene inkluderer nisjeproduksjon av spesielle oster. Nisjene utnyttes av et meget stort antall små, ofte håndverksmessige, ysterier. De små nisjeanleggene forsyner i hovedsak meget lokale markeder (CDIC 2002).

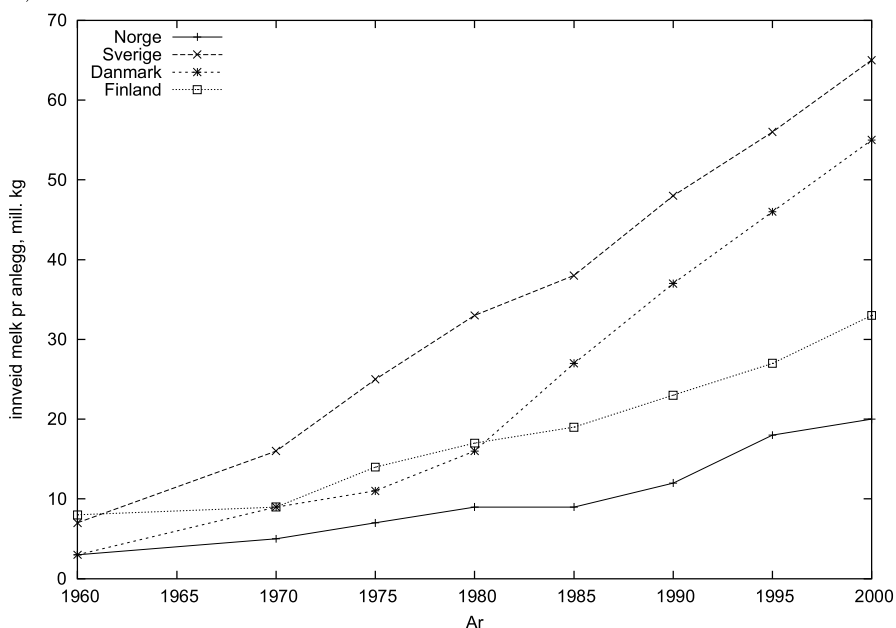
2.8 Oppsummering

Meieriindustrien i alle de undersøkte land har fulgt samme trend i retning av større og færre meierianlegg over tid. Disse tendensene skyldes forhold som teknologiske endringer, stordriftsfordeler og endra kommunikasjonsforhold,

samt at sammenslåing og fusjoner av meieriselskap har gjort det enklere å rasjonalisere industrien.

Figur 1 oppsummerer strukturendringer i nordisk meieriindustri, i form av utvikling i gjennomsnittlig innveid melkemengde pr meieranlegg i tidsrommet 1970-2000. I alle perioder blir gjennomsnittsanleggene større, men endringstakten varierer mellom tidsperioder. Perioder med ”avvikende” endringstakt er ikke de samme i alle land. I Norge, Sverige og Finland var det f.eks. små strukturendringer og liten veksttakt hos meieranleggene fra 1975 til 1985. Dette skyldtes bl.a. relativt gode økonomiske vilkår i jordbruket og interesse i samfunnet av å ta vare på lokale arbeidsplasser i distriktene. Lokalt sjølstyre betydde også mye. Til samme tid var det derimot en meget rask endringstakt i dansk meieriindustri.

Figur 1: Gjennomsnittlig innveid melkemengde pr meieranlegg (kg melk pr år) i nordiske land 1970-2000



Danske meieranlegg har økt mest i størrelse fra 1970, men Sverige har alltid hatt og har fortsatt de klart største meieriene i Norden. I gjennomsnitt er også svenske anlegg større enn de nordamerikanske. Norge har hatt de minste meieriene de siste tretti åra. Sjøl om meieranlegg også er lagt ned på siste halvdel av 1990-tallet, har innveid melkemengde pr anlegg ”sakkert akterut”. Nordmenn drikker mindre melk, og det er mindre muligheter for reguleringseksport av ost. Derfor har total innveid melkemengde gått betydelig

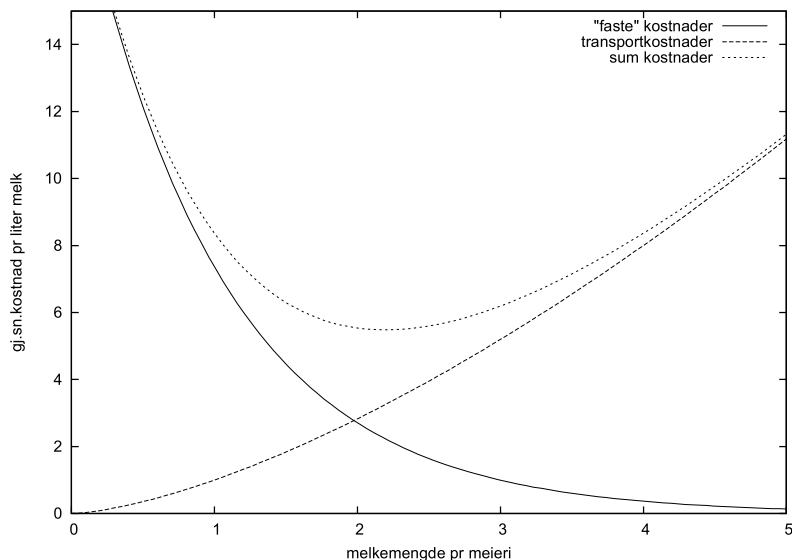
ned de siste 5-10 åra. Kapasitetsutnyttningen må da ha blitt svekket.

Anleggsstruktur og endringer i anleggsstruktur er vurdert på grunnlag av antall anlegg og innveid melkemengde pr anlegg. Gjennomsnittstall forteller ikke noe om fordeling av anlegg i ulike størrelsesgrupper og konsentrasjon av produksjonen. Dette kan være av betydning fordi rasjonalisering og stordrift gjør at små og lokale markedssegment kan fylles av relativt mange, men meget små nisjeprodusenter, f.eks. innen produksjon av ost. Gjennomsnittstall forteller ikke noe om hvor store de største anleggene er og hvor stor andel av produksjonen disse har. Sverige har i gjennomsnitt store meierier, men de produserer ”standard” meierivarer og har få små nisjemeierier. Litteraturkildene antyder mer nisjeproduksjon i småmeierier i Canada og USA. Derfor kan også meierier som framstiller ”standardvarer” være størst i Nord-Amerika. Ved en grundigere vurdering av anleggsstrukturen i meieriindustrien synes det viktig å ta hensyn til slike forhold.

3 Hvor mange meierianlegg bør en ha ”på lang sikt”?

Forrige kapittel viser at meieristrukturen endrer seg over tid. Dessuten går utviklingen mer eller mindre parallelt i land det er naturlig å sammenlikne. Ventelig er det liknende økonomiske mekanismer som gjør seg gjeldende: Aktørene i meierisektoren forsøker å tilpasse meieristrukturen slik at produksjonskostnadene blir så små som mulig. Samtidig endrer betingelsene seg hele tiden slik at en aldri blir ”ferdig” med å endre strukturen.

Figur 2: Gjennomsnittskostnader pr liter melk som funksjon av gjennomsnitlig meieristørrelse

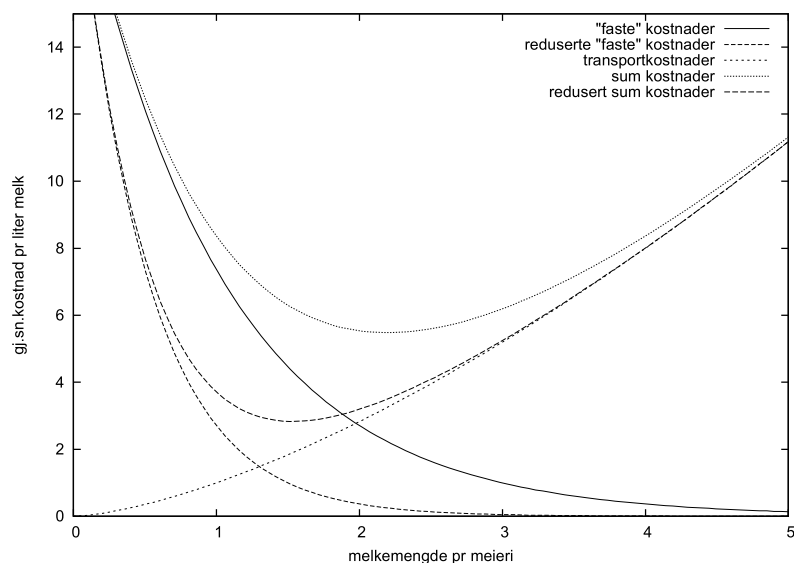


Den grunnleggende idéen for en optimal meieristruktur er gitt av Viner (1931). Meieriene skal være så store at gjennomsnittskostnadene pr liter melk blir minimale. Gjennomsnittskostnadene som funksjon av meieristørrelse følger typisk en U-formet kurve, der det laveste punktet gir den optimale størrelsen. Situasjonen er illustrert i figur 2. Alle kostnader som er proporsjonale med melkemengden er holdt utenfor. Noen kostnader er ikke-proporsjonale med melkemengden. Dette vil vi her kalle *fastkostnader*, siden eventuelle faste kostnader er regnet med her. Fastkostnadene regnet pr liter melk kan forutsettes å falle med økende meieristørrelse.³ På den andre siden

³Det er ikke uvanlig å anta at det er umulig å designe meierianlegg over en viss størrelse uten å pådra seg økte gjennomsnittlige fastkostnader. Da har en imidlertid sett bort fra

vil økende meieristørrelse føre til et økt behov for transport mellom bønder og meieri, mellom meierier, og mellom meierier og butikker. Transportkostnadene regnet pr liter melk vil øke med meieristørrelsen. Summen av disse to kostnadskurvene får den klassiske U-formen, der bunnen markerer den billigste meieristørrelsen.

Figur 3: Gjennomsnittskostnader pr liter melk som funksjon av gjennomsnittlig meieristørrelse. Eksempel på virkning av reduserte "faste" kostnader

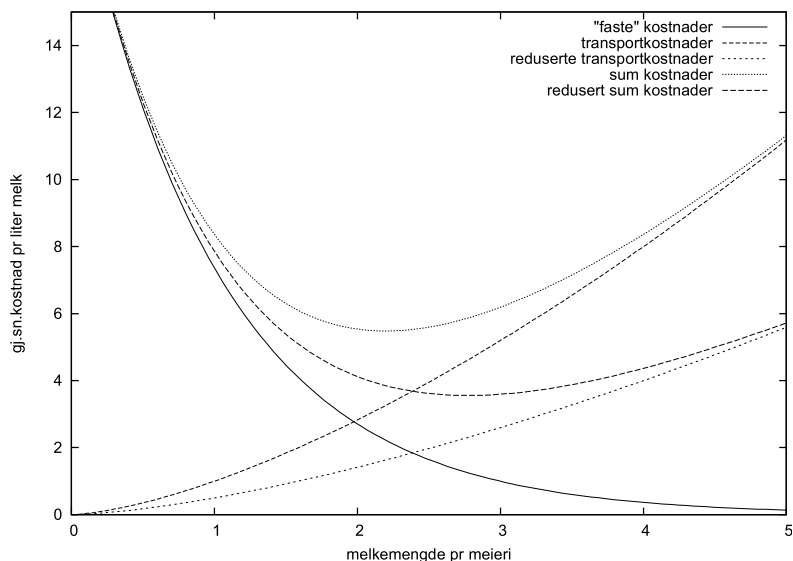


Både "faste" kostnader og transportkostnader vil endre seg over tid på grunn av teknologisk endring. I figur 3 er de "faste" kostnadene redusert proporsjonalt. Dette fører til at den beste meieristørrelsen blir *mindre*. I forbindelse med figur 3 må det understrekes at en reduksjon i gjennomsnittlige faste kostnader ikke nødvendigvis vil ha den form som er illustrert. En kan tenke seg at teknologien bare forbedres for relativt store anlegg slik at kurven for faste kostnader bare senkes fra en hvis størrelse av. Da kan den optimale størrelsen øke.⁴ En kan også tenke seg at fastkostnadene øker over tid ved at det stilles økte krav til kvalitet i produksjonen. En proporsjonal økning av fastkostnadene gir motsatt virkning av proporsjonal nedgang, den optimale anleggsstørrelsen økes.

muligheten til å legge to eller flere identiske fastkostnadsoptimale anlegg ved siden av hverandre.

⁴Hoveid (1999) forsøker å illustrere dette tilfellet med en figur, men den er ikke helt korrekt fordi de gjennomsnittlige fastkostnadene ikke er fallende.

Figur 4: Gjennomsnittskostnader pr liter melk som funksjon av gjennomsnittlig meieristørrelse. Virkning av reduserte transportkostnader



Hvis en reduserer transportkostnadene som i figur 4, har det den effekt at optimal meieristørrelse blir større. Også for endringer i transportkostnader kan en tenke seg at effekten blir motsatt — dersom transportkostnadene bare blir redusert på relativt korte distanser. Dette virker imidlertid ikke særlig rimelig i forhold til dagens transportteknologi. Transport både på korte og lange distanser foregår på de samme vegene og med likeartet utstyr. I dette tilfellet er det dermed liten tvil om retningen.

Vi har med disse prinsippskissene pekt på tre faktorer som kan gi mulighet for kostnadsreduksjon gjennom strukturendring: Teknisk forbedring av store produksjonsanlegg, økte kvalitetskrav i produksjonen, eller reduserte transportkostnader. Alle disse faktorene er til stede i meierisektoren. Den tekniske utviklingen foregår i stor utstrekning i land med større meieranlegg enn i Norge. Kvalitetskravene i produksjonen blir stadig økt — dels gjennom interne krav for å tilfredsstille forbrukerønsker, dels gjennom innføring og skjerping av internasjonale standarder. En nedgang i transportkostnadene over tid synes også å finne sted — gjennom bedre vegnett, bedre biler, bedre systemer for logistikk, færre bønder å hente melk hos, færre butikker å levere melk til, m.v.

4 Et eksempel på nåverdiberegninger for endret struktur

For å demonstrere forskjellen mellom et langsiktig statisk og et dynamisk perspektiv i strukturendringene, skal det brukes et eksempel:

Det skal foredles 1 mrd. liter melk pr år i all framtid, men en har et valg mht. meieristruktur: En kan foredle alt i ett stort anlegg eller fordelt på 10 like store små anlegg. Følgende forutsetninger brukes: Årlige driftskostnader inkl. transport er 1 mrd. kr ved stort anlegg og 1,1 mrd. kr ved små anlegg. Anleggene krever investeringer hvert tiende år, 5 mrd. kr for stort anlegg og 0,5 mrd. kr for små anlegg. Rentesats er 5 prosent slik at årlige samlede kapitalkostnader på lang sikt kan beregnes som 0,75 mrd. kr i begge tilfeller (0,5 mrd. kr i avskrivning og 0,25 mrd. kr i rente). Med langsiktig perspektiv vil det altså være fordelaktig å produsere i ett stort anlegg framfor 10 små. Investeringskostnadene er de samme, men driftskostnadene blir mindre ved ett stort anlegg.

Med et dynamisk perspektiv må en ta utgangspunkt i den eksisterende anleggstrukturen. Det forutsettes at en har 10 like store anlegg som befinner seg i ulike trinn i en 10-årig investeringssyklus. Spørsmålet er om det ved investeringstidspunktet lønner seg å investere i det store anlegget, mens de små legges ned. Noen enkle beregninger viser hva resultatet kan være:

Ved investeringstidspunktet kan en sammenlikne det å investere 5 mrd. kr hvert tiende år eller 0,5 mrd. kr hvert år. Nåverdier beregnes med en diskonteringsfaktor, $0,95 \approx (1/1,05)$. Nåverdien av første alternativ er:

$$\frac{5}{1 - 0,95^{10}} = 12,9 \quad (\text{mrd. kr})$$

Nåverdien av det andre er:

$$\frac{0,5}{1 - 0,95} = 10 \quad (\text{mrd. kr})$$

Nåverdien av driftskostnadene er hhv. $1/(1 - 0,95) = 20$ (mrd. kr) ved stort anlegg og $1,1/(1 - 0,95) \approx 22$ (mrd. kr) ved små anlegg. Det forutsettes dessuten at de eksisterende anleggene ikke har noen alternativ verdi.

Konklusjonen i dette eksemplet blir at det *ikke* lønner seg å bytte ut små anlegg med store. Nåverdien av kostnadene for stort anlegg blir $12,9 + 20 = 32,9$ mrd. kr og for små anlegg $10 + 22 = 32$ mrd. kr. Bakgrunnen ligger i at det til enhver tid ligger verdier i de eksisterende små anlegg som ikke vil bli utnyttet dersom en legger disse ned og går over til ett stort. Disse verdiene er i dette tilfelle store nok til å oppveie nåverdien av de innsparte driftskostnadene i all fremtid.

Regnestykket ovenfor er ikke spesielt sensitivt for valget av kalkulasjonsrente, men varigheten av investeringene har stor betydning. Om varigheten av investeringene er bare 8 år og investeringene tilsvarende mindre, vil konklusjonen bli omvendt. Dessuten vil konklusjonen bli snudd om de eksisterende anleggene har en alternativ verdi som overstiger 0,9 mrd. kr. Dette er ikke spesielt mye siden verdien av eksisterende anlegg i fortsatt produksjon kan beregnes til 2,9 mrd. kr.

Selv om eksemplet er konstruert, er det illustrativt: Det er *ikke nødvendigvis* økonomisk riktig å etablere en bedriftsstruktur som er optimal på lang sikt. Eksemplet bygger på to viktige typer av forutsetninger: For det første har eksisterende produksjonsanlegg en lav alternativ verdi. For det andre kan ikke investeringer i store produksjonsanlegg fordeles over år uten merkostnader. Dersom det var tilfelle, kunne det store anlegget fases inn over 10 år, nåverdien av investeringene ville bli akkurat like stor som ved små anlegg, og små anlegg ville bli uaktuelt etter en periode.

Det er dermed to muligheter til at det kan være ubetinget lønnsomt å omstrukturere fra flere små til et stort anlegg ved stordriftsfordeler: "Alternativverdi lik bruksverdi" eller "trinnsvis investering uten merkostnad". Dersom ingen av disse mulighetene er tilstede, blir det hele et empirisk spørsmål. Hvor mye tapes i anlegg som legges ned? og hvor store er merkostnadene ved trinnsvis investering i nye anlegg? Hvis begge disse spørsmål har store tall som svar, kan det tenkes at strukturendringen ikke bør gjennomføres. Hvis det første spørsmålet har et lite tall som svar, kan en gjøre endringen raskt. Hvis svaret på det andre er et lite tall, kan strukturendringen gjennomføres i takt med naturlig utfasing av eksisterende anlegg.

Strukturendringer i virkeligheten er selvfølgelig mer komplekse enn det som er skissert ovenfor. Et viktig poeng er usikkerhet. Hvor store mengder norske meieriprodukter vil kunne selges i framtida og til hvilken pris? For meierisamvirkets delkapittel vil prisusikkerheten omkring melkeprodukter bare ha indirekte betydning. Lavere priser og mer usikre priser vil kunne føre til mindre leveranser fra samvirkemedlemmene. Meierisamvirkets usikkerhet er derfor i første rekke en usikkerhet om hvor stor melkemengde som skal foredles til hva. Slik usikkerhet taler for at en opprettholder en reservekapasitet som relativt lett kan fases ut (eller inn). Generelt vil dette tale i mot en gjennomgripende strukturendring (og følgelig modernisering) av mange produksjonsanlegg samtidig.

5 En modell for strukturendringer

For å kunne analysere hvordan forhold knyttet til tid og usikkerhet kan påvirke utviklingen av anleggsstrukturen, vil vi formalisere en *beslutningsmodell* der anleggsstrukturen blir bestemt løpende over tid. Det er ikke meningen at denne modellen i detaljeringsgrad skal komme i nærheten av et beslutningsverktøy for aktører i sektoren. Det er de store linjene som søkes ved hjelp av en stilisert modell. Virkelige strukturbeslutninger dreier seg om hvilke eksisterende anlegg som skal legges ned eller rustes opp, og når, og hvor eventuelle nye anlegg skal ligge og når de skal etableres. Her vil vi i stedet betrakte *antall anlegg* som en beslutningsvariabel. Grunnlaget for denne forenklingen ligger i at alle økonomiske beslutninger vedrørende enkeltanlegg på bestemte steder, har felles grunntrekk: Relativt faste kostnader skal veges opp mot transportkostnader. Denne innsikten, som opprinnelig ble formulert av Lösch (1940), er fremdeles grunnleggende i lokaliseringøkonomi (Kilkenny & Thisse 1999).

I denne rapporten har vi basert beslutningsmodellen på en *aggregert økonomisk modell*. Dette, som står i betydelig kontrast til den vanlige praksis med ”ingeniørbaserte” modeller på anleggsnivå,⁵ trenger en begrunnelse. Mer presist er det to forhold som må begrunnes: (1) Hvorfor bruke en økonomisk modell istedet for en ingeniørbasert modell? (2) Hvorfor bruke en aggregert modell i stedet for en anleggsbasert modell? En grunn til at en aggregert modell er laget, er mangel på data for enkeltanlegg. Slike opplysninger ble ikke stilt til disposisjon for dette prosjektet. Imidlertid er det grunner som taler for at en burde velge en aggregert modell selv om en hadde data for enkeltanlegg.

5.1 Hvorfor aggregert økonomisk modell

Bakgrunnen for de ingeniørbaserte modellene ligger i at produksjonen i en sektor som meieribruket i noen utstrekning kan beskrives med forhold mellom fysiske størrelser. For eksempel trenges det en viss mengde melk til å produsere 1 kg smør eller 1 kg ost. Når det gjelder sammenhengen mellom produktmengder og innsatsfaktorer som arbeid og kapital, forenkles dette til kostnadskurver, $x_i(m)$, som sier hvordan mengden av innsatsfaktor x_i avhenger av produksjonsmengden m . Slike forholdstall og kostnadskurver er elementene i en *ingeniørbasert* modell for meierier.

Problemet med denne tilnærmingen er at den dekker over at det kan være mange måter å gjennomføre produksjonen på. Forholdet mellom pro-

⁵Hoveid & Læg Reid (1995) er et eksempel på ”ingeniørbasert” analyse.

duksjonsmengde og arbeidstimer for eksempel, er antakelig i første rekke avhengig av *hvordan* produksjonen foregår, ikke hvor mye som produseres i hvert anlegg. I en *økonomisk* modell kan man ta det i betraktning ved å beskrive produksjonsmulighetene med et *mulighetsområde*, som for eksempel kan spesifiseres med en vanlig nyklassisk produktfunksjon F og en relasjon, $m \leq F(x_1, \dots, x_J)$, der m er mengden melk som meierisektoren behandler og der x_1, \dots, x_J er innsatsfaktorer som benyttes i denne produksjonen. Valget av produksjonsmåte gjøres så ut fra relative priser. I det spesialtilfellet at det bare finnes én mulighet er det ikke noe valg å gjøre, og vi ville være tilbake til ingeniørmodellen.

Dersom en skal kunne analysere økonomisk riktige strukturendringer — riktig valg av produksjonsmåte til riktig tid — er heller ikke en slik nyklassisk produktfunksjon tilstrekkelig. Det en da trenger beskrevet er *mulighetsområdet for endring av produksjonsmåter* — eller teknologien for endring av teknologi. Dette kommer vi nærmere inn på senere.

Generelt vil strukturen i en industrisektor være bestemt av forhold i det enkelte produksjonsanlegg og av mengden av anlegg. Strukturen kan være hva som helst, med mindre det gjøres forutsetninger om hva som bestemmer denne strukturen. Den forutsetningen som skal brukes her, er at *strukturen er bestemt slik at kostnadene ved å foredle en gitt mengde melk er minst mulige*. Meierisektoren i Norge er og har vært dominert av samvirkebedrifter, og rimeligheten av denne forutsetningen følger av to av formålene for meierisamvirket: Å gi bøndene best mulig pris for melka, og å gi bøndene mest mulig lik pris for melka over hele landet.

I de senere år har det kommet et mindre innslag av investoreide bedrifter, Symøve Finden AS og Q-meieriene. Dette gjør imidlertid ikke forutsetningen om minimale kostnader mindre rimelig. Disse investoreide bedriftene må også foredle den melk de kjøper til minimale kostnader. Problemet med forutsetningen om minimale kostnader er at den kostnadsminimale strukturen ikke nødvendigvis blir etablert fordi de enkelte aktørene i sektoren ikke har ubegrenset mulighet til å samordne sine produksjonsanlegg. Disse mulighetene har dessuten endret seg over tid. Innen samvirkesektoren har det vært betydelige endringer i organisasjonsformen — fra relativt små lokale organisasjoner til større distrikts- og senere regionorganisasjoner. Isolert sett vil større organisasjoner føre til mer samordning. Samtidig har det hele tiden vært en viss styring over meieriene fra sentralt hold (Norske Melkeprodusenters Landsforbund, Norske Meierier, Tine). Det nåværende innslaget av investoreide bedrifter fører naturlig nok til mindre samordning.

Det å minimere kostnader ved fordeling av melk i hele landet, er i utgangspunktet en betydelig samordningsoppgave. Det er velkjent at det er stordriftsfordeler i produksjonen slik at denne må samles på et antall ste-

der. Det skal da bestemmes størrelse og lokalisering for produksjonsanlegg slik at de samlede produksjons- og transportkostnader blir minimale. Hvis vi distanserer oss fra den konkrete norske geografien og fra spekteret av meierivarer, og tenker oss en jevn spredning av melkeselgere og meieriproduktkjøpere og et enkelt enhetlig meieriprodukt, vil antall anlegg være en viktig beslutningsvariabel. Med et gitt antall anlegg, n , kan disse nemlig lokaliseres i et nett med lik avstand mellom naboer. De totale kostnadene for en melkemengde m og med faktorpriser x^* ,⁶ kan da skrives som, $TC(n, m, x^*)$. Optimalitetsbetingelsen er nå, $\partial_n TC(n, m, x^*) = 0$. I totalkostnadene TC inngår produksjonskostnadene i n anlegg av størrelse m/n , $nC(m/n, x^*)$, og transportkostnader fra melkeselgere til meierier, og fra meierier til meieriproduktkjøpere, $nT(m/n, x^*)$.

$$TC(n, m, x^*) = nC(m/n, x^*) + nT(m/n, x^*)$$

Et av poengene med en aggregert modell er at en søker uttrykk for funksjonen TC direkte — uten å gå vegen om funksjoner for enkeltanlegg, C og T . Høyre side av likningen over er uansett bare en forenkling, og det er ikke sikkert at funksjonen TC blir bedre av å insistere på en slik dekomponering.

For å gjøre situasjonen mer realistisk, kan en tenke seg at det er flere meieriprodukter og flere typer anlegg, og at en må bestemme et antall av hver type — for eksempel konsummelk-, hvitost- og brunostmeierier. I funksjonen $TC(n, m, x^*)$ blir nå n en vektor. Fortsatt vil en kunne gå vegen om enkeltanlegg av hver type, men siden det vil være mulig og fordelaktig å koordinere transport av ulike meierivarer, vil dette bli vesentlig mer komplisert enn i én-vare-tilfellet.

Når tid og strukturutvikling bringes inn i analysen, er det forventet nåverdi av alle nåværende og fremtidige kostnader som skal minimeres ved å gi variablene n et forløp over tid. I tillegg vil vi nå få kvasifaste innsatsfaktorer inn i analysen fordi produksjonskapital har varighet. De kvasifaste innsatsfaktorene måler beholdninger av ulike typer produksjonskapital, og disse skal også gis et forløp over tid. Det vil fortsatt kunne være mulig å gå vegen om enkeltanlegg, men det blir enda vanskeligere enn i det statiske tilfellet og graden av kompleksitet vil kunne tvinge fram unødige forenklinger. Vi vil derfor betrakte strukturendringer med en ren aggregert modell.

Antall anlegg er i sin tur også en kvasi-fast variabel. Antallet kan endres til hva som helst, men under vanlige forhold med oppstart- og nedleggingskostnader er det i regelen ikke økonomisk fordelaktig å gjøre store endringer

⁶Notasjonen x^* benyttes for vektoren av faktorpriser på faktorene x . Toppskriften * antyder at x^* er duale variable til x . Ved å bruke samme bokstav for priser og mengder, blir notasjonen forhåpentligvis klarere.

på kort tid. De kvasi-faste variablene vil vi nå samle i kategorien *tilstandsvariable*. Mengden av disse ved tidspunkt t er gitt av en vektor k_t . Siden en ikke kan ha negative antall anlegg og negative beholdninger av realkapital, settes betingelsen $k_t \geq 0$.

5.2 Optimale beslutninger under usikkerhet i diskret tid

Det å minimere kostnader over tid er uunngåelig knyttet til usikkerhet om fremtiden. For en meierisektor dominert av samvirke, er det melkemengder, m_t , og faktorpriser, x_t^* , som er usikre. Denne usikkerheten om fremtiden modelleres her som en stokastisk prosess: I år t angis neste års melkemengde og faktorpriser med en sannsynlighetsfordeling, $f_t(m_{t+1}, x_{t+1}^*)$ som en kan tenke seg generert på følgende måte:

$$f_t(m_{t+1}, x_{t+1}^*) = \int_{z_{t+1}} g(m_{t+1}, x_{t+1}^*, z_{t+1} | m_t, x_t^*, z_t) dz_{t+1} \quad (1)$$

der z_t er en vektor av variable som meierisektoren observerer, men ikke vi. g er en betinget sansynlighetsfordeling. Fordelingen for (m_{t+1}, x_{t+1}^*) er indeksert med t fordi den reflekterer informasjon ved tidspunkt t .

Minimering av kostnader er det samme som maksimering av overskudd, og vi bruker her den siste tilnærmingen.⁷ Maksimeringsproblemet kan under visse forutsetninger med hensyn til konvergens og begrensethet (Stokey & Lucas 1989) uttrykkes ved hjelp av Bellman's prinsipp (Bellman 1957). For dette formål trengs blant annet diskonteringsfaktorer fra periode $t + 1$ til periode t , ρ_t .

Dessuten trengs et produksjonsmulighetsområde, Y , som angir mulige kombinasjoner av kapitalbeholdninger, melkemengder, netputvektorer, og endring i beholdninger, ved $(-k_t, m_t, x_t, k_{t+1} - k_t) \in Y$.⁸ For disse mulighetene er kapitalbeholdninger innsatsfaktorer og får et negativt fortegn, mens melk er et produkt og har positivt fortegn. Betingelsene $k_t \geq 0$ og eventuelle betingelser $x_t \leq 0$, er inkorporert i denne betingelsen. Med denne generelle spesifikasjonen har vi åpnet for at økning i beholdningsvariable kan koste. For netto økning i beholdninger til neste periode vil vi bruke betegnelsen,

⁷Når x er en netputvektor (produkter positive og innsatsfaktorer negative) og x^* er en vektor av priser, så blir skalarproduktet, $x^T x^*$, lik overskuddet.

⁸Et element i Y er i prinsippet en kolonnevektor $y = \begin{pmatrix} -k_t \\ m_t \\ x_t \\ k_{t+1} - k_t \end{pmatrix}$, og vil bli skrevet slik i formler. I teksten bruker vi imidlertid en enklere skrivemåte.

$\Delta_t = k_{t+1} - k_t$. Eventuelle investeringer er tatt med i vektoren x_t . Dermed er det også åpnet for at skyggeprisen på investeringer kan være noe annet enn skyggeprisen på beholdninger. Teknisk depresiering (avskrivning) av kapital inngår ikke eksplisitt i denne modellen, men dersom beholdningene skal holdes konstante mens det foregår produksjon, vil det kunne kreve at det foregår løpende investeringer (inneholdt i vektoren x). Den tekniske forringelsen av kapital under bruk er altså gjort endogen.

Ved hjelp av mulighetsområdet Y kan vi danne en kortsiktig begrenset profittfunksjon, $\pi_Y(k, -m, x^*, \Delta)$, som angir det maksimale netto overskudd i én periode gitt beholdninger, k , melkemengde, m , netputpriser, x^* , og beholdningsendring til neste periode, Δ .⁹

$$\pi_Y \begin{pmatrix} k \\ -m \\ x^* \\ \Delta \end{pmatrix} = \max \left\{ x^T x^* \mid \begin{pmatrix} -k \\ m \\ x \\ \Delta \end{pmatrix} \in Y \right\} \quad (2)$$

Det siste viktige elementet er en profittfunksjon, $\Pi_{g,Y}(k, -m, x^*, z)$ som angir forventet nåverdi av kapitalbeholdningene k gitt at det i inneværende periode skal foredles en melkemengde m under faktorpriser x^* , at den stokastiske prosess for $\{m_s, x_s^*\}_{s>t}$ er gitt ved (1), og at teknologien for løpende produksjon og endring i beholdninger er gitt ved Y .

Med disse forklaringene kan maksimeringsproblemet skrives:

$$\begin{aligned} & \Pi_{g,Y} \begin{pmatrix} k_t \\ -m_t \\ x_t^* \\ z_t \end{pmatrix} \\ &= \max \left\{ \pi_Y \begin{pmatrix} k_t \\ -m_t \\ x_t^* \\ \Delta_t \end{pmatrix} + \rho_t E_{f_t} \Pi_{g,Y} \begin{pmatrix} k_{t+1} \\ -m_{t+1} \\ x_{t+1}^* \\ z_{t+1} \end{pmatrix} \mid k_{t+1} = k_t + \Delta_t \right\} \end{aligned} \quad (3)$$

Dette er da et standard optimalkontrollproblem med k som tilstandsvariable og Δ som kontrollvariable. På høyre side maksimeres summen av overskuddet i periode t , $\pi_Y(k_t, -m_t, x_t^*, \Delta_t)$, og den maksimale forventede nåverdi av alle fremtidige overskudd fra og med neste periode, $\rho_t E_{f_t} \Pi(k_{t+1}, -m_{t+1}, x_{t+1}^*, z_{t+1}; g)$,

⁹Kapitalbeholdningene har positivt fortegn i profittfunksjonen slik at de partielle deriverte $\partial_k \pi$ står for marginalverdiene eller skyggeprisene for beholdningene. Av en liknende grunn har melkemengden negativt fortegn. Den partielle deriverte $\partial_m \pi$ er for den negative marginalverdien av melkemengden, men siden melk reduserer overskuddet er marginalverdien i seg selv negativ, og $\partial_m \pi$ står for marginale kostnader ved å foredle melk.

med tilstandslikningene, $k_{t+1} = k_t + \Delta_t$ som teknisk begrensning. På venstre side finner vi igjen verdifunksjonen $\Pi_{g,Y}$.

Det er ikke spesifisert noen teknisk endring i denne modellen, men en kan forutsette at dette kommer inn via prisene. Prisutviklingen vil gi kapitalbeholdningene et forløp over tid — slik at det finner sted en endogen teknisk endring. Teknologien for endring av teknologi, G , forutsettes invariant over tid.

Av hensyn til videre empirisk arbeid med modellen skal det gjøres noen formelle endringer. Det første er en ren forenkling. Verdifunksjonene Π og π forutsettes å ha standard egenskaper for begrensede profittfunksjoner: Konkveks og lineært homogen i priser og konkav i mengder. Homogeniteten i priser gjør det mulig å multiplisere alle markedspriser, x_t^* , med faktorer, $\prod_{s=0}^{t-1} \rho_s$, slik at nominelle priser blir diskontert til nåverdier og diskonteringsfaktorene ρ_t fjernes fra modellen. Dette forutsettes i resten av denne rapporten.

Den andre endringen gjelder mulighetene for å parametrisere funksjonen, π . Dersom mulighetsområdet Y er konvekst — noe vi vil forutsette med begrunnelse i delkapittel 5.4 — får funksjonen π egenskapene at den er konkav i mengder og konveks og lineært homogen i priser. I litteraturen blir slike funksjoner oftest parametrisert som kombinasjoner av kvadratiske og lineære funksjoner, men slike funksjoner har begrenset fleksibilitet.¹⁰ For rent konvekse funksjoner finnes det derimot svært fleksible funksjonsformer. Vi velger derfor å omforme problemet slik at det uttrykkes direkte ved hjelp av en konveks transformasjonsfunksjon $G(-k, m, x, \Delta)$ som angir mulighetsområdet Y ved ulikheter $G(-k, m, x, \Delta) \leq 0$. G behøver ikke nødvendigvis være en deriverbar funksjon. Mulighetsområdet kan ha skarpe hjørner der de deriverte ikke er definert éntydig. For enkelhets skyld kan en likevel tenke seg at G er deriverbar og at en kolonnevektor av førsteordens partielle deriverte er gitt ved $\partial^T G$.¹¹ De ulike delene av denne vektoren svarende til de fire gruppene av argumenter, $-k_t, m_t, x_t, \Delta_t$, vil bli skrevet som $\partial_k G_t, \partial_m G_t, \partial_x G_t$ og $\partial_\Delta G_t$ hhv.

Den tredje endringen gjelder den forventede verdien ex ante, $E_{f_t} \Pi_{g,Y}(k_{t+1}, -m_{t+1}, x_{t+1}^*, z_{t+1})$. Med bakgrunn i definisjonen (1) av fordelin-

¹⁰Hoveid (2001) peker på at kvadratiske funksjoner kan være lokalt fleksible, men inneholder for få parametre til å være globalt fleksible.

¹¹Der en konveks funksjon ikke er deriverbar — på hjørner — har den i alle fall en mengde av "subgradienter" som representerer tangenter til grafen av funksjonen.

gen f_t , kan denne verdien sees som en funksjon av $(k_{t+1}, m_t, x_t^*, z_t)$:

$$\begin{aligned} & E\Pi_{g,Y} \begin{pmatrix} k_{t+1} \\ -m_t \\ x_t^* \\ z_t \end{pmatrix} \\ &= \int g(m_{t+1}, x_{t+1}^*, z_{t+1} | m_t, x_t^*, z_t) dm_{t+1} dx_{t+1}^* dz_{t+1} \Pi_{g,Y} \begin{pmatrix} k_t + \Delta_t \\ -m_{t+1} \\ x_{t+1}^* \\ z_{t+1} \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (4)$$

Hvis vi har en stasjonær stokastisk prosess — der verdien av de stokastiske variable er uavhengig av hvilken verdi de antok i forrige periode — vil selvfølgelig de eksogene variablene (m_t, x_t^*, z_t) ikke påvirke funksjonsverdien. Imidlertid er dette et spesialtilfelle som forekommer relativt sett mye oftere i litteraturen enn i virkeligheten.

Med disse tre endringene blir det stokastisk dynamiske optimeringsproblemet:

$$\Pi_{g,G} \begin{pmatrix} k_t \\ -m_t \\ x_t^* \\ z_t \end{pmatrix} = \max \left\{ x_t^T x_t^* + E\Pi_{g,G} \begin{pmatrix} k_t + \Delta_t \\ -m_t \\ x_t^* \\ z_t \end{pmatrix} \mid G \begin{pmatrix} -k_t \\ m_t \\ x_t \\ \Delta_t \end{pmatrix} \leq 0 \right\} \quad (5)$$

En løsning for dette maksimeringsproblemet kan finnes som et salpunkt av en Lagrangefunksjon:

$$\mathcal{L} = x_t^T x_t^* + E\Pi_{g,G} \begin{pmatrix} k_t + \Delta_t \\ -m_t \\ x_t^* \\ z_t \end{pmatrix} - G \begin{pmatrix} -k_t \\ m_t \\ x_t \\ \Delta_t \end{pmatrix} \gamma_t \quad (6)$$

der $\gamma_t \geq 0$ er Lagrangemultiplikatoren på betingelsene $G(-k_t, m_t, x_t, \Delta_t) \leq 0$. For et slikt salpunkt har vi førsteordensbetingelser:

$$x_t^* = \partial_x^T G_t \gamma_t \quad (7)$$

$$\partial_k E\Pi_{t+1} - \partial_\Delta G_t \gamma_t = 0 \quad (8)$$

$$G_t \leq 0 \perp \gamma_t \geq 0 \quad (9)$$

Videre gir omhyllingsteoremet:

$$\Pi_t = x_t^T x_t^* + E\Pi_{t+1} \quad (10)$$

$$\partial_k \Pi_t = \partial_k E \Pi_{t+1} + \partial_k G_t \gamma_t \quad (11)$$

$$-\partial_m \Pi_t = \partial_m E \Pi_{t+1} - \partial_m G_t \gamma_t \quad (12)$$

$$\partial_{x^*} \Pi_t = x_t^T + \partial_{x^*} E \Pi_{t+1} \quad (13)$$

Likningene (7)-(13) er sentrale når det gjelder optimal planlegging under usikkerhet over diskret tid. Spesielt de siste, som kalles Euler-likninger, spiller en sentral rolle.

Tolkninger av likningene (8) og (11) viser noe av sammenhengen mellom transformasjons- og verdifunksjoner. Partielle deriverte av G_t multiplisert med γ_t kan vi kalle ”produsentens skyggepriser” — ettersom det er i samsvar med disse skyggeprisene at produksjonen foregår. Partielle deriverte av Π_t vil vi kalle ”eierens skyggepriser” — ettersom det er disse prisene som forteller eieren om den marginale verdien av kapitalbeholdningene. Betingelsen (8) sier nå at eierens forventede diskonterte skyggepris på kapital er lik produsentens skyggepris på endring i kapital perioden før. En kan altså si at produsenten leverer kapitalendringer til eieren til eierens skyggepris neste periode. Produsentens skyggepris på kapitalendringer vil vi kalle *leveransepris* på kapital. Betingelsen (11) sier at eierens skyggepris på kapital er identisk med produsentens skyggepris på kapital pluss eierens forventede diskonterte skyggepris neste periode. Produsentens skyggepris på kapital kan altså kalles *brukerpris* på kapital.¹² I en situasjon uten store endringer i kapitalbeholdninger (relativt nær ”steady state”), vil brukerprisene på kapital være positive og reflektere et rentekrav på kapitalen. Det kan imidlertid tenkes situasjoner der brukerprisen blir negativ, når kapitalen har en verdistigning som overstiger rentekravet.

Et spesialtilfelle av dynamiske modeller, som spesielt brukes i forbindelse med dynamiske modeller for generell likevekt, innebærer at vektoren z_t er tom. Da har aktøren som analyseres, til enhver tid samme informasjon om fremtiden som forskeren som analyserer. Dette er det opprinnelige innhold i begrepet *rasjonelle forventninger* (Muth 1961). Den betingede fordelingen $g(m_t, x_t^* | m_{t-1}, x_{t-1}^*)$ vil da være identisk med den stokastiske prosess som forskeren kan estimere for disse variablene. I en analyse som her, synes denne forutsetningen å være urimelig. Aktøren — meierisektoren — har tilgang til mye mer informasjon om den økonomiske og politiske utvikling i samfunnet enn det som er reflektert i de tilgjengelige data for prosessen, $\{m_t, x_t^*\}_{t=0}^T$. Med hensyn til melkemengden kan den i kontakt med melkeleverandørene danne seg et bilde av hvor mye melk som kan bli levert i tiden framover uten å se seg blind på de registrerte mengdene. Melkemengden vil også i betydelig

¹²Betegnelsen ”brukerpris” i forbindelse med den nyklassiske kapitalmodellen omfatter både renter og avskrivninger. Her er avskrivningene ikke tatt med.

grad påvirkes av fremtidige politiske forhold — kvoter, tilskudd og priser — dette kan de også ha begrunnede oppfatninger om. Det finnes derfor opplagt uobserverte z_t som danner bakgrunn for beslutningene. Den tilleggsinformasjonen som ligger i disse uobserverte z_t som aktøren kan observere, vil kunne gi grunnlag for betingede sannsynlighetsfordelinger, $f_t(m_{t+1}, x_{t+1}^*)$ med helt andre egenskaper enn det forskeren kan finne fram til. I en slik situasjon må en bare akseptere at fordelingen f_t er ukjent. Siden også z_t er uobservert, må vi operere med *tidsavhengige verdifunksjoner*,

$$\Pi_t \begin{pmatrix} k_t \\ -m_t \\ x_t^* \end{pmatrix} \equiv \Pi \begin{pmatrix} k_t \\ -m_t \\ x_t^* \\ z_t \end{pmatrix} \quad (14)$$

Når verdifunksjonene er tidsavhengige på en ukjent måte, er det nødvendig å eliminere dem fra modellen. Dette gjøres ved å kombinere sette (8) og (11), og vi får:

$$E_t [(\partial_k^T G_{t+1} + \partial_\Delta^T G_{t+1}) \gamma_{t+1}] = \partial_\Delta^T G_t \gamma_t \quad (15)$$

Tolkningen av denne likningen er viktig. (8) viser at uttrykket på høyre side her, $\partial_\Delta^T G_t \gamma_t$ tilsvarer forventet skyggepris på kapital neste periode. Dette kan dekomponeres i de to leddene på venstre side, forventet brukerpris neste periode, $E_t [\partial_k^T G_{t+1} \gamma_{t+1}]$, og forventet skyggepris på kapital perioden deretter, $E_t [\partial_\Delta^T G_{t+1} \gamma_{t+1}]$.

Den dynamiske likningen i skyggepriser på kapital har et motstykke i en dynamisk likning for kapitalmengder:

$$k_t + \Delta_t = k_{t+1} \quad (16)$$

I tillegg har vi den fundamentale betingelsen:

$$G_t \leq 0 \perp \gamma_t \geq 0 \quad (17)$$

og avledningene:

$$\partial_m^T G_t \gamma_t = m_t^* \quad (18)$$

$$\partial_x^T G_t \gamma_t = x_t^* \quad (19)$$

som er relevante dersom skyggeprisene m_t^* — eller x_t^* kan observeres. Den første skyggeprisen er identisk med kostnaden ved å foredle en marginal enhet melk. Disse fem gruppene av likninger gir grunnlag for estimering av parametrene i G uten kjennskap til sannsynlighetsfordelingen g — en idé lansert av Hansen & Singleton (1982).

For å summere opp, optimale beslutninger under usikkerhet over diskret tid er her basert på tre relaterte funksjoner: Den dynamiske transformasjonsfunksjonen $G(m_t, x_t, -k_t, \Delta_t)$ som angir mulighetsområdet for løpende produksjon og endring av tilstandsvariable, verdifunksjonen ex post $\Pi_{g,G}(k_t, -m_t, x_t^*, z_t)$ som angir nåverdien av alle nåværende og fremtidige nettoinntekter, og verdifunksjonen ex ante $E\Pi_{g,G}(k_{t+1}, -m_t, x_t^*, z_t)$ som angir forventet nåverdi av alle fremtidige nettoinntekter fra neste periode av. Disse funksjonene er relatert gjennom optimalitetsbetingelsene (7)-(11) ovenfor og definisjonene (5) og (4). Disse innebærer funksjonallikninger — likninger der de variable er funksjoner. Funksjonallikninger generelt er vanskelige å løse, derfor må en enten holde seg til enkle funksjonsformer som lar seg løse — i hovedsak kvadratiske funksjoner og normalfordelte prosesser — eller fokusere bare på én av disse funksjonene avhengig av problemstillingen. Her har vi altså valgt transformasjonsfunksjonen.

En annen tilnærming til planlegging under usikkerhet over tid som er vanlig i litteraturen, fokuserer på verdifunksjonen $\Pi_{g,G}$, for eksempel Lansink & Stefanou (2001). Når denne funksjonen er estimert, kan en finne hvordan faktoreterspørsel, $x = \partial_x^* \Pi$ avhenger av tilstandsvariable k .¹³ Dette kalles ”dynamisk faktoreterspørsel”. En ulempe med den metoden er at resultatene reflekterer en delvis ukjent stokastisk prosess g i eksogene variable gjennom observasjonsperioden. Når denne prosessen er ukjent, er det vanskelig å slutte seg til hvilke tekniske begrensninger som ligger til grunn for beslutningene. Dermed er det også vanskelig å finne hvordan Π avhenger av g .

En tredje tilnærming til usikkerhet over tid er ”anvendt dynamisk programmering” (Kennedy 1986), der en løser programmer som (3) under bestemte forutsetninger om mulighetsområdet Y og prosessen g . Som oftest er det teknisk informasjon som ligger til grunn for spesifikasjonen av Y , og mulighetene og tilstandene er angitt diskret, og som regel er det driftsøkonomiske beslutninger som behandles. Årsaken til at vi ikke går rett på dynamisk programmering her, er at vi ikke har teknisk informasjon om den dynamiske sammenhengen mellom teknisk endring, anleggsstruktur og faktorbruk. Dette er makrosammenhenger, mens teknisk informasjon i regelen dreier seg om forhold i mikro. I delkapittel 5.5 vises det imidlertid at en form for dynamisk programmering kan benyttes for å finne konsekvenser av de sammenhengene som er estimert.

¹³Dette forutsetter at den stokastiske prosessen er stasjonær.

5.3 Hva om verden ikke var usikker eller under endring?

Modellen ovenfor skal ikke trenge noen modifikasjoner for å tilpasses en situasjon uten usikkerhet og uten endringer. En kan tenke seg at alle priser fryses for all framtid fra et visst tidspunkt, T , til x^* . Dessuten fryses melkemengden til m . Diskonteringsfaktoren er frosset til ρ . Da blir sannsynlighetsfordelingene f_t like, med sannsynlighetsmasse 1 i punktet (m, x^*) for alle $t \geq T$. De to verdifunksjonene blir identiske som funksjoner av k , $E\Pi_{g,G}(k) \equiv \Pi_{g,G}(k, -m, x^*)$.

Med mindre denne frysingen ble innført gradvis, skal det mye til at de kapitalmengdene som var bestemt ved $T - 1$, k_T , er optimalt tilpasset den statiske verden som kommer etter. I så fall skal det ved tidspunkt T være optimalt og unngå endringer, dvs. $\Delta_T = 0$.

Betingelsene for at $(-k_T, m, x_T, 0)$ er optimal i denne situasjonen har nær sammenheng med betingelsene for optimal tilpasning i en statisk modell uten tid. I en statisk modell vil de tekniske mulighetene være gitt ved mengden av (k, m, x) med $G(-k, m, x, 0) \leq 0$. Kapitalbeholdningene må nå tenkes leid inn for produksjonsperioden til en pris k^* , siden $\Delta = 0$ og produsenten ikke selv har mulighet til å endre på beholdningene. Beslutningsproblemet blir:

$$\pi \begin{pmatrix} -m \\ k^* \\ x^* \end{pmatrix} = \max \left\{ -k^T k^* + x^T x^* \mid G \begin{pmatrix} -k \\ m \\ x \\ 0 \end{pmatrix} \leq 0 \right\}$$

med optimalitetsbetingelser:

$$-k^* + \partial_k G\gamma = 0$$

$$x^* - \partial_x G\gamma = 0$$

og Eulerlikninger:

$$-\partial_m \pi(-m, k^*, x^*) = -\partial_m G\gamma$$

Disse betingelsene er konsistente med betingelsene i det tilsvarende dynamiske problemet når

$$(1 - \rho)\partial_k^T \Pi(k_T, -m, x^*) = k^*$$

det vil si når den eksogene leieprisen på kapital i den statiske modellen, tilfeldigvis faller sammen med den endogene interne leieprisen i den dynamiske modellen. Følgelig kan en si at den statiske modellen er god nok for situasjoner uten endringer *når man kan gjette riktig på leieprisene på kapital eller når leieprisen på kapital betyr lite for produksjonen.*

Resultatet her står i en viss kontrast med det eksemplet som ble gitt i kapittel 4. I eksemplet er leieprisen på kapital kjent, likevel blir det forskjell på den statiske og den dynamiske analysen. Grunnen er at eksemplet er basert på en teknologi med et valg mellom to ulike alternativ uten mulighet for kombinasjon. Transformasjonsfunksjonen G er da hverken kontinuerlig eller deriverbar og utledningen ovenfor er ikke gyldig for dette eksemplet. Spørsmålet er så hvilke av disse tilfellene som er relevante. En kontinuerlig deriverbar G , eller en diskontinuerlig G . I delkapittel 5.4 argumenteres det for at så lenge en holder seg på et aggregert nivå, kan forutsetningen om kontinuerlig og konveks G være rimelig. I så fall vil det motiverende eksemplet være lite relevant. Dersom en kontinuerlig deriverbar transformasjonsfunksjon G lar seg føye til makrodata på en tilfredsstillende måte, så kan man i alle fall ikke forkaste en slik G .

Leiepriser på kapital er i noen utstrekning observerbare i markedet. Muligheten for å finne en høvelig leiepris er derfor tilstede. På den andre siden må det være en grunn til at bedrifter i så stor grad velger å eie i stedet for å leie. Det skyldes trolig at det er billigere å eie. Markedsprisene på kapitalleie er derfor i de fleste tilfeller for høye. Et annet utgangspunkt for fastsettelse av den interne leieprisen på kapitalbeholdninger er avhendelsesverdien. For all kapital som en velger å beholde, må avhendelsesverdien være lavere enn skyggeprisen. Siden skyggeprisen er forventet nåverdi av fremtidige leieverdier, gir avhendelsesverdien sammen med et anslag for gjenværende levetid, et nedre anslag for leieverdien. Hvis gapet mellom den øvre og nedre tallfestingen er stort, vil den endogene leieverdien ha et stort spillerom, og vanskelig kunne bestemmes eksogent. Dette vil likevel ikke være noe stort problem modellmessig sett hvis det spiller liten rolle for produksjonen hva den interne leieverdien er.

5.4 Mulighetsområdet for produksjon og endring av tilstandsvariable

To viktige forutsetninger skal gjøres om mulighetsområdet Y som beskriver hvordan produksjons- og tilstandsvariable er gjensidig avhengig av hverandre:

1. Y er en kjegle
2. Y er konveks

At mulighetsområdet er en kjegle, (1), betyr at alle opp- eller nedskaleringer av en mulighet også er en mulighet. Dersom dette gjaldt mulighetene for en enkelt bedrift (mikro), ville dette være temmelig urimelig. Hver enkelt maskintype har som regel en minste tilgjengelig størrelse. Denne maskinen

kan ikke deles i to uten at det får konsekvenser. Vi skal imidlertid se på en hel sektor (makro) som er såvidt stor at den har flere maskiner av hver type. En nedskalering til et mindre antall maskiner er da ikke så urimelig som i mikro-tilfellet.

Det er et viktig poeng at dersom $(-k_t, m_t, x_t, \Delta_t) \in Y$ beskriver en mulig aktivitet i meierisektoren i Norge i år t , så vil vi også ha $(-2k_t, 2m_t, 2x_t, 2\Delta_t) \in Y$ slik at $(-2k_t, 2m_t, 2x_t, 2\Delta_t)$ beskriver en mulig meieriaktivitet i et land som er dobbelt så stort som Norge, men ellers har de samme lokale og regionale ulikheter.

At mulighetsområdet er konvekst (2) betyr at alle kombinasjoner av to muligheter også er en mulighet. Igjen er udeleligheten av maskiner et problem. Det å ha ingen maskiner av en bestemt type kan være en mulighet. Når dette kombineres med en mulighet med én maskin av denne typen, betyr det at maskinen skal kunne deles. Igjen er forutsetningen om konvekksitet problematisk på bedriftsnivå, men kan lettere forsvares på sektornivå.

To viktige omstendigheter omkring dette mulighetsområdet må understrekes: For det første, siden flere varer her kan bli produsert samtidig, er dette en såkalt *mangeproduktteknologi*. Standard produktfunksjoner duger ikke til slike teknologier. For det andre, endringen i tilstandsvariable, Δ , kan være positiv eller negativ. Fortegnet avgjøres av omstendighetene. Den funksjonen som skal avspeile produksjonsmulighetene må derfor tåle at argumentene skifter fortegn.

Konvekksitet og homogenitet alene gir sterke føringer for strukturen for mulighetsområdet Y , men det er likevel et stort rom av slike områder som kan føye observerte data på en god måte, og ytterligere avgrensninger er nødvendig. Vi tar da utgangspunkt i det området skal brukes til: nemlig simulering av tenkte hendelser. Slike simuleringer viser seg ikke sjelden å komme ut med resultater som er helt urimelige. Et kjent eksempel er at produsenter begynner å levere arbeidskraft når prisen på arbeid stiger, i stedet for å bare redusere bruken av arbeidskraft ned mot null. Slike urimeligheter kan i stor grad unngås gjennom forutsetninger om Y . Med andre ord, den tankegangen som benyttes når en konkluderer at resultatet av simuleringen er feil, skal formaliseres gjennom forutsetninger om Y .

To typer av slike forutsetninger er funnet. Den ene typen formuleres lettest ved hjelp av *den polare kjeglen* til Y , Y^* . Dette er mengden av alle priser som støtter et eller annet profittmaksimum i Y . Forholdet mellom elementene i Y og Y^* er preget av symmetri — *dualitet*:

$$y \in Y \text{ medfører } y^T y^* \leq 0 \text{ for alle } y^* \in Y^* \quad (20)$$

$$y^* \in Y^* \text{ medfører } y^T y^* \leq 0 \text{ for alle } y \in Y \quad (21)$$

Vi vil i hele denne rapporten bruke den konvensjon at y, k, m, x, Δ står for mengder, mens $y^*, k^*, m^*, x^*, \Delta^*$ står for tilsvarende priser. Priser er i denne sammenheng skyggepriser. Dersom markedspriser finnes, vil skyggeprisene være lik markedsprisene, ellers står skyggeprisene på egne bein.

Vi er bare interessert i kanten av mulighetsområdet Y . Dette består av mengdevektorer y som det kan finnes prisvektorer y^* til, slik at $y = \operatorname{argmax}\{y^T y^* | y \in Y\}$. Siden Y er en kjegle må vi da ha $y^T y^* = 0$. Dessuten vil y^* også ligge på kanten av mulighetsområdet Y^* . For alle vektorer av mengder, y_t og priser y_t^* , skal vi følgelig ha,

$$y_t^T y_t^* = 0$$

I tillegg til dette skal vi ha oppfylt — eventuelt etter korreksjoner for feil — ”the weak axiom of profit maximization” (Varian 1984)

$$y_s^T y_t^* \leq 0$$

for alle kombinasjoner av mengder og priser. Vi ser her at prisobservasjonene setter grenser for mulighetsområdet for mengder, Y , mens mengdeobservasjonene setter grenser for mulighetsområdet for priser, Y^* .

Det er sannsynlig at observasjonene alene ikke setter veldefinerte rammer for de to mengdene. Dette — som har bakgrunn i utilstrekkelig spredning av observasjonene — kan i betydelig grad avhjelpest ved å legge inn *tenkte observasjoner*. De tenkte observasjonene kommer i to typer: Prisvektorer som spenner ut Y^* og begrenser Y . Og mengdevektorer som spenner ut Y og begrenser Y^* .

Et enkelt og tilforlatelige eksempel på en tenkt prisvektor som begrenser Y , kan finnes med følgende resonnement: Dersom vare j er en primær innsatsfaktor, kan den aldri inngå i positive kvanta i en mulig produksjon, selv om prisen på den er aldri så høy. Vi har da at $y \in Y$ medfører $y_j \leq 0$. Denne situasjonen kan modelleres ved å forutsette at I_j^J , den j -te kolonnevektoren i den J -dimensjonale enhetsmatrisen, er en prisvektor i Y^* . Da har vi for alle $y \in Y$, på grunn av (21), $0 \geq y^T I_j^J = y_j$. At I_j^J skal ligge på kanten av Y^* , er ikke så opplagt. Det betyr at det må være mulig å produsere noe uten å benytte faktor j .

På tilsvarende måte kan vi finne en tenkt mengdevektor: Dersom vare j har fri avhending, er det ikke noe teknisk problem å benytte for store mengder innsatsfaktorer eller å ta ut bare en begrenset del av produksjonen. Fri avhending har nær sammenheng med positive priser, og kan uttrykkes formelt ved følgende: Vare j har fri avhending når $y^* \in Y^*$ medfører $y_j^* \geq 0$. Denne situasjonen modelleres ved å legge inn $-I_j^J$ som et tenkt element i Y .

Igjen er det ikke opplagt at $-I_j^J$ ligger på kanten av Y . Men dersom vare j ikke kan produsere noe produkt alene, vil dette holde.

For å kunne konkretisere de tenkte observasjonene for den dynamisk teknologien for meierisektoren, er det nødvendig med en nærmere beskrivelse av vektorene, m, x, k og Δ . Inndelingen er i betydelig grad påvirket av tilgjengelige data — som ikke er særlig detaljerte. m er som nevnt før melkemengden. x har følgende elementer:

- *investeringer* x_i
- *arbeid* x_a
- *transport* x_r

Variabelen x_r som står for transport, trenger en forklaring: Kostnadene i meierisektoren, og i høy grad anleggsstrukturen, er avhengig av transportmulighetene i Norge, slik det er forklart i kapittel 3. Kort sagt, den norske geografien stiller ekstra krav om innsatsfaktorer for å få samlet inn melk og for å distribuere produkter utover det ganske land. Siden transporten er kostnadskrevende, kan en si at transporten er et *produkt* som meierisektoren leverer sammen med de rene produksjonstjenestene. Dersom dette transportkravet var konstant over hele analyseperioden, kunne vi rett og slett måle den ved sette $x_{rt} = 1$, men som antydnet i kapittel 3 er det grunn til å tro at transportkravet har minket over tid. Selv om Dovre fortsatt står fast, er det blitt lettere å komme over. Transportmessig sett kan en si at Norge ”krymper” over tid. Denne ”krympingen” har vi ikke data for. Vi velger derfor å sette $x_{rt} = e^{\tau(t-1966)}$, der τ er en positiv parameter som bestemmes i estimeringen. En slik tidstrend kan i og for seg også dekke andre forhold som har vært under endring og som ikke er tatt med i modellen: Nedgangen i antall melkeprodusenter og økningen av antall produkter. Det første antas å redusere kostnadene, mens det andre ventes å øke dem.

Følgende elementer benyttes både for k og Δ :

- *produksjonskapital* k_c, Δ_c
- *antall bedrifter* k_n, Δ_n

Dimensjonen på vektorene x og x^* er altså 3. For vektorene k, Δ, k^* og Δ^* er dimensjonen 2. Når vi tar med melkemengden, blir dimensjonen for mulighetsområdene Y og Y^* i dette tilfellet, $1 + 3 + 2 \cdot 2 = 8$.

Beskrivelsen av kapital er verdt en nærmere kommentar. Den firedelte kapitalen er et kompromiss mellom to ytterpunkter av spesifikasjoner. Det ene ytterpunktet er den nyklassiske produksjonsmodellen der vi i utgangspunktet

har bare en én-dimensjonal tilstandsvariabel, $k_0 \geq 0$. Denne kan dessuten handles fritt i markedet med kjøp og salg til samme pris. Dermed finnes det ikke noen binding mellom k_{t0} og $k_{t+1,0}$, annet enn tilstandslikningen,

$$\delta k_{t0} - x_{it} = k_{t+1,0}$$

der δ er en gitt overlevelsesparameter. Planene for neste periode, k_{t+1}^0 , og det som hendte i forrige periode, k_{t-1}^0 , påvirker ikke mulighetene for inneværende periode. Produksjonsmulighetene kan her skrives som et sett av 5-dimensjonale vektorer, $(m, x, k_0) \in Y_0$. Den ny-klassiske modellen er uaktuell for denne analysen fordi den ikke gir rom for noen endogen bedriftsstruktur. Dessuten er forutsetningen om fritt kjøp og salg av kapital i seg selv urealistisk.

Det andre ytterpunktet for en kapitalmodell er en fullstendig disaggregert modell der kapitalobjekter er listet opp etter type og tilstand, og der en tar i betraktning at prisen på å anskaffe et kapitalobjekt er høyere enn prisen for å selge det (transaksjonskostnader). En slik modell ville imidlertid bli fullstendig uhåndterlig på grunn av størrelsen. For det første vil det være enormt mange typer og tilstander som må trekkes inn i modellen. For det andre blir modelleringen vanskeligere fordi en ikke kan ignorere udeleligheten av kapitalobjekter. Dessuten finnes det ikke tilgjengelige data som beskriver kapitalen på en slik måte.

Den kapitalmodellen som benyttes her, er den enklest mulige som forener transaksjonskostnader i kapitalen med en bedriftsstruktur. Modellen vil få trekk av "putty-clay", (Johansen 1959, Johansen 1972), gjennom forutsetningen $x_i \leq 0$ som innebærer at kapital bare kan kjøpes, ikke selges. Vi har imidlertid valgt en helt annen disaggregering og en helt annen modellering av kapitalen enn den årgangsinndeling som Johansen benyttet. Der Johansens kapital er differensiert etter investeringstidspunkt, er vår kapital differensiert i bare to størrelser, k_c og k_n , der k_c er en uobservert variabel og k_n er antall produksjonsanlegg. Der Johansen forutsatte at kapitalen varer evig eller depresieres etter et deterministisk skjema, forutsetter vi at utviklingen i kapitalmålene er gitt av mulighetsområdet, Y . Den viktigste forskjellen er likevel at modellen her kan settes i sammenheng med en observert anleggsstruktur gjennom antall anlegg, mens Johansens modell ikke har denne muligheten.

Skyggeprisene på tilstandsvariablene krever også en kommentar. Når Y er beskrevet med en transformasjonsfunksjon, G , som i modellen (7) - (11), vil vektorene

$$\partial G_t \gamma_t = \begin{pmatrix} m_t^* \\ x_t^* \\ k_t^* \\ \Delta_t^* \end{pmatrix}$$

være vektorer av skyggepriser. Vi ser da av (8) at Δ_t^* kan tolkes som (nåverdien av) forventede skyggepriser på neste periodes tilstandsvariable, mens (11) viser at k_t^* kan tolkes som forskjellen mellom skyggeprisene på tilstandsvariable i inneværende periode og forventede skyggepriser i neste periode (forventet endring i skyggepris ex ante).

De tenkte observasjonene kan nå beskrives og begrunnes. Tenkte prisvektorer er gjengitt som kolonner i tabell 7 på følgende måte. Markering av en pris med et tall angir at prisen skal ha samme fortegn som tallet. Markering av priser med tall av lik absolutt verdi i samme kolonne, angir at prisene skal ha lik absolutt verdi. Markering av priser med 0, angir at prisen skal være 0.

Generelt vil en tenkt prisvektor y_n^* peke på forhold som *nødvendigvis må gjelde* for alle mengdevektorer y fordi $y^T y_n^* \leq 0$. Dessuten er prisvektoren selv med på å spenne ut mengden av mulige priser fordi det forutsettes å finnes mengdevektor y_n med $y_n^T y_n^* = 0$.

Prisvektorene y_1^* og y_2^* innebærer at en kan ikke ha gjeld i realkapital. Produksjonskapital og antall anlegg er aldri negative. Tilsvarende innebærer y_3^* og y_4^* at investeringer, x_i , og arbeid, x_a , forutsettes å være primære faktorer som ikke under noen omstendighet kan selges fra meierisektoren. Det er litt ekstremt å forutsette at meierisektoren ikke kan drive frasalg av kapitalobjekter, men siden vi ikke har noen eksempler på dette (på sektornivå) velges denne enkle forutsetningen. For både produksjonskapital, antall anlegg, arbeid og investeringer kan det forutsettes at noe kan produseres uten å benytte hver enkelt av disse faktorene. Hvis produksjonen starter fra ingenting kan kapital og anlegg bygges opp med investeringer. Hvis produksjonen er under nedtrapping, kan en klare seg uten investeringer. Alle disse prisvektorene er derfor på kanten av mulighetsområdet Y^* .

y_{11}^* sier at en kombinasjon av arbeid og produksjonskapital er nødvendig for å foredle melk. Det antas også at dette er tilstrekkelig.¹⁴ y_{12}^* og y_{13}^* sier at investeringer er nødvendige for at produksjonskapital og antall anlegg skal kunne økes. Vi forutsetter også at dette er tilstrekkelig. y_{14}^* er en parallell til y_{11}^* i det arbeid og kapital forutsettes nødvendig og tilstrekkelig for å levere transporttjenesten.

De siste prisvektorene, y_{31}^* og y_{32}^* , må sees i sammenheng med den tilhørende mengdevektorene. y_{31}^*, y_{31} beskriver en "steady state" der produksjonskapitalen og antall anlegg ikke endrer seg, samtidig som skyggeprisen på produksjonskapital er positiv, og forskjellen mellom skyggeprisen i inneværende periode og nåverdien av skyggeprisen i neste periode — renta på kapital — også er positiv. Siden antall anlegg er optimalt tilpasset i "ste-

¹⁴Det kan innvendes at det er nødvendig med minst ett produksjonsanlegg også. For å omgå dette argumentet, kan vi la k_n stå for antall anlegg minus 1.

ady state”, er skyggeprisen på antall anlegg og renta på antall anlegg lik null. y_{32}^*, y_{32} beskriver tilsvarende en situasjon som kan tenkes dekkende for den observerte utviklingen: Antall anlegg reduseres i en optimal prosess med skyggepriser lik null, mens kapital akkumuleres.

For de øvrige tenkte mengdevektorene som begrenser Y^* , har vi i tabell 8, fri avhenging for melk, arbeid, transport, og økning av produksjonskapital og antall anlegg. Vektorene $y_{51} - y_{55}$ angir dette ved at de respektive priser må være ikke-negative. For alle disse varene er det rimelig å forutsette at de ikke kan produsere noe alene.

Tabell 7: Tenkte prisvektorer

	y_1^*	y_2^*	y_3^*	y_4^*	y_{11}^*	y_{12}^*	y_{13}^*	y_{14}^*	y_{31}^*	y_{32}^*
k_c^*	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1
k_n^*	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
m^*	0	0	0	0	2	0	0	0	2	2
x_a^*	0	0	1	0	3	0	0	2	3	3
x_i^*	0	0	0	1	0	1	1	0	4	4
x_r^*	0	0	0	0	0	0	0	3	5	5
Δ_c^*	0	0	0	0	0	2	0	0	6	6
Δ_n^*	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0

Tabell 8: Tenkte mengdevektorer

	y_{31}	y_{32}	y_{51}	y_{52}	y_{53}	y_{54}	y_{55}
$-k_c$	-1	-1	0	0	0	0	0
$-k_n$	-2	-2	0	0	0	0	0
m	3	3	-1	0	0	0	0
x_a	-4	-4	0	-1	0	0	0
x_i	-5	-5	0	0	0	0	0
x_r	6	6	0	0	-1	0	0
Δ_c	0	7	0	0	0	-1	0
Δ_n	0	-8	0	0	0	0	-1

Det er ikke enkelt å se konsekvensene av disse forutsetningene — blant annet fordi disse er avhengig av den relative størrelsen av koeffisientene. På den ene siden vil disse forutsetningene være med på å spenne ut mulighetsområdene Y og Y^* gjennom nedre grenser på de positive elementene og øvre

grenser på de negative. På den andre siden vil forutsetningene også avgrense mulighetsområdene gjennom ulikhetene (21) og (20). Selv om alle de forutsetningene som er gjort her, virker tilforlatelige, kan en spørre seg om det ikke var andre alternative forutsetninger som kunne vært like bra eller bedre. Svaret på det er antakeligvis, ja. Poenget her er likevel ikke å finne de beste forutsetningene, men å finne fram til begrunnede forutsetninger.

5.5 Verdifunksjonen

Når transformasjonsfunksjonen G er estimert, kan en gå videre med simuleringer for å undersøke hvordan ulike forutsetninger om følgen $\{(m_t, x_t^*)\}_{t=0}^{\infty}$ — de variable som er eksogene for beslutningstakeren — påvirker utviklingen. Generelt vil en slik følge kunne oppfattes som en multivariat stokastisk prosess der en betinget sannsynlighetsfordeling, $g(m_t, x_t^*, z_t | m_{t-1}, x_{t-1}^*, z_{t-1})$, er spesifisert på en eller annen måte. $\{z_t\}$ er da en følge av variable som er med på å drive utviklingen.

Noen eksempler på slike prosesser:

stasjonær økonomi — Melkemengde og faktorpriser, m_t, x_t^* , er konstante

jevn teknisk framgang — Prisforholdet mellom kapitalvarer og arbeidskraft, x_{it}^*/x_{at}^* , reduseres med en konstant rate $\bar{\eta}$

stokastisk teknisk framgang — Prisforholdet ovenfor reduseres med en stokastisk rate η slik at forventet pris blir identisk med forrige eksempel

jevn reduksjon i melkemengde — Melkemengden, m_t , reduseres med en konstant rate $\bar{\theta}$

stokastisk reduksjon av melkemengde — Melkemengden reduseres med en stokastisk rate θ slik at forventet mengde blir identisk med forrige eksempel

Ved å benytte tilleggsvariable z_t er det ingen grense for hvilke diskrete stokastiske prosesser som kan undersøkes, men vi ser bort fra dette her for enkelhets skyld. Hver prosess beskrives med én sannsynlighetsfordeling g og resulterer i én verdifunksjon, $\Pi_{g,G}(k_t, -m_t, x_t^*)$, og en forventet verdifunksjon, $E\Pi_{g,G}(k_{t+1}, -m_t, x_t^*)$, som er løsning av optimalitetsbetingelsene (7)-(11) for den estimerte transformasjonsfunksjon, G .

En kan nå legge merke til at dersom en skal simulere en utvikling i samsvar med en bestemt stokastisk prosess for eksogene variable, g , så er det den forventede verdifunksjonen ex ante, $E\Pi_{g,G}$, som er sentral, fordi den inngår eksplisitt i det dynamiske programmet (5). Kort sagt, når denne funksjonen

er kjent, kan dette programmet løses periode for periode. Med hensyn til anvendelser synes det derfor viktigere å finne fram til parametrisk spesifikasjon av denne, enn av verdifunksjonen ex post, $\Pi_{g,G}$. Det forutsettes nå at også denne funksjonen har standard egenskaper for begrensede profittfunksjoner: Konkav i mengder og konveks og lineært homogen i priser. Dessuten forutsettes det med bakgrunn i delkapittel 5.4, at den også er lineært homogen i mengder.

Optimalitetsbetingelsene (7)-(11) kan benyttes til å beregne en tilnærmet verdifunksjon $E\Pi_{g,G}$ for gitt transformasjonsfunksjon G og gitt prosess g . Vi kan lage noen ekstra tilleggsobservasjoner for dette formål: For alle observasjoner m_t, x_t^* dannes et endelig sett mulige observasjoner i neste periode i henhold til g , $\{m_{tu}, x_{tu}^*\}_{u \in U}$. Dersom g er en deterministisk prosess, har settet U bare ett element. Den betingede sannsynligheten $g(m_{tu}, x_{tu}^* | m_t, x_t^*)$ skrives P_{tu} .

Nå kan vi skrive det stokastisk dynamiske optimeringsprogrammet (5) uten ex post verdifunksjonen:

$$E\Pi_{g,G} \begin{pmatrix} k_{t+1} \\ -m_t \\ x_t^* \end{pmatrix} \approx \sum_{u \in U} P_{tu} \max \left\{ x_{tu}^T x_{tu}^* + E\Pi_{g,G} \begin{pmatrix} k_{t+1} + \Delta_{tu} \\ -m_{tu} \\ x_{tu}^* \end{pmatrix} \mid G \begin{pmatrix} -k_{t+1} \\ m_{tu} \\ x_{tu} \\ \Delta_{tu} \end{pmatrix} \leq 0 \right\} \quad (22)$$

Optimalitetsbetingelser og Eulerlikninger kan skrives ut parallelt med likningene (7)-(13):

$$x_{tu}^* = \partial_x^T G_{tu} \gamma_{tu} \quad (23)$$

$$\partial_k E\Pi_{tu} = \partial_\Delta G_{tu} \gamma_{tu} \quad (24)$$

$$G_{tu} \leq 0 \perp \gamma_{tu} \geq 0 \quad (25)$$

$$E\Pi_t \approx \sum_{u \in U} P_{tu} (x_{tu}^T x_{tu}^* + E\Pi_{tu}) \quad (26)$$

$$\partial_k E\Pi_t \approx \sum_{u \in U} P_{tu} (\partial_k E\Pi_{tu} + \partial_k G_{tu} \gamma_{tu}) \quad (27)$$

$$-\partial_m E\Pi_t \approx - \sum_{u \in U} P_{tu} (\partial_m E\Pi_{tu} - \partial_m G_{tu} \gamma_{tu}) \quad (28)$$

$$\partial_{x^*} E\Pi_t \approx \sum_{u \in U} P_{tu} (x_{tu}^T + \partial_{x^*} E\Pi_{tu}) \quad (29)$$

og disse likningene gir grunnlag for å *estimere* ex ante verdifunksjonen $E\Pi_{g,G}$.

6 Data

Den viktigste datakilden for meierisektoren er Industristatistikk fra Statistisk sentralbyrå (SSB 1966-1998). For meierisektorens vedkommende ble denne holdt utenfor industristatistikken fram til 1966. En egen meieristatistikk ble da ført. Det er imidlertid dårlig sammenliknbarhet mellom meieristatistikken før 1966 og industristatistikken fra og med 1966. Datainnhenting er derfor begrenset til perioden 1966-98. For dette tidsrommet er det tatt data fra publiserte tabeller "Hovedtall for store bedrifter etter næringsundergruppe", undergruppene "meierier og iskremfabrikker".

Foredlingstjenesten for melk er det produktet som vi her tillegger meierisektoren. Foredlingstjenesten innebærer at melk hentes på gårdene, produseres til meieriprodukter og kjøres ut til butikkene. Mengden foredlingstjeneste måles i det antall liter melk av ku og geit som blir foredlet (BFJ 2002). Verdien av foredlingstjenesten er industristatistikken "bearbeidingsverdi til faktorpriser". Dette utgjøres av bruttoverdi av produserte varer minus vareinnsats minus skatter og avgifter pluss tilskudd og subsidier. Verdi dividert med mengde gir dermed en pris på tjenesten.¹⁵

Mengden arbeid måles med antall ansatte i sektoren. Dette er oppgitt i industristatistikken. Lønnskostadene er også oppgitt, slik at kostnad pr ansatt kan brukes som uttrykk for pris pr ansatt. Å måle arbeid med antall ansatte er ukonvensjonelt, men uproblematisk siden prisen på arbeid også er målt pr ansatt.

Industristatistikken oppgir løpende nettoinvesteringer. En generell prisindeks for kapitalvarer (kilde: Nasjonalregnskapet) forutsettes å speile prisutviklingen på kapitalvarer for meierisektoren. Verdi dividert med pris gir mengden av investeringer.

For tilstandsvariable har vi bare data for antall produksjonsanlegg. Dette er oppgitt i industristatistikken. For produksjonskapital har vi ikke data. I mer nyklassiske modeller benyttes enten de tall en har for hånden (f.eks. bokførte verdier eller brannforsikringsverdi) eller tall som er generert fra investeringer og avskrivninger under bestemte forutsetninger (f.eks. $k_{t+1} = 0.9k_t + \text{investering}$). I denne modellen lar vi data, forutsetninger og modell bestemme kapitalbeholdningene.

I tabell 9 i vedlegg er mengdedataene gjengitt. I tabell 10 finnes prisdata. Her finnes også diskonteringsfaktorer fra inneværende år til 1966. Forholdet mellom to faktorer angir diskonteringen fra år til år. Den oppgitte serien av diskonteringsfaktorer benyttes også til deflatering av de oppgitte nominelle

¹⁵For årene 1966-76 er ikke "bearbeidingsverdi til faktorpriser" oppgitt, og det er forutsatt at prisutviklingen for denne perioden følger konsumprisindeksen.

prisene. Dette er gjennomført i tabell 11.

Av hensyn til relevansen av analysen kunne en ønsket seg en noe annen avgrensning av foredlingstjenesten enn den som Industristatistikken gir oss. Det er nødvendig med transporttjenester for å få utført foredlingstjenesten. Melka må hentes på gårdene, og produktene må kjøres ut til butikkene. Det å ta hensyn til kostnadene med denne transporten er vesentlig for å kunne gjøre en riktig avvegning mellom stordriftsfordeler i driften av anlegg og ulemper med store transportavstander. Meierisektoren har i stor grad utført disse tjenestene selv med egne biler og egen arbeidskraft, men over tid har transporten i økende grad blitt overtatt av uavhengige selskaper. Faktorinnsatsen i disse selskapene til denne transporten har vi ikke data for, og det vi måler som en foredlingstjeneste har derfor med hensyn til transport trolig blitt mindre omfattende gjennom perioden.

På den andre siden har det gjennom perioden vært en betydelig utvidelse av produktsortimentet. Vi har ikke noe tall for dette, men økningen i antall produktvarianter med hensyn til pakningsstørrelse, fettinnhold og smakstilsetning er enorm. På tross av dette har det ikke skjedd noen vesentlig endring av basisproduktene. Når vi ser bort fra innpakning, fettinnhold og smakstilsetning, ville det antakelig kreves en fagmann for å kunne skille produktene fra 1966 og 1998 fra hverandre.

7 Estimering

7.1 Modell for estimering av transformasjonsfunksjonen

Det som skal estimeres er i første omgang transformasjonsfunksjonen G . For å angi den modellen som skal estimeres, betraktes vektorer fra mulighetsområdet Y som $y_t^T = (-k_t^T, x_t^T, \Delta_t^T)$, der k_t er en vektor av kapitalbeholdninger (tilstandsvariable), x_t er en vektor av omsettbare varer på netput form — inkludert mengden av melk, og Δ_t er endringen av kapitalbeholdninger til neste periode. Vektorer fra området av mulige priser, Y^* , betraktes tilsvarende som $y_t^{*T} = (k_t^{*T}, x_t^{*T}, \Delta_t^{*T})$ — produsentens skyggepriser på kapitalbeholdning, omsettbare varer og endring i kapitalbeholdning hhv. Indeksen t løper over alle observasjoner, S , og alle tenkte observasjoner som er beskrevet i delkapittel 5.4, T .

Modelleringen er noe forskjellig fra konvensjonell økonometri og forskjellen skal forklares og begrunnes etterhvert: I samsvar med vanlig praksis brukes notasjonen, \hat{y}_t og \hat{y}_t^* , for modellens feilkorrigerte variable. Til forskjell fra vanlig praksis blir ikke disse feilkorrigerte variablene definert som venstre side av en likning der det står eksogene variable på høyre side. Faktisk er det *ingen* eksogene variable i denne modellen. De feilkorrigerte variable identifiseres, dels utfra et sett av likninger der det bare forekommer feilkorrigerte variable, og dels utfra en minimal "avstand" mellom feilkorrigerte og observerte eller avledete verdier på disse variablene. Relasjonene mellom feilkorrigerte variable gis først.

Når Y er gitt av en transformasjonsfunksjonen G og en ulikhet $G(y_t) \leq 0$, har vi følgende system av likninger:

$$G(\hat{y}_t) = 0 ; \quad t \in S \cup T \quad (30)$$

$$\partial^T G(\hat{y}_t) = \mu_t \hat{y}_t^* ; \quad t \in S \cup T, \mu_t > 0 \quad (31)$$

Likningene (30) og (31) er nå den teoretiske ramme om de feilkorrigerte variablene. For å komme videre er det nødvendig å sette inn de ulike delene av vektorene \hat{y}_t og \hat{y}_t^* . (30) kan dessuten byttes ut med en enklere likning uavhengig av G . Likningene blir da:

$$\begin{pmatrix} -\hat{k}_t \\ \hat{x}_t \\ \hat{\Delta}_t \end{pmatrix}^T \begin{pmatrix} \hat{k}_t^* \\ \hat{x}_t^* \\ \hat{\Delta}_t^* \end{pmatrix} = 0 ; \quad t \in S \cup T \quad (32)$$

$$\partial^T G \begin{pmatrix} -\hat{k}_t \\ \hat{x}_t \\ \hat{\Delta}_t \end{pmatrix} = \mu_t \begin{pmatrix} \hat{k}_t^* \\ \hat{x}_t^* \\ \hat{\Delta}_t^* \end{pmatrix} ; \quad t \in S \cup T, \mu_t > 0 \quad (33)$$

I tillegg til har vi de dynamiske sammenhengene (15) og (16).

I tråd med hypotesen om rasjonelle forventninger skal de forventede verdier være relativt nær de verdier som realiseres senere. Det må derfor knyttes relativt små feilledd til disse likningene. I likningen (15) har vi på venstre side forventet brukerpris på kapitalbeholdning i neste periode og forventet skyggepris på endringer i kapitalbeholdning i samme perioden. På høyre side har vi skyggeprisen på endring i kapitalbeholdning i inneværende periode. Denne skyggeprisen er imidlertid i seg selv en forventning — eierens forventning om skyggepris på kapital neste periode. Eierens realisererte skyggepris i neste periode blir i henhold til (11) $\hat{k}_{t+1}^* + \hat{\Delta}_{t+1}^*$. Vi kan derfor skrive:

$$\hat{k}_{t+1}^* + \hat{\Delta}_{t+1}^* = \Delta_t^*, \quad 1 \leq t < S \quad (34)$$

En kan også ta likning (15) mer bokstavelig og la k_{t+1}^* og Δ_{t+1} stå for produsentens forventede brukerpriser og leveransepriser neste periode, og la $\hat{\Delta}_t^*$ stå for realisert leveransepris. Da flyttes feilene over på den andre siden og vi skriver:

$$k_{t+1}^* + \Delta_{t+1} = \hat{\Delta}_t^*, \quad 1 \leq t < S \quad (35)$$

Nå er dermed Δ^* lik en *forventet forventet eierpris*. Disse to versjonene er ganske ulike med hensyn til hvordan begrepet rasjonelle forventninger er tolket. I (34) skal forventningene foran neste periode være preget av forventningene i neste periode foran perioden deretter — med andre ord av den informasjon som bli avdekket i neste periode, og alle senere perioder. Dette er en relativt ekstrem for rasjonelle forventninger. I (35) er sammenhengen omvendt. Neste periodes forventninger skal være preget av forventningene i inneværende periode — med andre ord av inneværende periodes informasjon. Likningen (35) er derfor uttrykk for en form for *adaptive rasjonelle forventninger*. Denne forskjellen vil bli gjort enda klarere med likningene (41) og (42) nedenfor.

Med hensyn til kapitalmengder innføres feilledd i (36) slik at denne likningen skrives:

$$k_t = \hat{k}_{t-1} + \hat{\Delta}_{t-1}, \quad 1 < t \leq S \quad (36)$$

En kan spørre seg hvorfor det er nødvendig med feilledd her. I den teoretiske modellen ble det for enkelhets skyld forutsatt at bestemmelsen av kapital til neste periode var deterministisk. Her har vi åpnet for at kapitalen kan være stokastisk — eller at G kan være feilspesifisert.

En siste likning er nødvendig for å gi en høvelig skalering på den uobserverte produksjonskapitalen og dens skyggepriser:

$$k_1 = \Delta_S^* \quad (37)$$

Bakgrunnen for denne likningen er at både kapitalbeholdninger og skyggepriser på kapital er positive tall. En eventuell oppskalering av målet for kapitalbeholdninger fører til en tilsvarende nedskalering av leiepriser og skyggepriser på kapital. Denne likningen angir dermed en skala for mål på kapitalbeholdninger.

Så langt er det enda ikke sagt hvordan feilleddene, $\hat{y}_t - y_t$ og $\hat{y}_t^* - y_t^*$, spesifiseres. Dette gjøres ved hjelp av spesielle rotasjonsmatriser¹⁶ r_t av samme dimensjon som \hat{y}_t slik at:

$$\hat{y}_t = r_t y_t, \quad \hat{y}_t^* = r_t y_t^* \quad (38)$$

Feilene er dermed $\hat{y}_t - y_t = (r_t - I)y_t$ og $\hat{y}_t^* - y_t^* = (r_t - I)y_t^*$. Det er bare $J - 1$ frihetsgrader i rotasjonsmatrisene, og dermed kan gjensidig avhengige feil i både mengde- og prisvariable identifiseres. Metodikken er utledet og beskrevet nærmere i Hoveid (2002).

Denne typen feilledd innebærer at ortogonaliteten av de feilkorrigerede vektorene som følger av (30) og den lineære homogeniteten til G :

$$\hat{y}_t^T \hat{y}_t^* = \hat{y}_t^T \frac{\partial^T G(\hat{y}_t)^*}{\mu_t} = 0$$

vil holde også for de feilaktige vektorene:

$$0 = (r_t y_t)^T r_t y_t^* = y_t^T r_t^T r_t y_t^* = y_t^T y_t^*$$

Dessuten vil disse feilleddene for hver observasjon t definere en transformasjonsfunksjon \hat{G}_t ved:

$$\hat{G}_t(y) = G(r_t y)$$

Disse funksjonene er også konvekse og lineært homogene og oppfyller på grunn av (30) og (31):

$$\hat{G}_t(y_t) = 0, \quad \partial \hat{G}_t(y) = \partial_y G(r_t y_t) r_t = \mu_t (r_t y_t^*)^T r_t = \mu_t y_t^*{}^T$$

Med andre ord, \hat{G}_t passer perfekt til de feilaktige variablene. Dette er i samsvar med idéen om "positive mathematical programming" (Howitt 1995).

Det er hensiktsmessig å skrive modellens likninger ved hjelp av feilaktige variable:

$$\begin{pmatrix} -k_t \\ x_t \\ \Delta_t \end{pmatrix} \begin{pmatrix} k_t^* \\ x_t^* \\ \Delta_t^* \end{pmatrix} = 0; \quad t \in S \cup T \quad (39)$$

¹⁶En rotasjonsmatrise r_t oppfyller $r_t^T r_t = I$ og har determinant lik 1.

$$\partial^T G \left(r_t \begin{pmatrix} -k_t \\ x_t \\ \Delta_t \end{pmatrix} \right) = \mu_t r_t \begin{pmatrix} k_t^* \\ x_t^* \\ \Delta_t^* \end{pmatrix} ; \quad t \in S \cup T, \mu_t > 0 \quad (40)$$

Modellen kan sammenfattes som (34) eller (35), og (36)-(40).

En kan så langt merke seg at likningene som skal estimeres, er uavhengig av graden og arten av usikkerhet som beslutningene er tatt under. Faktisk ville beslutninger tatt under perfekt framsyn gi de samme likninger for estimering — men med andre observasjoner. I slike tilfeller vil modellen også inneholde feilledd, men de vil komme fra uunngåelig feilspesifikasjon av G .

7.2 Identifikasjon

Med hensyn til identifikasjon er det et viktig poeng at uobserverte kapitalbeholdninger, uobserverte skyggepriser og endringer i disse lar seg identifisere som parametre i modellen. Noe direkte bevis for dette blir ikke presentert her, men noen argumenter skal framføres:

Hoveid (2002) har vist at det for alle konvekse funksjoner G og alle y, y^* med $y^T y^* = 0$, finnes éntydig rotasjonsmatrise r og positiv μ slik at $G(ry) = 0$ og $\partial^T G(ry) = \mu r y^*$. Det betyr at uansett hva de uobserverte variablene $\{k_t, \Delta_t, k_t^*, \Delta_t^*\}_{t \in S \cup T}$ måtte være, så lenge de oppfyller $-k_t^T k_t^* + x_t^T x_t^* + \Delta_t^T \Delta_t^* = 0$, så kan likningene (39) og (40) oppfylles.

Det er i og for seg ikke opplagt at det er mulig å oppfylle disse likningene også når en setter inn de dynamiske likningene (34) eller (35), og (36). I det første tilfellet blir (40) til:

$$\partial^T G \left(r_t \begin{pmatrix} -\hat{k}_{t-1} - \hat{\Delta}_{t-1} \\ x_t \\ \Delta_t \end{pmatrix} \right) = \mu_t r_t \begin{pmatrix} k_t^* \\ x_t^* \\ \hat{k}_{t+1}^* + \hat{\Delta}_{t+1}^* \end{pmatrix} ; \quad t \in S, \mu_t > 0 \quad (41)$$

Forventningene er altså her relatert til både til tidligere og senere informasjon og forventningsfeil. Denne typen forventninger vil vi kalle for *perfekt rasjonelle*. I det andre tilfellet får vi:

$$\partial^T G \left(r_t \begin{pmatrix} -\hat{k}_{t-1} - \hat{\Delta}_{t-1} \\ x_t \\ \Delta_t \end{pmatrix} \right) = \mu_t r_t \begin{pmatrix} k_t^* \\ x_t^* \\ \hat{\Delta}_{t-1}^* - k_t^* \end{pmatrix} ; \quad t \in S, \mu_t > 0 \quad (42)$$

og disse forventningene er bare basert på tidligere informasjon og forventningsfeil. I dette ligger deres adaptive natur. Hypotesen om rasjonelle forventninger er likevel i bruk her, ved at G estimeres slik at de adaptive forventningene skal ligge så nær realiserte verdier som mulig. Disse forventningene

vil vi kalle *adaptivt-rasjonelle*. Disse gir likningene en rekursiv struktur som gjør det lett å finne mulige verdier.

De gjenværende endogene variable kan elimineres dersom systemet definerer disse som funksjoner av observasjonene, $\{x_t^*, x_t\}_{t \in S}$, og parametrene i G . En nødvendig forutsetning for dette er i sin tur at Jacobimatrisen til et subsystem av likninger som inneholder de endogene variablene, kan invertteres. Denne Jacobimatrisen består i stor utstrekning av første- og andreordens partielle deriverte til funksjonene, \hat{G}_t . Dersom G ikke på noen måte er degenerert, er det håp om at matrisen kan invertteres over alt.

Opptelling av antall likninger og endogene variable antyder også at dette kan fungere. For enkelthets skyld forutsettes det at ingen tilstandsvariable er observert, og at både x og x^* er observert. Dimensjonen av vektoren k skrives K , av vektoren x skrives I , og antall observasjoner er S . Vi kan se bort fra rotasjonsmatrisene r_t som endogene variable fordi disse er funksjoner av y_t, y_t^* og parametrene i G . Videre kan vi se bort fra likningene (38) ettersom vi her har et antall likninger som definerer et like stort antall endogene variable, $(\hat{k}, \hat{\Delta}, \hat{k}^*, \hat{\Delta}^*)$. Det er nå igjen $4KS$ endogene tilstandsvariable, $(k, \Delta, k^*, \Delta^*)$, og S multiplikatorer μ . For å bestemme disse har vi $S(I+2K+1)$ likninger for G og dens partielle deriverte, og $2K(S-1) + K$ dynamiske likninger. Antall negative frihetsgrader er dermed $S(I+4K+1) - K - S(4K+1) = SI - K$. Forutsatt at antall parametre i G ikke overstiger $SI - K$, er det mulig at systemet identifiserer parametre og uobserverte endogene variable.

For observasjonene fra meierisektoren kan vi sette $I = 5$, i det vi for melk, arbeid, investeringer, antall anlegg og endringer i antall anlegg har observert både mengder og priser. Med hensyn til antall anlegg og på endringen i antall forutsettes skyggeprisene på disse å være lik null — ved at antall anlegg er dynamisk optimalt tilpasset.

7.3 Estimeringsmetode

Det kriteriet som kan brukes for estimering, er at rotasjonsvinklene i rotasjonsmatrisene skal være små. Dette betyr intuitivt at feilene $\hat{y}_t - y_t$ og $\hat{y}_t^* - y_t^*$ skal være små, og også at funksjonene \hat{G}_t skal være nær funksjonen G . Poenget er altså å finne en konveks funksjon G som ligger nærmest mulig de funksjoner \hat{G}_t som er generert av data.

Denne formen for estimering kan også formuleres stokastisk: Hver rotasjonsmatrise r_t har en éntydig største rotasjonsvinkel, ϕ_t . For rotasjonsvinklene forutsetter vi en sannsynlighetsfordeling $f(\phi)$ som er symmetrisk om null og éntoppet. Maksimering av "likelihoodfunksjonen", $\sum_t \log f(\phi_t)$, vil da også gi gjennomgående små rotasjonsvinkler. I prinsippet skulle en nå benytte en sannsynlighetsfordeling over intervallet $(-\pi, \pi)$, siden det ikke

er behov for større vinkler. Imidlertid blir vinklene relativt små med tilsvarende lite standardavvik. Vi gjør derfor en minimal feil ved å benytte en normalfordeling med forventning 0 og ukjent varians σ^2 .

Den parametrisering som er valgt for G , er en såkalt ”lineært harmonisk” funksjon (Hoveid 2001).

$$G(\hat{y}) = \text{LH}(\hat{y}_t; \alpha, \beta, \gamma)$$

med parametre α , β , og γ . Funksjonen er globalt konveks og kan kalles globalt fleksibel. Dette er av stor betydning for å få tilnærmet oppfylt alle forutsetningene beskrevet i delkapittel 5.4. Den presise definisjonen er:

$$\text{LH}(y; \alpha, \beta, \gamma) = \left(\sum_{n=1}^N \frac{\beta_n}{\alpha_n^T y} \right)^{-1} - \gamma \sum_{n=1}^N \beta_n \alpha_n^T y \quad (43)$$

Vektene β oppfyller:

$$\sum_{n=1}^N \beta_n = 1 \quad (44)$$

Vektorene α_n , som i dette tilfellet er åtte-dimensjonale, oppfyller:

$$\alpha_n^T \sum_{m=1}^N \alpha_m \beta_m = 1 \quad (45)$$

Antallet slike vektorer, N , er fleksibelt og avhenger av hvor god tilpasning en vil ha.

For å estimere parametrene, minimeres altså en sum av vinkler i rotasjonsmatrisene. Rotasjonsmatrisene, de feilkorrigerede variablene, de avledete feilaktige variablene, og alle mengde- og prisfeil identifiseres som de som minimerer summen av vinkler.

7.4 Problemer

Som nevnt i innledningen har ikke den foreslåtte metoden gitt stabile resultater. Vi har ikke lyktes med å estimere en transformasjonsfunksjon G som angir rammene om strukturendring i meierisektoren. Hvis vi hadde nådd fram med dette, kunne vi gått videre med analyse av hvordan ulike forutsetninger ville påvirket optimale strukturendringer. Det er dessuten overhodet problematisk å få fram resultater. Dette kan ha flere årsaker. Det kan være feil eller mangler både i den teoretiske modellen, den estimerte modellen og den implementerte modellen. Det kan også ligge problemer i dårlige data. Med

hensyn til den teoretiske modellen ligger den nær opp til etablerte teoretiske modeller. Implikasjonene er dessuten klare og intuitive. Følgelig tror vi ikke at det er her problemet ligger.

I den estimerte modellen settes søkelyset på forventingsdannelse og identifikasjon. Med hensyn til forventninger har skillet mellom perfekte og adaptive rasjonelle forventinger blitt klart relativt sent. Perfekt rasjonelle forventinger kan lett kritiseres med bakgrunn i at aktøren tillegges urimelig mye informasjon om framtida. Adaptivt rasjonelle forventinger virker mer relevant og er dessuten beregningsmessig enklere. Imidlertid har mye tid blitt brukt på andre typer forventinger.

Med hensyn til identifikasjon av de uobserverte tilstandsvariablene spiller funksjonen G en stor rolle. Identifikasjon blir problematisk hvis mulighetsområdet for mengder, $Y = \{y | G(y) \leq 0\}$, klapper sammen uten et indre område. Tilsvarende blir identifikasjon vanskelig dersom mulighetsrommet for priser Y^* klapper sammen. I slike tilfeller får en flotte modeller statistisk sett, men de er uten økonomisk relevans. På dette problemet har vi ikke enda funnet noen god løsning. I prinsippet er det lett å se at det må legges inn noen skranker i modellen som forhindrer flate mulighetsområder. Mange slike skranker har vært forsøkt, uten at det har ført fram. Sannsynligvis har vi ikke funnet fram til forutsetninger som er tilstrekkelig enkle beregningsmessig sett. Den lineært harmoniske funksjonsformen som har vært forsøkt, er sårbar på dette punktet fordi den er så fleksibel. Som alternativ er det også forsøkt med en mindre fleksibel normalisert kvadratisk funksjonsform — uten at det har hjulpet. En annen mulighet ligger i de tenkte pris- og mengdeobservasjonene. Disse er tenkt ut nettopp med det formål å spenne ut mulighetsområdene. Muligens har vi vært for lite spesifikke på dette punktet.

Estimeringsmetoden er noe ukonvensjonell, men den er velbegrunnet. Den hviler dessuten på få forutsetninger. Bruken av "maximum likelihood" gir et godt grunnlag for å teste ulike modeller mot hverandre. De beregningene som er gjort, har ikke gitt noen indikasjoner på at ikke denne metoden kan brukes. Vanlig minste kvadraters metode med feil bare i prisene har også vært forsøkt uten at det gir bedre resultater.

8 Drøfting og oppsummering

Det er få klare resultater i denne rapporten. Et av de klareste er at norsk meierisektor har et lavere tempo i strukturendringene enn land det er naturlig å sammenlikne seg med. Hypotesen om at norsk meieribruk kanskje går for fort fram i sine strukturendringer er dermed svekket.

Årsaken til denne relativt svake utviklingen er derimot uklar. Prinsippdrøftingen i kapittel 3 peker på at bedring av transportmulighetene er en svært viktig drivkraft for strukturendringer. At Norge har en noe dårligere vegstandard enn nabolandene skulle være kjent, og dette må i det minste være en del av forklaringen. Et annet forhold kan være at norsk melkeproduksjon trolig er noe mer usikker enn melkeproduksjonen i nabolandene. Norsk melkeproduksjon har lenge vært drevet bak høye handelsmurer. Disse murene har i lang tid vært under angrep, og hva som vil skje med dem og med norsk melkeproduksjon har også lenge vært uklart. De andre nordiske land som er medlem i EU, har antakelig noe mer forutsigelige rammebetingelser for sin melkeproduksjon, dels fordi landbrukspolitikken i EU utformes på noe lenger sikt enn den nasjonale landbrukspolitikken i Norge, dels fordi muligheten for regimeskift synes større i Norge. Generelt bør risiko for kraftig nedgang i melkemengdene, føre til forsiktighet i investeringene i sektoren. Dersom sektoren står foran en vesentlig nedskalering, er det unødvendig at industrien er topp moderne i alle sine anlegg. Dette er en mulig forklaring, men usikkerheten kan også trekke den andre vegen: Et høyt investeringsnivå og en gjennomgripende modernisering kan være en måte å posisjonere seg før konkurransen hardner til for alvor. Et tredje forhold, som også har med handelsmurene å gjøre, er produktdiversifisering. Muligens har norsk meierisektor gått lenger på dette området — sett i forhold til melkemengden — enn nabolandene. Det har vært avsetningsproblemer for melkeprodukter. Dette har gjort det aktuelt å møte etterspørselen etter varetyper med relativt små salgsvolumer. Handelsmurer og mangel på priskonkurranse har gjort dette mulig å dekke slik etterspørsel. Et relativt stort antall produkter kan være med på å forklare et relativt stort antall meierier. Dette er imidlertid heller ikke noen overbevisende forklaring. Riktignok finnes det ett klart eksempel: Gammelost produseres på et eget meieriet i Vik i Sogn. Men om det finnes flere eksempler er uklart.

Et annet resultat i denne rapporten er av mer konseptuell art — forholdet mellom optimale beslutninger under usikkerhet over tid og optimal anleggsstørrelse i et geografisk nettverk av produksjonsbedrifter. På dette punktet har vi tilpasset arbeidet til Dixit & Pindyck (1994): Dersom en har et investeringsbehov i produksjonsanlegg fordi eksisterende anlegg er nedslitte og lite tidsmessige, så bør en velge en skala for nye anlegg som gir tilnær-

met minimale gjennomsnittskostnader gjennom anleggenes levetid. Dette vil imidlertid avhenge av omstendighetene, og må nødvendigvis kreve en god porsjon bransjekunnskap. At vi som samfunnsøkonomer med liten eller ingen bransjekunnskap skal kunne finne fram til slike tids- og stedsavhengige optimale størrelser ved å beregne gjennomsnittskostnadskurver for eksisterende anlegg, er lite trolig. Uavhengig av hvem som beregner optimal størrelse, må vi som samfunnsøkonomer advare mot ukritiske investeringer på bakgrunn av slike beregninger. Når en ser strukturendringer under en dynamisk synsvinkel, er ikke bare retningen, men også tempoet i investeringene viktig. Enkelt sagt, dersom en bygger for mange tidsmessige anlegg i dag, vil en også sitte med for mange gammeldagse anlegg om 10 år.

Det finnes ikke noe grunnlag for å påstå at et overdrevet investeringstempo er et problem i norsk meierisektor. Det er nå i første rekke nåverdiberegninger av ulike alternativer som benyttes som grunnlag for beslutninger om nyinvesteringer og nedlegging av anlegg. Dette er nettopp en framgangsmåte som setter fokus på investeringstempo. Problemet med strukturberegninger synes i første rekke å ha vært samfunnsøkonomenes problem. Den etablerte metodikken med å beregne optimal anleggstørrelse — og med tilhørende anbefaling om å justere strukturen i den retningen uten å si noe om farten — er et ufullstendig råd.

Den kvantitative modelleringen av strukturendringer som et stokastisk dynamisk optimal kontrollproblem har ikke kommet tilstrekkelig langt til at en kan si noe av substans om meierisektoren spesielt og om metoden generelt. En kunne si at dette er en grov indikasjon på at de data som er benyttet ikke er konsistente med stokastisk dynamisk optimal kontroll. Det primære problemet er imidlertid at beregningene er numerisk krevende og at det har vært vanskelig å få fram resultater overhodet. Dermed har vi ikke noe grunnlag for å bedømme data.

På tross av disse beregningsmessige problemene har modellene bak disse beregningene sin egen verdi. De hviler på et standard teorigrunnlag — stokastisk optimal kontroll i diskret tid, men de bryter med de nyklassiske forutsetningene om kapital. I stedet for å forutsette at kapital kan kjøpes og selges fritt til en observerbar markedspris på investeringsvarer, har vi her åpnet for at kapital er uobservert, at kapital kan transformeres internt, og at kapitalbeholdninger og endringene i disse er relatert til varer som kan kjøpes og selges gjennom en konveks transformasjonsfunksjon. Denne funksjonen beskriver teknologien for intern endring av teknologi. Eventuelle transaksjonskostnader vil være fanget opp i denne modellen. Forutsetningen om at transformasjonsfunksjonen er *konveks*, kan virke unødvendig restriktiv. Imidlertid, én eller annen begrensning på mengden av mulige funksjoner er trolig nødvendig for identifikasjon. Begrensningen til konvekse funksjoner er for

det første begrunnet — for makromodeller som her — for det andre gjør den det mulig å bruke teorien om dualitet av slike funksjoner — noe som gir beregningsmessige fordeler.

Dersom det lar seg gjøre å finne fram til stabile beregningsmetoder for modellene, vil de kunne prøves på enhver produksjonssektor som det finnes data for. Spesielt relevant burde dette være for stokastisk dynamiske generelle likevektsmodeller. Estimeringen sikrer at en fleksibel modell i samsvar med data kan finnes. Samtidig er den strenge teoretiske strukturen en forutsetning for at modellen kan brukes i en likevektsmodell.

Referanser

- AAFC (2002), 'The canadian dairy processing industry', URL: <http://www.agr.gc.ca/food/profiles/dairy.html>. Agriculture and Agri-Food Canada Online.
- Aaltonen, S. (1996), Adjustment of the Finnish food industry, *in* L. Kettunen, ed., 'First experiences of Finland in the CAP', number 81 *in* 'Research Publications', Agricultural Economics Research Institute, Helsinki, pp. 43–56.
- Bellman, R. (1957), *Dynamic Programming*, Princeton University Press.
- Bergset, N. Ø., Forsell, L. & Mjelde, H. (2002), Ny markedsordning for melk — større konkurranse og like vilkår, NILF-rapport 2002-5, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning, Oslo.
- BFJ (2002), Jordbrukets totalregnskap 2000 og 2001, budsjett 2002, Totalkalkylen for jordbruket, Budsjettnemnda for jordbruket, Oslo.
- Breirem, K. (1981), Melk i matforsyningen, Særtrykk 551, Institutt for husdyrernæring, Norges landbrukshøgskole, Ås - NLH.
- CDIC (2002), URL: <http://www.dairyinfo.agr.ca/cdicdich5.htm>. Canadian Dairy Information Centre.
- Coase, R. H. (1937), 'The nature of the firm', *Economica* **IV**(November), 386–405.
- Dalton, T., Criner, G. & Halloran, J. (2002), 'Fluid milk processing costs: current state and comparisons', *Journal of Dairy Science* **85**, 984–991.
- Dixit, A. K. & Pindyck, R. S. (1994), *Investment under uncertainty*, Princeton University Press.
- Dobson, W. & Christ, P. (2000), Structural change in the U.S. dairy industry: growth in scale, regional shifts in milk production and processing, and internationalism, Staff Paper 438, Department of Agricultural and Applied Economics, University of Wisconsin-Madison.
- FAO (flere årganger), 'FAO production yearbook'. Food and Agricultural Organization of the United Nations.
- Foods, A. (2002), 'Årsredovisning 2000 : 2001'.

- Grace, M. F. & Timme, S. G. (1992), 'An Examination of Cost Economies in the United State Life Insurance Industry', *Journal-of-Risk-and-Insurance* **59**(1), 72–103.
- Grigg, D. (1974), *The agricultural systems of the world: an evolutionary approach*, Cambridge University Press.
- Hansen, L. P. & Singleton, K. J. (1982), 'Generalized instrumental variables estimation of nonlinear rational expectations model', *Econometrica* **50**, 1269–1286.
- Hansson, Ö. & Jonasson, L. (1993), Mjölkloden - konsekvenser vid jordbrukets avreglering, Aktuellt från lantbruksuniversitetet 414, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Hoveid, Ø. (1999), Økonomiske føringer i landbruksbasert industriell næringsproduksjon, in O. J. Borch & E. P. Stræte, eds, 'Matvareindustrien mellom næring og politikk', Tano Aschehoug, Oslo, pp. 82–103.
- Hoveid, Ø. (2001), 'Global flexibility of linearly homogeneous convex functions'. Upublisert manuskript. Presentert på "56th European Meeting of Econometric Society", 25-29 august 2001, Lausanne.
- Hoveid, Ø. (2002), 'Estimation of globally flexible convex models'. Unpublished manuscript.
- Hoveid, Ø. & Lægreid, S. (1995), Transportkostnader og anleggsstruktur i norsk meieribruk, Rapport 1995:2, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning.
- Howitt, R. E. (1995), 'Positive mathematical programming', *American Journal of Agricultural Economics* **77**(2), 329–342.
- Johansen, L. (1959), 'Substitution versus fixed production coefficients in the theory of economic growth', *Econometrica* **27**, 157–176.
- Johansen, L. (1972), *Production Functions*, North-Holland, Amsterdam.
- Johnstad, T. (1998), *Samarbeid og samvirke : utvikling og organisering av samvirke*, Tano Aschehoug, Oslo.
- Kennedy, J. O. S. (1986), *Dynamic Programming. Applications to Agricultural and Natural Resources*, Elsevier, London.

- Kilkenny, M. & Thisse, J.-F. (1999), 'Economics of location: A selective survey', *Computers and Operations Research* **26**, 1369–1394.
- Landbruksdepartementet (n.d.), Om landbrukspolitikken, St.meld nr. 14, 1976-77.
- Lansink, A. O. & Stefanou, S. (2001), 'Dynamic area allocation and economies of scale and scope', *Journal of Agricultural Economics* **52**, 38–52.
- Leskinen, J. (2002), Personlig meddelelse. Statistikcentralen (Tilastokeskus).
- Lösch, A. (1940), *Die Räumliche Ordnung der Wirtschaft*, Gustav Fischer Verlag, Jena. Engelsk oversettelse: *The economics of location*. Yale University Press. 1954.
- Majmundar, S. K. & Chang, H. H. (1998), 'Optimal local exchange carrier size', *Review of Industrial Organization* **13**(6), 637–649.
- Mejeriforeningen (2002), 'Mejeristatistik', URL: <http://www.mejeri.dk>.
- Muth, J. (1961), 'Rational expectations and the theory of price movements', *Econometrica* **29**(6), 315–335.
- Ollila, P. (1987), Mejeriindustriens strukturelle utveckling i Finland, in V. Sørgaard, ed., 'Strukturforløp i nordisk landbrugskooperation - en analyse af konkurrence- og samarbejdsrelationer i mejeri- og slagterisektoren', Sydjysk Universitetsforlag, Esbjerg, pp. 269–283. Arbejdsrapport nr. 6, Landbrugskooperationen i Norden.
- Ringstad, V. & Løyland, K. (2000), 'Gains and structural effects of exploiting scale-economies in Norwegian dairy production', *Agricultural Economics* **24**(1), 149–166.
- Rogers, R. P. (1993), 'The minimum optimal steel plant and the survivor technique of cost estimation', *Atlantic Economic Journal* **21**(3), 30–37.
- Rye, J. F. (2000), Kampen om melka: Utviklingen i den finske melkesektoren på 1990-tallet, Notat 5/00, Senter for bygdeforskning, Trondheim.
- Scandinavian Dairy Information (2002), 'Facts and figures', URL: <http://www.scandinavian-dairy.com>.
- Senhaji, A. (2002), 'Arla Foods — en meierigigant', *Landbruksøkonomisk forum* **19**(4), 47–58.

- Sørgaard, V. (1987a), Sammenfatning af strukturforløb i mejeri- og slakterisektoren, *in* V. Sørgaard, ed., 'Strukturforløb i nordisk landbrugskooperation - en analyse af konkurrence- og samarbejdsrelationer i mejeri- og slagterisektoren', Sydjysk Universitetsforlag, Esbjerg, pp. 5–44. Arbejdsrapport nr. 6, Landbrugskooperationen i Norden.
- Sørgaard, V. (1987b), Strukturudvikling, konkurrence og samarbejde i dansk mejeribrug i perioden ca. 1930-1986, *in* V. Sørgaard, ed., 'Strukturforløb i nordisk landbrugskooperation - en analyse af konkurrence- og samarbejdsrelationer i mejeri- og slagterisektoren', Sydjysk Universitetsforlag, Esbjerg, pp. 189–228. Arbejdsrapport nr. 6, Landbrugskooperationen i Norden.
- SSB (1966-1998), 'Industristatistikk'. NOS C 650.
- Stokey, N. L. & Lucas, R. E. (1989), *Recursive methods in economic dynamics*, Harvard University Press. with Edward C. Prescott.
- Svendsen, E. (1987), Struktur og strukturutvikling innanfor norsk meieri- og slakterikooperasjon, *in* V. Sørgaard, ed., 'Strukturforløb i nordisk landbrugskooperation - en analyse af konkurrence- og samarbejdsrelationer i mejeri- og slagterisektoren', Sydjysk Universitetsforlag, Esbjerg, pp. 135–187. Arbejdsrapport nr. 6, Landbrugskooperationen i Norden.
- Svensk Mjölök (2002), 'Mejeristatistik', URL: <http://www.statistik.svenskmjolk.se/>.
- Varian, H. R. (1984), 'The nonparametric approach to production analysis', *Econometrica* **52**(3), 579–591.
- Viner, J. (1931), 'Cost curves and supply curves', *Zeitschrift für Nationalökonomie* **3**, 23–46. Reprinted in Readings in price theory", eds. G.J. Stigler and K.E. Boulding, George Allen and Unwin Ltd, London, 1952.

9 Vedlegg

Tabell 9: Data for mengder

år	melk, mrd. l	arbeid, 10000 ansatte	investering, mill. 1998-kr,	ant. anlegg, 1000 stk
1966	1.454	-0.661	-0.676	-0.340
1967	1.494	-0.647	-0.767	-0.321
1968	1.568	-0.621	-0.774	-0.308
1969	1.553	-0.618	-0.732	-0.301
1970	1.545	-0.622	-0.784	-0.290
1971	1.592	-0.631	-0.930	-0.278
1972	1.664	-0.633	-0.576	-0.272
1973	1.668	-0.628	-0.544	-0.261
1974	1.673	-0.616	-0.490	-0.253
1975	1.693	-0.631	-0.670	-0.240
1976	1.748	-0.626	-0.524	-0.250
1977	1.750	-0.630	-0.705	-0.221
1978	1.732	-0.651	-0.583	-0.215
1979	1.764	-0.648	-0.574	-0.211
1980	1.832	-0.641	-0.611	-0.203
1981	1.849	-0.653	-0.575	-0.202
1982	1.907	-0.646	-0.523	-0.200
1983	1.882	-0.628	-0.540	-0.198
1984	1.883	-0.628	-0.419	-0.196
1985	1.843	-0.632	-0.369	-0.195
1986	1.845	-0.633	-0.463	-0.185
1987	1.879	-0.635	-0.616	-0.176
1988	1.820	-0.633	-0.756	-0.166
1989	1.861	-0.617	-0.727	-0.155
1990	1.864	-0.603	-0.565	-0.151
1991	1.817	-0.593	-0.529	-0.140
1992	1.809	-0.571	-0.480	-0.122
1993	1.805	-0.562	-0.358	-0.116
1994	1.761	-0.575	-0.437	-0.113
1995	1.733	-0.545	-0.386	-0.097
1996	1.712	-0.551	-0.423	-0.099
1997	1.707	-0.563	-0.299	-0.099
1998	1.694	-0.575	-0.391	-0.094

Tabell 10: Data for priser i nominelle kroner

år	melk, kr/l	arbeid, mill.kr/10 ansatte	investering, prisindeks	diskontering til 1966
1966	0.189	0.206	0.167	1.000
1967	0.197	0.216	0.170	0.961
1968	0.205	0.237	0.169	0.922
1969	0.210	0.254	0.183	0.884
1970	0.232	0.276	0.199	0.843
1971	0.247	0.307	0.210	0.804
1972	0.264	0.338	0.227	0.765
1973	0.285	0.385	0.239	0.728
1974	0.311	0.438	0.275	0.691
1975	0.347	0.620	0.321	0.654
1976	0.379	0.711	0.359	0.618
1977	0.414	0.800	0.398	0.580
1978	0.508	0.863	0.427	0.545
1979	0.506	0.896	0.436	0.505
1980	0.494	0.949	0.468	0.467
1981	0.564	1.090	0.505	0.429
1982	0.582	1.191	0.567	0.391
1983	0.667	1.341	0.611	0.355
1984	0.687	1.424	0.617	0.320
1985	0.749	1.512	0.677	0.290
1986	0.838	1.678	0.726	0.262
1987	0.885	1.843	0.806	0.235
1988	0.954	1.998	0.861	0.210
1989	0.960	2.096	0.897	0.187
1990	0.968	2.201	0.894	0.167
1991	1.059	2.346	0.892	0.150
1992	1.027	2.428	0.922	0.136
1993	1.082	2.478	0.931	0.123
1994	1.094	2.478	0.964	0.112
1995	1.123	2.607	0.962	0.105
1996	1.231	2.760	0.958	0.099
1997	1.206	2.852	0.988	0.093
1998	1.208	2.963	1.000	0.089

Tabell 11: Data for priser diskontert til første periode, og for mengder

	m^*	x_a^*	x_i^*	m	x_a	x_i	$-k_n$
1966	0.189	0.206	0.167	1.454	-0.661	-0.676	-3.400
1967	0.182	0.200	0.157	1.494	-0.647	-0.767	-3.210
1968	0.174	0.201	0.144	1.568	-0.621	-0.774	-3.080
1969	0.164	0.198	0.143	1.553	-0.618	-0.732	-3.010
1970	0.165	0.196	0.142	1.545	-0.622	-0.784	-2.900
1971	0.160	0.199	0.135	1.592	-0.631	-0.930	-2.780
1972	0.155	0.198	0.133	1.664	-0.633	-0.576	-2.720
1973	0.151	0.204	0.127	1.668	-0.628	-0.544	-2.610
1974	0.149	0.210	0.132	1.673	-0.616	-0.490	-2.530
1975	0.148	0.265	0.137	1.693	-0.631	-0.670	-2.400
1976	0.145	0.271	0.137	1.748	-0.626	-0.524	-2.500
1977	0.140	0.269	0.134	1.750	-0.630	-0.705	-2.210
1978	0.150	0.256	0.127	1.732	-0.651	-0.583	-2.150
1979	0.129	0.228	0.111	1.764	-0.648	-0.574	-2.110
1980	0.108	0.207	0.102	1.832	-0.641	-0.611	-2.030
1981	0.104	0.201	0.093	1.849	-0.653	-0.575	-2.020
1982	0.089	0.182	0.087	1.907	-0.647	-0.523	-2.000
1983	0.084	0.168	0.077	1.882	-0.628	-0.540	-1.980
1984	0.070	0.146	0.063	1.883	-0.629	-0.419	-1.960
1985	0.063	0.127	0.057	1.843	-0.632	-0.369	-1.950
1986	0.058	0.115	0.050	1.845	-0.633	-0.463	-1.850
1987	0.049	0.102	0.045	1.879	-0.635	-0.616	-1.760
1988	0.042	0.088	0.038	1.820	-0.634	-0.756	-1.660
1989	0.033	0.073	0.031	1.861	-0.618	-0.727	-1.550
1990	0.027	0.062	0.025	1.864	-0.603	-0.565	-1.510
1991	0.024	0.053	0.020	1.817	-0.593	-0.529	-1.400
1992	0.019	0.045	0.017	1.809	-0.571	-0.480	-1.220
1993	0.016	0.037	0.014	1.805	-0.563	-0.358	-1.160
1994	0.014	0.031	0.012	1.761	-0.575	-0.437	-1.130
1995	0.012	0.029	0.011	1.733	-0.545	-0.386	-0.970
1996	0.012	0.027	0.009	1.712	-0.551	-0.423	-0.990
1997	0.010	0.025	0.009	1.707	-0.564	-0.299	-0.990
1998	0.010	0.023	0.008	1.694	-0.575	-0.391	-0.940