



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2017 30 stp
Handelshøyskolen

Fôr for melkekua?

En analyse av effektene som politiske virkemidler
har på bruken av kraftfôr i melkeproduksjonen

Amalie Skau Jakobsen

Samfunnsøkonomi med fordypning i råvaremarkeder og handel

Takk

Med denne oppgaven fullfører jeg min toårige master i Samfunnsøkonomi med fordypning i råvaremarked og handel på Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet (NMBU). Jeg har fått god støtte fra Norsk Institutt for Bioøkonomi (NIBIO) gjennom hele prosessen, og er veldig takknemlig for det.

Først og fremst vil jeg takke mine veiledere Sigurd Rysstad fra Handelshøyskolen på NMBU, Odd Magne Harstad fra Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap på NMBU og Øyvind Hoveid fra NIBIO. Dere har alle stilt med svært forskjellig kunnskap, som jeg tror har beriket oppgaven og gjort den mer helhetlig. Takk for mange grundige diskusjoner og for at dere har vært like interessert i temaet som det jeg er.

Jeg vil også takke Tibor Marton, Ivar Hovland og Agnar Hegrenes på NIBIO for at dere alltid funderer sammen med meg og svare på spørsmålene mine. Takk for at dere gir av dere selv og setter av tid til meg.

Takk til Felleskjøpet for at dere alltid svarer hyggelig på alle mine spørsmål om kraftfôr.

I tillegg vil jeg takke Anders Huus i Norges Bondelag og Astrid Een Thuen i Agri Analyse for gode diskusjoner tidlig i prosessen. Dere har vært en stor inspirasjonskilde!

Til slutt vil jeg takke familie og venner. Dere har alle gitt meg utrolig god støtte fra både fjern og nær. Jeg kunne ikke klart dette uten dere!

Sammendrag

Debatten rundt bruk av kraftfôr har pågått lenge i Norsk landbrukspolitik. Det er flere som argumenterer at bruken av kraftfôr gir muligheter til å opprettholde melkeproduksjon i Norge, og bosetning over hele landet. Andre mener at kraftfôrbruken reduserer landbruksressurser og dermed bidrar til reduserte muligheter for bosetning i hele landet. De to siste landbruksmeldingene er enige om at bruken av norske ressurser må økes, og at dette hovedsakelig skal skje i distriktene og derfor i melkeproduksjonen. Et av alternativene for å få til dette er å redusere bruken av kraftfôr til melkekyr.

I den sammenhengen vil det være attraktivt å se på de virkemidlene som påvirker bruken av kraftfôr. I tillegg er det flere som mener at prisforholdet mellom grovfôr og kraftfôr også har effekt på bruken av kraftfôr.

I denne oppgaven gjør jeg en deskriptiv analyse av de ulike endringene i kraftfôrprosenten sammen med endring i landbrukspolitikken. Jeg ser også mer spesifikt på hvordan prisforholdet påvirker sammensetningen av grovfôr og kraftfôr. Funnene tilsier at ordningen rundt melkekvotene samt tilskudd per dyr har hatt relativt stor påvirkning på bruken av kraftfôr. Det er funnet at de politiske endringene har hatt ulik effekt på kraftfôrbruk i de forskjellige landsdelene i Norge. Resultatene forteller også at prisforholdet mellom grovfôr og kraftfôr har en signifikant effekt på fôrforholdet, men at denne effekten ikke er den eneste som påvirker bruken av kraftfôr. Effekten varierer også mellom regioner. Det er funnet en klar teknologisk framgang i melkeproduksjonen, som tilsier at endringer i teknologi for melkeproduksjon eller økning i melkeytelse også har effekt på bruken av kraftfôr over tid.

Jeg tar fullstendig ansvar for alle feil og mangler i denne oppgaven.

Amalie Skau Jakobsen

Oslo, August 2017

Innhold

Takk	i
Sammendrag	ii
Figurer	4
Tabeller.....	4
1 Bakgrunn	5
1.1 Problemstilling.....	6
1.2 Landbrukspolitisk historie – en introduksjon	6
1.3 Definisjon av fôrenhet og melkeytelse.....	10
1.4 Fôr til melkekyr.....	11
1.5 Utvikling i fôrbruk.....	12
1.6 Relevant litteratur	13
1.7 Hypoteser	16
2 Teori.....	18
2.1 Produksjonsfunksjonen	18
2.2 Kostnadsfunksjonen	20
2.3 Restriksjoner og tilpasning i melkeproduksjon i Norge.....	21
2.3.1 Restriksjoner i melkeproduksjonen på kort og lang sikt	23
2.3.2 Optimal tilpasning på et melkebruk	24
2.4 Substitusjonselastisiteten av innsatsfaktorene.....	30
2.5 CES-funksjonen.....	32
3 Data og analyseverktøy	35
3.1 Innsamling av og utfordringene ved datamaterialet.....	35
3.2 Oversikt over variablene	37
3.3 Analyseverktøy	39
3.3.1 Evaluering av datasettet.....	39
3.3.2 Forklaring av CES-analysen.....	41
4 Analyse	43
4.1 Deskriptiv analyse av driftsgranskningene.....	43
4.1.1 Kraftfôrprosent og prisindeksen for kraftfôr.....	43
4.1.2 Kraftfôrprosent og melkeytelse.....	47
4.1.3 Fôrenheter per liter melk og melkeytelse	48
4.1.4 Kraftfôrprosent i regioner i Norge.....	49
4.1.5 Grovfôravling i FEm per dekar gårdsareal i regioner i Norge	52
4.2 Statistisk analyse av substitusjonselastisiteten.....	54
4.2.1 Første estimering: landsgjennomsnitt.....	55
4.2.2 Andre estimering: regioner	57
4.2.3 Tredje estimering: gjort på utvalgte tidsperioder	60
5 Diskusjon	63
6 Referanser	65
7 Vedlegg.....	68

Figurer

Figur 1 Utvikling i total melkeproduksjon i 1000 liter	8
Figur 2 Produksjonstilskudd for husdyr i kroner per melkeku	10
Figur 3 Isokvant mellom to innsatsfaktorer	19
Figur 4 Skjæringspunktet mellom isokvant og isokost	21
Figur 5 To illustrasjoner av produksjonsfunksjonen i et melkebruk	22
Figur 6 Fôringsdiagram for sammenhengen mellom bruk av fôr og melkeproduksjon hos ei ku	25
Figur 7 Alternativkostnader i grovfôrproduksjon.....	26
Figur 8 Fôringsdiagram for produksjon av melk for ei ku, med ulike fôrpriser.....	27
Figur 9 Fôringsdiagram for produksjon av melk for ei ku, med endringer i grovfôrproduksjon.....	29
Figur 10 Tilfeller av forskjellige isokvanter.....	33
Figur 11 Oversikt over regionene i Driftsgranskningene.....	36
Figur 12 Kraftfôrprosent og prisindeks for kraftfôr der 2014=100	44
Figur 13 Utvikling i total melkeproduksjon og antall gårder med melkekyr	46
Figur 14 Gjennomsnittlig kraftfôrprosent og gjennomsnittlig melkeytelse	47
Figur 15 Fôrenheter kraftfôr per liter melk og melkeytelse.....	49
Figur 16 Kraftfôrprosent i regionene i Norge	50
Figur 17 Grovfôravlning i FEm per dekar gårdsareal i regioner i Norge.....	53
Figur 18 Utvikling i forskjeller mellom gårder av ulik størrelse.....	56

Tabeller

Tabell 1 Type fôr etter energi.....	12
Tabell 2 Oversikt over restriksjonene som setter begrensninger for melkeproduksjon	24
Tabell 3 Oversikt over grunnvariabler i Driftsgranskningene.....	37
Tabell 4 Oversikt over beregnede variabler	39
Tabell 5 Landsoversikt med teknologisk endring	55
Tabell 6 Resultater av estimeringen basert på regioner	58
Tabell 7 Resultater av estimeringen gjort på tre tidsperioder	60

1 Bakgrunn

Fra flere hold er det stilt spørsmål ved import av soya fra Brasil til bruk i kraftfôret i norsk husdyrproduksjon. Hovedgrunnen er at Norge bruker ressurser i andre land som kan erstattes ved å ta i bruk uutnyttede ressurser i Norge. Dessuten kan soyaen som brukes i kraftfôret spises direkte av mennesker, i motsetning til de norske grovfôr-ressursene som bare kan brukes som dyrefôr. I tillegg til dette er det i dag en tendens til at melkekyr føres med kraftfôr i stedet for å gå på beite¹. Jeg mener det kan stilles spørsmål ved slik ressursutnyttelse.

Fjorårets landbruksmelding erklærer at dagens regjering skal jobbe for å «legge til rette for økt bruk av norske fôrressurser, herunder utmarksbeite» (Det kongelige arbeids og administrasjonsdepartementet 2016 s. 74). Dette er noe Meld. St. 9 (2011-2012) også slo fast. Derfor er det politisk enighet i Norge om å jobbe for å øke bruken av norske ressurser, og dermed redusere den relative bruken av kraftfôr. Større utnyttelse av beiteressurser kan også gi grunnlag for større bosetning flere steder enn i dag fordi uutnyttede jordbruksressurser blir tatt i bruk. Bosetning i hele landet er et av de viktigste målene i landbrukspolitikken, og er viktig for legitimering av landbrukspolitikken og støtten bøndene får fra myndighetene.

Kraftfôr blir oppfattet som et fôr som gir større mengdeproduksjon enn tradisjonelt grovfôr. Når beiteareal blir byttet ut med kraftfôr, vil disse arealene gro igjen. Gjengrodde jordbruksarealer er tapte verdier, og det krever tid og ressurser å gjenopprette dem som brukbart jordbruksareal. Dermed vil utfasing av beite på grunn av høyere forbruk av kraftfôr ha påvirkning på norsk jordbruk på lang sikt fordi det gjør det vanskeligere å opprettholde jordbruksarealer. På lang sikt er det altså sannsynlig at bruk av kraftfôr over et visst nivå i melkeproduksjonen vil redusere jordbruksareal i Norge. Reduserte jordbruksarealer vil kunne gi dårligere grunnlag for å drive jordbruk i distriktene i framtiden og dermed kunne bidra til lavere bosetning i disse områdene. På den andre siden kan nettopp bruk av kraftfôr gi muligheter til å opprettholde jordbruket i distriktene fordi det gir bøndene bedre lønnsomhet til å drive med husdyrhold i områder der det er lite tilgang på grovfôr.

Dessuten vil tiltak som imidlertid begrenser bruken av kraftfôr kunne gjøre gårdsdriften mye mer arbeidskrevende, og kanskje bidra til at noen velger å legge ned. I tillegg brukes norsk *fôrkorn* til kraftfôrproduksjon (Felleskjøpet 2016). Dette er korn som har for dårlig kvalitet til å brukes direkte av mennesker, og er derfor god ressursutnyttelse. Derfor må myndighetene, ved en eventuell reduksjon i bruken av kraftfôr, finne nye bruksområder for norsk fôrkorn. Det er dermed ikke åpenbart at tiltak som fører til redusert bruk av kraftfôr nødvendigvis vil føre til økt bruk av norske ressurser.

¹ Se tabell 1 på side 12.

Prisforholdet mellom grovfôr og kraftfôr har også blitt trukket inn i debatten rundt bruk av kraftfôr. Det er flere som argumenter at for lav pris på kraftfôr i forhold til kostnaden for grovfôr gir incentiver til å bruke mer kraftfôr. Dette betyr at prisforholdet mellom grovfôr og kraftfôr påvirker kraftfôrbruket. Fra et samfunnsøkonomisk perspektiv er det naturlig å anta at dette stemmer.

1.1 Problemstilling

På grunnlag av introduksjonen vil det være interessant å se på hvilke politiske virkemidler som påvirker forbruket av kraftfôr ved melkebruk i Norge. Min problemstilling er todelt:

- 1) Identifisere hvilke politiske virkemidler som påvirker bruken av kraftfôr i norsk melkeproduksjon
- 2) Mer spesifikt undersøke hvordan prisforholdet mellom grovfôr og kraftfôr påvirker bruken av fôr

Analysen vil bygge på samfunnsøkonomisk produksjonsteori, landbrukspolitisk historie og kunnskap om fôring av melkekyr.

I kapittel 1 vil gi en kort introduksjon til norsk landbrukspolitikk fra 1972 til i dag. Dette er for å få en oversikt over hva slags politiske virkemidler som var innrettet for melkebønder i denne perioden, og kunne koble det til endringene vi ser i bruken av kraftfôr i samme periode. Deretter vil jeg forklare fôring av melkekyr, og hvordan kua påvirkes av fôrkombinasjonen. Dette gjøres for å få en forståelse av hvilken virkning restriksjonene for fôring har, noe som skal diskuteres senere i delkapittel 2.3. Videre defineres sentrale begreper i oppgaven, før jeg beskriver utviklingen i fôrbruk i perioden 1970-2015. Det er viktig å kartlegge denne utviklingen for å kunne se den i sammenheng med politiske virkemidler. Videre følger en diskusjon av tidligere litteratur om kraftfôr, grovfôr og klimagassutslipp i melkeproduksjon i Norge. Til slutt følger en drøfting av mulige politiske virkemidler som påvirker kraftfôrbruken. Dette trekkes videre til analysen senere i oppgaven.

1.2 Landbrukspolitisk historie – en introduksjon

Landbrukspolitiske ordninger setter restriksjoner eller gir incentiver til å endre produksjonen slik at den i større grad tilpasses markedssituasjonen og politiske mål. Virkemidlene er også innrettet for å jevne ut de største forskjellene mellom regioner, slik at lønnsomheten ved å drive gård blir likere for alle regioner. Avgjørende faktorer for melkebønder har vært politisk styring av melkeproduksjonens størrelse og tilskudd per dyr.

Kanaliseringspolitikken endret prisforholdet mellom korn og melk, og har hatt indirekte effekt på melkebønders tilgang på grovfôr. Den kan dermed ha påvirket forbruket av kraftfôr.

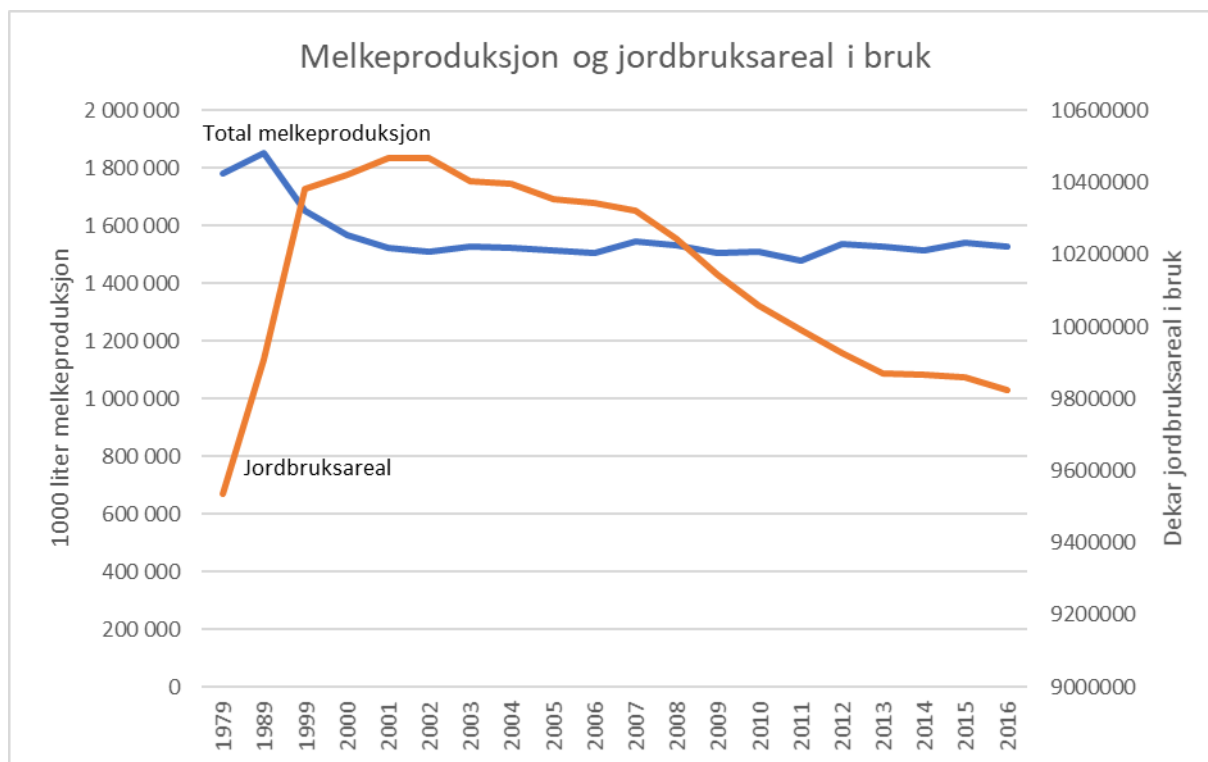
Kanaliseringspolitikken ble innført i 1951 og var innrettet for å dempe produksjonsveksten i

husdyrnæringen som hadde oppstått i de foregående årene. Det ble bestemt at prisforholdet mellom melk og hvete skulle endres, i kornets favør. Prisen per kilo korn skulle ikke settes lavere enn 1,5 ganger prisen per liter melk. Dermed ble det lønnsomt for mange bønder, først og fremst på flatbygdene, å bytte ut husdyrproduksjon med spesialisert kornproduksjon. På denne måten har kanaliseringspolitikken muliggjort regional produksjonsfordeling der korn blir dyrket i de områdene det er klimatisk og agronomisk mulig, mens melkeproduksjon finner sted i de områdene som kan utnytte gras (Stabbetorp & Huus 2015).

Fram til 1975 var det en rabatt på kraftfôr. Kraftfôr inntil en viss mengde var subsidiert, mens kraftfôr over denne mengden hadde normal pris per kilo. Formålet med denne ordningen var å dempe produksjonsveksten (Almås 2002; Rysstad 2013).

Prisen på kraftfôr bestemmes i dag ut ifra prisen på fôrkorn. Dette skjer gjennom et prisnedskrivningstilskudd som gis til norsk korn for å «sikre avsetning av norskprodusert korn (...) og å skrive ned prisen på råvarer til matmjøl og kraftfôr». På denne måten settes prisen på kraftfôr delvis politisk gjennom en subsidiert pris på en av innsatsfaktorene i kraftfôr: fôrkorn. (Landbruksdirektoratet 2016b).

I løpet av 1970-tallet kom også politiske strategier rundt nydyrking. Regjeringen satte som mål å utvide jordbruksarealet med en million dekar. Mesteparten av denne produksjonsøkningen skulle skje i distriktene (Almås 2002). Det ble innført et nydyrkingstilskudd som skulle gi insentiver til å dyrke opp ny jord (Knudsen 1983). På denne måten fikk bøndene i distriktene muligheter til å øke sin totale grovfôrproduksjon. Figuren under viser også at totalt jordbruksareal økte fra 1970 til 1990, og indikerer at nydyrkingstilskuddet førte til økt jordbruksareal.



Figur 1 Utvikling i total melkeproduksjon i 1000 liter, (SSB 2017).

Produksjonsveksten fortsatte i melkenæringa fram til 1980-tallet, til tross for innføring av både kanaliseringpolitikk og kraftfôrrabatt. Dette kan sees i figur 1. Samtidig sank etterspørselen etter melk og i 1982 var det et stort overskudd av melk (Jervell 1997). Året etter ble det derfor innført melkekvoter basert på historisk produksjon som fastsatte et tak på hvor mange liter melk bonden fikk levere til full pris. Melkeleveranse utover kvoten hadde en langt lavere pris. Dette ble kalt to-prisordningen. Den kvoten bonden fikk i 1983 var 92 prosent av bondens gjennomsnittlige produksjon i 1980-1982. Denne kvoten kalles *grunnkvote*. Kvoteordningen eksisterer fortsatt i dag, men det har vært mange endringer i utformingen (Jervell 1997).

Hvert år blir grunnkvotene justert for å passe til etterspørselen i markedet. Fram til 1989 var reglene for justering kompliserte. Det var en rekke unntaksregler, som blant annet handlet om investeringer eller at en ny generasjon tok over. Først i 1989 ble reglene forenklet, basert på geografisk landbruksområde. Det ble bestemt at den melkemengden som fortrinnsvis kunne produseres av gjennomsnittlig grovfôravling på hver enkelt gård avgjorde hvor stor melkekvoten skulle være. Grovfôrarealet ble på denne måten brukt for å hindre at melkeproduksjonen oversteg den mengden som hovedsakelig kunne produseres på lokale ressurser. På denne måten forsøkte myndighetene å hindre at forbruket av kraftfôr økte. Likevel var det slik at de områdene som hadde problemer med å produsere grovfôr selv, fikk ha en høyere kraftfôrprosent enn resten av landet. Dermed opplevde mange melkeprodusenter at deres maksimumskvote økte (Jervell 1997; Rysstad 2013).

I løpet av første halvdel av 1990-tallet ble WTO-avtalen innført. Alle landene som signerte avtalen måtte legge om landbrukspolitikken mot mer produksjonsnøytrale virkemidler. I Norge innebar dette en endring fra tilskudd som ga insentiver om størst mulig produksjon, til tilskudd som ikke ga insentiver om en spesifikk produksjonsmengde. Det ble også i denne perioden større fokus på at landbruket skulle få betaling for de fellesgodene bøndene produserer (Almås 2002; Rysstad 2015).

Det antas at det er stordriftsfordeler i melkeproduksjonen i Norge; brukene med flere kyr har generelt bedre lønnsomhet enn de brukene med få dyr. Med de endringene i virkemidlene som kom på 1990-tallet er det mulig at små gårder fikk relativt mer i tilskudd enn større bruk. Dermed ble kanskje deler av stordriftsfordelene utjevnet.

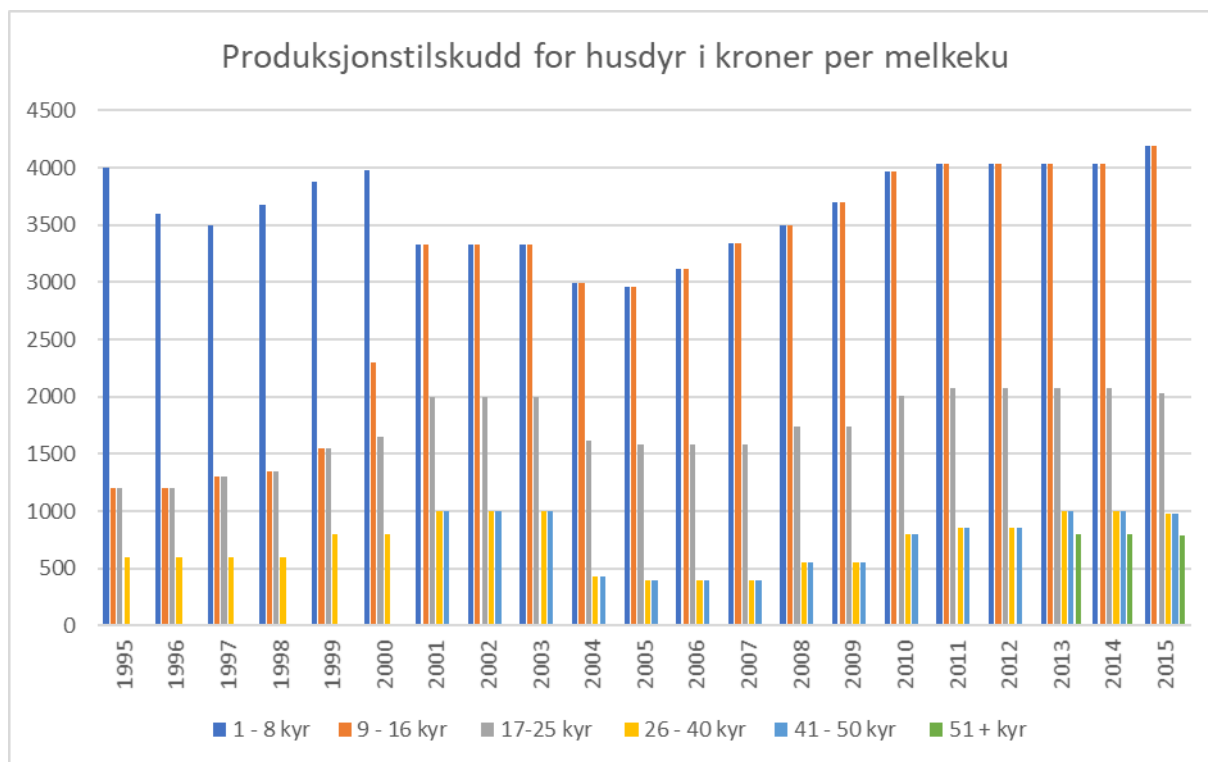
På 1990-tallet kom i tillegg endringer i kornpolitikken som hadde betydning for melkeprodusenter. De avtaltebestemte kornprisene ble redusert kraftig. Fordi kraftfôr inneholder norsk korn, ga denne reduksjonen i kornprisen muligheter til å senke prisene på kraftfôr (Rysstad 2013).

Under jordbruksoppgjøret i 1996 ble det innført et omfordelingssystem som åpnet opp for administrert kjøp og salg av melkekvoter. Fra og med 2003 ble det åpnet opp for privat omsetning av melkekvoter. Forskjellen mellom privat og administrert melkekvotesalg er at ved privat salg må deler av kvoten selges privat. Om denne delen ikke selges privat, blir denne delen trukket inn av staten uten kompensasjon. Bonden som kjøper kvote får tilgang til denne fra 1. januar året etter at kvoten er kjøpt.

Basert på balansen i markedet velger myndighetene om de inndrar hele kvoten eller om de selger deler til andre bønder som ønsker å utvide sin produksjon. Dette gjelder også for den delen av kvoten som må selges privat. De første årene etter 1996 inndro staten hele kvoten som ble lagt ut for salg. Denne andelen sank utover 2000-tallet og i dag inndras 20 prosent av hvert kvotesalg. Andelen justeres i samsvar med markedssituasjon og prognoser om etterspørsel (Gjølberg et al. 2007; Landbruksdirektoratet 2016c; 2017).

Alle kvoter må kjøpes og selges innenfor ett og samme område. De første årene var hvert område stort sett kommuner, men fra og med 2001 omfattet området et helt fylke. Dette skulle sikre *fortsatt* regional fordeling av melkeproduksjonen (Gjølberg et al. 2007; Landbruksdirektoratet 2010).

Tilskuddordningen for husdyr har også betydning for tilpasningen til et melkebruk, og er tilpasset for å jevne ut inntektsforskjeller i ulike bruksstørrelser og produksjoner. Tilskuddene er fordelt på antall melkekyr og er høyere for et lavere antall kyr (Landbruksdirektoratet 2016a).



Figur 2 Produksjonstilskudd for husdyr i kroner per melkeku. Nominelle priser, (Administrasjonsdepartementet 1997; Det kongelige arbeids og administrasjonsdepartementet 2001; 2005; 2016)

Tilskuddene øker de totale inntektene til bonden, og på denne måten reduseres kostnadene ved melkeproduksjon (Fjellhammer et al. 2014). Trappetrinnene i tilskuddsordningen har endret seg siden midten av 1990-tallet, men generelt er tilskuddene innrettet slik at de første dyrene får det høyeste tilskuddet per melkekyr. Deretter får de neste kyrene en lavere sats, og den siste gruppen får den laveste satsen. Dette gjøres på grunn av de antatte stordriftsfordelene i melkeproduksjonen i Norge. Ved å gi høyere tilskudd til de første dyra, vil en kunne bedre lønnsomheten i de mindre brukene og dermed bidra til å opprettholde bruksstrukturen med små og store bruk i hele landet. Mot midten av 2000-tallet sank tilskuddene per dyr. Først fra 2001 ble det for første gang gitt støtte per dyr fra 40 til 50 kyr. Fra og med 2014 ble det innført tilskudd per dyr utover 51 kyr (Fjellhammer et al. 2014).

1.3 Definisjon av fôrenhet og melkeytelse

Avdrått viser til utbyttet av melkeproduksjonen og er knyttet til total melkeproduksjon for ei ku i løpet av et år (Store norske leksikon 2017). *Melkeytelse* er et annet ord for dette, og er det begrepet som hovedsakelig brukes i denne oppgaven.

For å angi mengde fôr til melkekyr brukes *fôrenheter*. Fram til og med 1992 ble *feitningsfôrenheter* (FFE) brukt. Denne anga hvor godt fôret bidro til feitningen av kua og melka, men ble funnet ufullstendig med tanke på måling av melkeytelse hos kua (se Eriksen 2000 s. 8). Derfor ble den byttet

ut med *fôrenheter melk* (FEm). En FEm bygger på netto energiproduksjon hos kua: én fôrenhet skal produsere en energimengde lik 6,9 MJ (*megajoule*). I følge «Håndbok for driftsplanlegging» vil kua trenge 0,46 FEm for å produsere én kilo *energikorrigert melk* (EKM), uansett melkeytelse. Denne måleenheten beregnes ut ifra innholdet av protein, laktose og fett i melka, og indikerer at ett kilo melk inneholder 3,14 MJ. Dette betyr at én FEm gir kua nok energi for å produsere omtrentlig 2,17 kilo EKM (Hovland 2016). I denne oppgaven brukes FEm, også om perioden før 1993, om ikke annet er nevnt.

1.4 Fôr til melkekyr

En *drøvtygger* gulper opp «fôret etter første svelging og tygger dette en eller flere ganger ekstra» (Gjefsen 2007 s. 81). Det er mikrobene og enzymene i vommen som gjør det mulig for kua å bryte ned fôret til næring. Mikrobenes fortæring av grovfôret slipper ut enzymer som kua ikke har selv, og disse gjør det mulig å bryte ned *deler av* fôret til næring. De enzymene kua selv har drar deretter nytte av næringen (Adler & Loes 2014).

Fôrsammensetningen til kua består av *grovfôr* og *kraftfôr*. Grovfôr er en fellesbenevnelse på fôrmidler som høy, gress, beite, surfôr og halm². Kraftfôr er et sammensatt fôr, som hovedsakelig inneholder norsk fôrkorn³, mais, soya, raps og noe animalsk fett (Eriksen 2000; Karlsen 2017).

Det finnes flere typer kraftfôr med forskjellig mengde næringsstoffer, og typen kraftfôr tilpasses ofte til hvor god kvalitet grovfôret har (Tjentland 2017). Jeg omtaler likevel kraftfôr som et homogent produkt, og tar ikke hensyn til disse forskjellene. I tillegg har det de siste årene vært over 50 prosent norsk fôrkorn i kraftfôret som Felleskjøpet produserer. Det er fortsatt rimelig å anta at de andre produsentene har omtrent samme andel norske råvarer. Resten av råvarene er importerte, og består av raps, mais og soya (Felleskjøpet 2016).

Grovfôr er heller ikke et homogent produkt. Kvaliteten varierer fra år til år, og mellom gårdsbruk. Blant annet er tidspunktet for høsting avgjørende for næringsinnholdet. Tidlig høsting av grovfôret gir høy energikonsentrasjon og mer protein. Ved tidlig høsting er det ikke behov for like mye protein i form av kraftfôr. Likevel vil bruk av kun tidlig høstet grovfôr og kraftfôr føre til problemer i vommen (Harstad 2011; Harstad & Storlien 2015).

² Høy er tørket gress. Forskjellen mellom gress og beite er at kyra står for høstingen av beite selv, men fôres med gress i fjøset. Surfôr er konserverte eng-avling; det blir altså lagret med relativt høyt vanninnhold uten at luft kommer til. Halm er (visne) stengler og blad av kornsorter og andre åkervekster (Eriksen 2000; Karlsen 2017).

³ Ofte er fôrkorn bygg og havre, mens hvete og rug oftest er matkorn (Eriksen 2000).

Sen høsting gir mer struktur og fiber i grovfôret. Mer fiber fører til grovere struktur og lavere innhold av energi og protein. Da vil ei høytstående ku ha behov for mer kraftfôr for å dekke sitt næringsbehov. Sent høstet fôr kan fint kombineres med høye andeler kraftfôr, fordi den grove strukturen i grovfôret balanserer for den fine strukturen i kraftfôret. Fordi FEm har grunnlag i fôrets energiverdi, får fôr med relativt lavere energimengde lavere verdi enn fôr med relativt mer energi. Dermed får sent høstet grovfôr relativt lavere energimengde enn kraftfôr (Eriksen 2000; Harstad 2011; Harstad & Storlien 2015).

Fordi Norge er et langstrakt land med store værforskjeller, og fordi all grovfôrhøsting skjer individuelt på hver gård, er det god grunn til å tro at næringsstoffene i grovfôret er forskjellig fra landsdeler til landsdel og fra gård til gård. Likevel omtales grovfôr for enkelthetens skyld som et homogent produkt i denne oppgaven.

Ved en fôrrasjon med relativt lite grovfôr og for mye kraftfôr, kan pH-verdien i vommen reduseres. Dette forstyrrer den normale næringsdannelsen i vommen og kan føre til problemer for produksjonen. Samtidig vil en fôrrasjon med for lite kraftfôr føre til at det blir for lite tilgang på energi og andre byggesteiner i vommen. Dette kan føre til problemer for melkeproduksjonen. Det er også funnet en klar positiv sammenheng mellom kraftfôrmengde og melkeavdrått hos kua; dess mer kraftfôr, dess høyere avdrått. Men dette gjelder bare opp til et visst nivå. På denne måten ser man at grovfôr og kraftfôr er både substitutter og komplementære (Fjellhammer & Thuen 2014; Gjefsen 2007; Weiby & Nordang). Dermed viser det seg at det finnes en øvre grense for hvor mye kraftfôr det kan være i forhold til grovfôr, samt hvor mye grovfôr det totalt kan være i fôrrasjonen. Dette kommer jeg tilbake til i delkapittel 2.3.2.

1.5 Utvikling i fôrbruk

Fôrsammensetningen til kua har ikke alltid vært den samme. Surfôr og kraftfôr har erstattet høy, beite og rotvekster de senere årene. I 1970 var 34,4 prosent kraftfôr, målt på energibasis av totalt fôrgrunnlag. Andelen kraftfôr i 2013 var 43,4 prosent. Dermed har forbruket av kraftfôr økt med omtrent 20 prosent på energibasis i denne perioden.

På energibasis, prosent	1970	1980	1990	2000	2011	2013
Surfôr	20,7	30,3	37,2	41,6	45,3	45,3
Høy	10,9	3,6	1,9	1,2	0,3	0,2
Beite	24,8	17,2	15,1	17,2	11,0	9,7
Rotvekster	3,5	1,2	0,7	0,1	0,1	0,0
Kraftfôr	36,4	43,5	39,1	36,4	41,9	43,4

Tabell 1 Type fôr etter energi, Thuen (2016)

Som følge av at kraftfôrrabatten ble fjernet i 1975 ville det vært naturlig å se en reduksjon i bruken av kraftfôr. Ifølge tabell 1 var det derimot en økning i kraftfôrprosenten fra 1970 til 1980. Denne økningen har sannsynligvis sammenheng med økningen i melkeproduksjon som skjedde i samme tidsperiode, og trenger ikke nødvendigvis bety en økning i total bruk av kraftfôr.

I perioden etter at melkekvoteordningen ble innført falt melkeproduksjonen og kraftfôrprosenten. Kraftfôrprosenten var lavere i 1990 enn den hadde vært i 1980, og det er kjent at total melkeproduksjon sank fra 1980 til 1990. Som kjent gir økning i kraftfôrbruk økning i melkeytelse, og dette kan være grunnen til redusert kraftfôrprosent i denne perioden.

Fra 1990 falt kraftfôrprosenten helt ned til 36,4 prosent i 2000. Denne utviklingen kan være et resultat av innføringen av WTO-regelverket på 1990-tallet. I tillegg kan den administrerte reduksjonen i total melkeproduksjon ha hatt effekt på kraftfôrprosenten også i denne perioden ved at relativt stor bruk av kraftfôr ikke lenger var like lønnsomt.

Utover 2000-tallet økte kraftfôrprosenten til omtrent samme nivå som på 1970-tallet. Den økningen som har skjedd i denne perioden kan komme av økningen i melkekvote per gård, eller innføringen av melkeroboten. Robot øker trolig melkeytelsen (Fjellhammer & Thuen 2014).

I Norge har en aktiv landbruks- og distriktpolitikk delvis blitt legitimert gjennom bruken av grovfôr til melkeproduksjon (Fjellhammer & Thuen 2014). Ved en utvikling som er illustrert i tabell 1, kan det virke som om deler av grunnlaget for en legitimert landbruks- og distriktpolitikk blir mindre fordi grovfôret byttes ut med kraftfôr.

1.6 Relevant litteratur

Grovfôr- og kraftfôrbruk i melkeproduksjon har lenge vært et tema, og Hansen (2008), Fjellhammer og Thuen (2014), Thuen et al. (2015) og Huus (2016) har sett på samspillet mellom kostnadene og forbruket av grovfôr og kraftfôr. I tillegg har Aass sammen med flere forskjellige forskere sett på klimagassutslipp i melke- og storfeproduksjon og sammenhengen med forbruket av kraftfôr (2014; 2015; 2015; 2016). Denne forskningen blir presentert og diskutert her.

Hansen, Fjellhammer og Thuen, Thuen et al. og Huus mener at prisforholdet mellom grovfôr og kraftfôr kan ha innvirkning på bruken av kraftfôr. Både *Driftsgranskningene* fra NIBIO og *Effektivitetskontrollen* fra TINE blir brukt i rapportene. Thuen et. al. bruker begge kildene. Alle ser på grovfôrkostnader og inkluderer både faste og variable kostnader. I data fra TINE utgjør variable kostnader 28,5 prosent av totale grovfôrkostnader. I data fra NIBIO utgjør variable kostnader kun 15 prosent.

Hansen og Huus har også inkludert arbeidskostnader i totalkostnadene for grovfôrproduksjon. Arbeidskostnader er regnet ut som antall timer brukt på gården, både av familie og innleid arbeidskraft, multiplisert med en satt lønnsats. Hverken Thuen et. al. eller Fjellhammer og Thuen ser på arbeidskostnader når de ser på totale grovfôrkostnader, sammenlignet med kraftfôrpris (Fjellhammer & Thuen 2014; Hansen 2008; Huus 2016; Thuen et al. 2015).

Både Hansen og Thuen et al. ser først på brutto grovfôrkostnader. Hansen ser på landsgjennomsnitt i 2004-2005 med grunnlag i driftsgranskningene fra NIBIO og finner en brutto grovfôrkostnad på 3,67 kroner per fôrenhet, inkludert arbeidskostnader. I denne perioden lå gjennomsnittlig kraftfôrpris på 2,50 kroner per fôrenhet. Thuen et al. finner regionale kraftfôrpriser i 2013 med grunnlag i Effektivitetskontrollen fra TINE. Kraftfôrprisene lå mellom 3,48 og 3,59 kroner per fôrenhet. Deretter regner de ut brutto grovfôrkostnader for hver enkelt region. De finner at brutto grovfôrkostnad er høyere enn kraftfôrprisen på Vestlandet, i Nord-Trøndelag, i Nordland og Troms. De øvrige regionene har brutto grovfôrkostnader lavere enn kraftfôrprisen (Hansen 2008; Thuen et al. 2015).

Deretter regner Hansen og Thuen et al. ut netto grovfôrkostnader. Netto grovfôrkostnader er totale grovfôrkostnader fratrukket tilskudd til grovfôrproduksjon. Hansen trekker fra areal- og kulturlandskapstilskudd (AK-tilskudd) samt andre tilskudd som utgjør en liten del av totale tilskudd per FEm. Thuen et al. trekker kun fra AK-tilskudd. Det kan diskuteres om dette er riktig metode for å beregne netto grovfôrkostnader. Man kunne også ha lagt til *alternativkostnaden* for grovfôr – altså den prisen bonden kunne fått ved alternativt bruk av jorda. Til tross for at netto kostnader viser et riktigere bilde av de kostnadene bonden faktisk står overfor, er det ikke nødvendigvis slik at denne beregningen får med alle aspekter.

Thuen et al. sine beregninger for netto grovfôrkostnader er gjort for 2012 med utgangspunkt i Driftsgranskningene fra NIBIO. De viser at samtlige regioner i Norge har lavere netto grovfôrkostnader enn kraftfôrpris per fôrenhet. Netto grovfôrkostnader er høyest i flatbygdene på Østlandet, og lavest i Trøndelags andre bygder⁴. Forklaringen er at flatbygdene på Østlandet er den regionen der AK-tilskuddet per fôrenhet er lavest, mens Trøndelags andre bygder er en region der AK-tilskuddet er høyere per fôrenhet.

Thuen et al. sine beregninger viser også at i de regionene med netto grovfôrkostnader høyere enn kraftfôrprisen, i noen tilfeller også hadde relativt høyt forbruk av kraftfôr. Dette gjelder både Vestlandet, Nord-Norge og til dels Trøndelag.

⁴ For en forklaring på *flatbygder* og *andre bygder*, se delkapittel 3.1. Dette er ikke den samme region-inndelingen som brukes i Effektivitetskontrollen fra TINE.

Flatbygdene og andre bygder på både Sør-Vestlandet og Østlandet er de eneste regionene med relativt lave netto grovfôrkostnader og relativt lavt forbruk av kraftfôr. Dette kan bety at noen områder er mer avhengige av kraftfôr enn andre, og at de dermed bruker kraftfôr til tross for at gjennomsnittlige netto grovfôrkostnader er høyere enn kraftfôrprisen (Thuen et al. 2015 s. 49-50).

Hansen tar utgangspunkt i samme materiale som ved brutto grovfôrkostnader. Han finner et landsgjennomsnitt for netto grovfôrkostnader inkludert arbeidskostnader på 2,40 kroner per fôrenhet, sammenlignet med 2,50 kroner per fôrenhet kraftfôr på samme tidspunkt (Hansen 2008).

Huus finner også netto grovfôrkostnader inkludert arbeidskostnader med grunnlag i Driftsgranskningene fra NIBIO, for året 2014. Han undersøker ikke grovfôrkostnader i ulike regioner, men ser på sammenhengen mellom grovfôrkostnader og blant annet avlingsnivå per dekar. Han finner en negativ sammenheng mellom grovfôrkostnader og fôrenheter grovfôr per dekar. Dette betyr at jo flere fôrenheter per dekar gården har, jo lavere grovfôrkostnader har bonden.

Huus fant også at de gårdene som hadde netto grovfôrkostnader høyere enn kraftfôrprisen, var gårder som hadde mellom 100 og 400 fôrenheter grovfôr per dekar, med unntak av ett bruk som hadde 450 fôrenheter grovfôr per dekar. Likevel hadde ikke alle bruk med under 400 fôrenheter per dekar grovfôrkostnader over kraftfôrprisen (Huus 2016). Fjellhammer og Thuen finner også at gårdene med høy brutto grovfôrkostnad var de gårdene som hadde lav avling per dekar (Fjellhammer & Thuen 2014).

Disse fire analysene tilsier at det er noen gårder som har høyere netto grovfôrkostnad per fôrenhet enn kraftfôrprisen. Disse gårdene ligger i områder der grovfôravling i fôrenheter per dekar er lav. Dermed er det ikke nødvendigvis slik at alle brukene har lavere kraftfôrpris enn gjennomsnittlig netto grovfôrkostnader per fôrenhet, slik analysen til Thuen et al. tilsier.

Antagelsen om at prisforholdet påvirker bruken av kraftfôr, kan basere seg på at en relativt lav kraftfôrpris øker bruken. Ut ifra disse funnene ser det ut til at kraftfôrprisen ikke er lavere enn grovfôrkostnadene i alle regioner. Likevel kan prisforholdet mellom grovfôr og kraftfôr ha en virkning på kombinasjonen av grovfôr og kraftfôr. Dette skal jeg analysere i delkapittel 4.2.

Det slike analyser også forteller er at tilskuddsordningene er viktig for å redusere grovfôrkostnadene. I disse analysene har man imidlertid ikke inkludert alle tilskuddsordningene eller alternativkostnadene ved bruk av jordbruksareal. Det kan derfor være relativt store feil ved disse analysene. Likevel indikerer de at om AK-tilskudd ikke hadde eksistert ville kraftfôrprisen vært lavere enn grovfôrkostnadene i omtrent samtlige regioner. Det er naturlig å anta at bruken av kraftfôr da ville vært høyere enn i dag.

Dessuten er arbeidskostnadene også viktige for å regne ut den sanne grovfôrkostnaden. Fordi de grovfôrkostnadene Thuen et. al. bruker for å sammenligne med kraftfôrprisen ikke er inkludert arbeidskostnader, er det vanskelig å sammenligne kraftfôrprisen med de virkelige kostnadene ved å produsere grovfôr. På den andre siden fant Hansen at både brutto og netto gjennomsnittlige grovfôrkostnader inkludert arbeidskostnader på landsbasis er lavere enn gjennomsnittlig kraftfôrkostnad.

I tillegg til disse funnene har forskere på Institutt for akvakultur og husdyrfag på NMBU forsket på klimagassutslipp i sammenheng med melke- og storfeproduksjon. Kombikua Norsk Rødt Fe er den aller mest brukte kua i Norge og produserer mye melk og kjøtt av god kvalitet. Til tross for dette, er det en tendens til at flere skifter kjøtt- og melkeproduksjon. Dette skjer spesielt i Europa, men også i Norge. Når kjøtt og melkeproduksjon skilles øker totalantallet kyr, og da øker også samlet klimagassutslipp fra melke- og storfeproduksjon (Aass et al. 2014; Aass & Harstad 2015; Aass et al. 2015; Aass & Åby 2016).

Aass et al. har funnet at kombinert melke- og storfeproduksjon er definitivt best for klimagassutslippet. Fordi kjøttforbruket vokser mer enn melkeforbruket, er det også behov for flere storfe enn det melkeproduksjonen krever i dag. Den aller beste løsningen for klimagassutslippene er ifølge disse forskerne å redusere melkeytelsen per ku, slik at flere kyr produserer like mye melk og samtidig øker produksjonen av kjøtt (Aass et al. 2014; Aass & Harstad 2015; Aass et al. 2015; Aass & Åby 2016). På denne måten vil antall kombikyr øke, samtidig som antall spesialiserte kjøttfe reduseres, eller elimineres. Dermed kan også bruken av kraftfôr per liter melk reduseres, fordi det ikke behøves like mye kraftfôr ved lavere melkeytelser.

1.7 Hypoteser

Med grunnlag i teorien og kunnskap om landbruket, gjør jeg et utvalg av faktorer som jeg mener kan ha påvirkning på forbruket av kraftfôr for å knytte det til første del av problemstillingen. Dette inkluderer melkekvotene, melkeytelse, den relative kraftfôrprisen og grovfôravling, samt tilskudd per melkedyr. Disse faktorene analyseres sammen med bruken av kraftfôr i delkapittel 4.1.

Melkekvotene setter begrensninger for hvor mye melk bonden kan produsere til full pris. I tillegg kan omsetningsordningen for melkekvotene også ha påvirkning på bruk av kraftfôr, fordi omsetning gir mulighet til å endre totalproduksjon på lang sikt. Dette kan ha sammenheng med tilskudd per dyr.

Fordi kraftfôr øker melkeytelsen til kua, er det naturlig å anta at bruken av kraftfôr varierer sammen med melkeytelse. Det vil si at melkeytelsen øker når kraftfôrbruken øker, i prosent av totalt fôr.

Samtidig er det grunn til å tro at størrelsen på grovfôravlingene påvirker bruken av kraftfôr. Det er kjent at lav grovfôravling per dekar gir høyere kostnader per fôrenhet, og dermed en økning i prisforholdet mellom grovfôr og kraftfôr. Om kostnadene per fôrenhet grovfôr blir høyere enn prisen på kraftfôr per fôrenhet, vil dette gi økonomiske incentiver til å bruke relativt mer kraftfôr. På den andre siden vil høye grovfôravlinger per dekar redusere kostnaden per fôrenhet, og muligens trekke i retning av relativt mer grovfôr.

Det kan også tenkes at tilskudd per melkeku har påvirkning på bruk av kraftfôr. Høye tilskudd vil gi incentiver til å ha flere kyr og lavere ytelse. Ved å gi tilskudd kun opp til et visst antall kyr gis det incentiver om å holde antall melkekyr under denne grensen.

Når det er sagt, er det slik at det ligger mange andre faktorer bak de faktorene jeg analyserer, som omfanget av denne oppgaven ikke kan analysere. For eksempel er det grunn til å tro at kunnskapen til hver enkelt bonde påvirker både melkeavdrått og kvalitet på fôret de dyrker selv. Om bonden har båsfjøs eller robotfjøs er også faktorer som trolig påvirker bruken av kraftfôr. Ved overgang til robotfjøs er det som nevnt funnet at melkeytelsen øker. Dette skulle tilsi økning i kraftfôrbruk. Samtidig er det slik at i robotfjøs gis kraftfôret i helt nøyaktig mengde til hver enkelt ku, noe som på den andre siden kan redusere total bruk av kraftfôr. Bondens alder kan også påvirke beslutningen om bruken av kraftfôr, men også i beslutningen om investering i robotfjøs. Det er dermed mange faktorer som kan tenkes å påvirke kraftfôrbruken. I denne oppgaven velger jeg å fokusere på hvordan kraftfôrpris, melkevotesystem og tilskuddsordninger påvirker bruken av kraftfôr.

2 Teori

I dette kapittelet vil jeg gjennomgå generell produksjonsteori med to innsatsfaktorer. De to første delkapitlene vil gjennomgå generell produksjonsteori som inkluderer produksjons- og kostandsfunksjonen, samt isokvant og isokost. Dette danner grunnlaget for produksjonsbeslutningene og er viktige for å forstå tilpasningen til melkebonden senere.

I delkapittel 2.3 anvender jeg teorien presentert i de to første delkapitlene til å forklare driften av et melkebruk og de beslutningene som blir tatt. Her blir innsatsfaktorer og produksjonsrestriksjoner for et melkebruk introdusert. Deretter bruker jeg teorien om isokost og isokvant til å beskrive optimal tilpasning på et melkebruk. En slik analyse av tilpasningen på et melkebruk er viktig i senere analyse av hvordan førsammensetningen i melkeproduksjonen påvirkes av prisforhold og andre politiske virkemidler.

Videre forklares substitusjonselastisiteten mellom grovfôr og kraftfôr i delkapittel 2.4. Til slutt presenteres CES-funksjonen i delkapittel 2.5. Både substitusjonselastisiteten og CES-funksjonen brukes i analysen senere i oppgaven.

2.1 Produksjonsfunksjonen

En *produksjonsfunksjon* beskriver den maksimalt mulige produksjonen med gitt mengde *innsatsfaktorer*. En klassisk produksjonsfunksjon ser slik ut:

$$y = f(x_1, x_2)$$

hvor produksjonen y er en funksjon av innsatsfaktorene x_1 og x_2 (Varian 2003). Jeg ser altså på en to-faktor analyse av produksjonen. Dette er hensiktsmessig i denne oppgaven, fordi jeg kun skal se på bruken av grovfôr og kraftfôr i melkeproduksjon.

Fordi produksjonen defineres som en funksjon av x_1 og x_2 , vil en økning i bruken av én eller begge innsatsfaktorene gi økning i produksjonen. Den endringen i produksjonen som skjer når kun én av innsatsfaktorene endres kalles *marginalprodukt* (Varian 2003). Marginalproduktet for x_1 er den endringen i produksjon som kommer av endring i bruken av x_1 med én enhet, samtidig som bruken av x_2 holdes stabil.

Matematisk defineres marginalprodukt slik:

$$\frac{\Delta y}{\Delta x_1} = f'(x_1, x_2)$$
$$\frac{\Delta y}{\Delta x_1} = \frac{f(x_1 + \Delta x_1, x_2) - f(x_1, x_2)}{\Delta x_1}$$

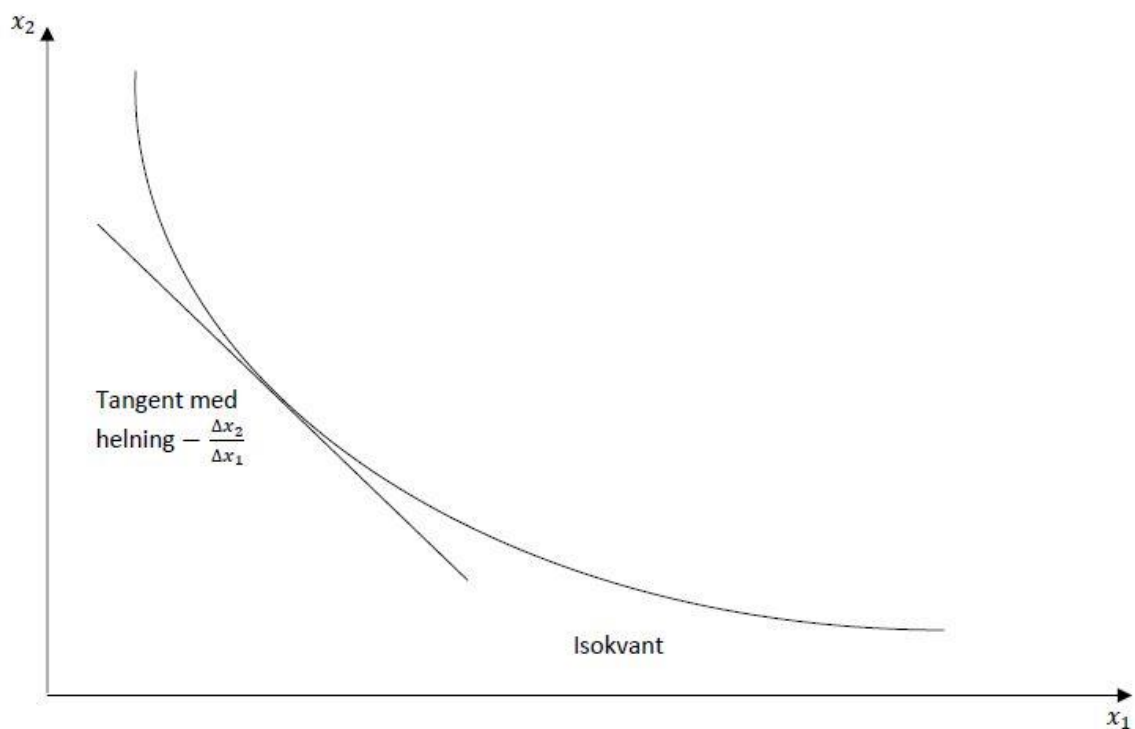
Leddet på venstre side illustrerer endringen i produksjonen ved endring kun i x_1 . Høyre side forklarer denne endringen som ny sammensetning av innsatsfaktorer minus gammel sammensetning over en endring i x_1 .

Marginalproduktet av x_1 er altså:

$$MP_1(x_1, x_2) = \frac{\Delta y}{\Delta x_1}$$

Innsatsfaktorer kan også kombineres slik at produksjonen holdes stabil, selv ved endring i kombinasjonen av innsatsfaktorer. Denne relasjonen forklares gjennom en *isokvant*, illustrert i figur 3. En isokvant gir kombinasjoner av innsatsfaktorene som gir identisk produksjon. Isokvanter har negativt stigningstall. Det vil si at når man øker bruken av en faktor, for eksempel x_1 , kan man redusere bruken av den andre faktoren samtidig som produksjonen er den samme. Figur 3 viser en isokvant som er krummet mot origo. Dette illustrerer at i en situasjon hvor det brukes mye x_1 , vil en reduksjon i bruken av x_1 måtte erstattes med en relativt mindre andel x_2 . Altså, desto mer man øker bruken av den ene faktoren, desto færre enheter av den andre vil den erstatte (Penson et al. 2015; Varian 2003).

En isokvant lenger fra origo tilsvarer større produksjon, og isokvanter nærmere origo beskriver lavere produksjon enn den som er tegnet.



Figur 3 Isokvant mellom to innsatsfaktorer, (Penson et al. 2015 s. 129)

Helning på isokvanten bestemmes av *den tekniske substitusjonsraten* (TRS), som er stigningstallet på tangenten til isokvanten. TRS måler avveiningen mellom bruk av de to innsatsfaktorene i produksjon og henviser på denne måten til forholdet mellom innsatsfaktorene. Fordi isokvanten i figur 3 er fallende, viser den at det er mulig å opprettholde produsert mengde selv ved en reduksjon i bruken av den ene innsatsfaktoren, om bruken av den andre innsatsfaktoren øker tilstrekkelig mye (Chambers 1988; Varian 2003). Det er ikke nødvendigvis slik at helningen på isokvanten alltid er slik som i figur 3. Dette kommer jeg tilbake til senere.

Utleddningen av TRS finnes ved å ta utgangspunkt i marginalproduktet til begge innsatsfaktorene. Vi løser så marginalproduktene for endringen i produksjon og får:

$$\Delta y = MP_1 \Delta x_1 \text{ og } \Delta y = MP_2 \Delta x_2$$

Fordi isokvanten per definisjon har konstant produksjon, settes endringen i produksjon lik null. Dermed må summen av marginalproduktene løst for endringen i produksjon være lik null:

$$MP_1 \Delta x_1 + MP_2 \Delta x_2 = 0$$

Deretter løses det for endringen i faktor 2 over endring i faktor 1:

$$\frac{\Delta x_2}{\Delta x_1} = - \frac{MP_1}{MP_2}$$

TRS er dermed definert slik:

$$TRS(x_1, x_2) = - \frac{MP_1}{MP_2}$$

Det negative fortegnet indikerer den fallende isokvanten som er forklart tidligere. Den tekniske substitusjonsraten blir viktig i forståelsen av substitusjonselastisiteten mellom grovfôr og kraftfôr senere i oppgaven.

2.2 Kostnadsfunksjonen

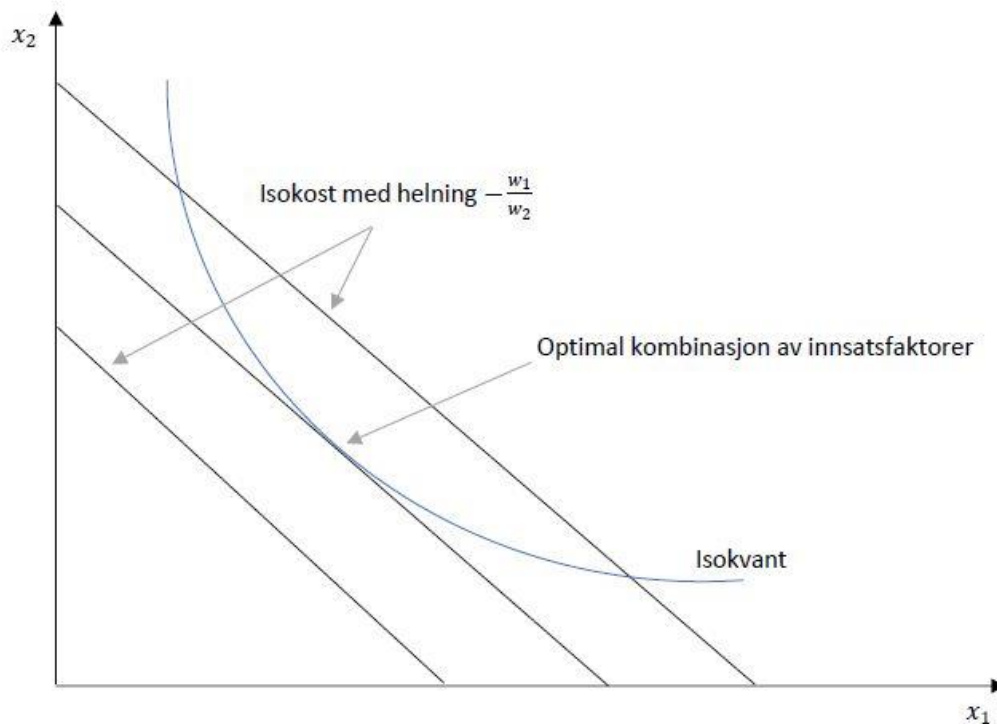
Kostnadsfunksjonen er gitt ved

$$C = w_1 x_1 + w_2 x_2$$

som viser at kostnadene er summen av prisene på de to innsatsfaktorene w_1, w_2 . Utfra kostnadsfunksjonen kan jeg finne *isokosten* (Varian 2003). Jeg løser kostnadsfunksjonen for x_2 , og får:

$$x_2 = \frac{C}{w_2} - \frac{w_1}{w_2} x_1$$

Dette er isokosten, med skjæringspunkt i $\frac{C}{w_2}$ og helning $-\frac{w_1}{w_2}$. Helningen på isokosten er derfor gitt ved prisforholdet mellom de to innsatsfaktorene. Langs denne linjen gir alle kombinasjoner av innsatsfaktorer like kostnader. En isokost som ligger lenger ut i diagrammet har høyere kostnader enn en som ligger lenger inn i diagrammet. Der isokvanten tangerer isokosten er den optimale kombinasjonen av innsatsfaktorene. I dette punktet er TRS lik prisforholdet mellom de to innsatsfaktorene (Varian 2003).



Figur 4 Skjæringspunktet mellom isokvant og isokost, (Varian 2003 s. 351)

Fordi helningen på isokosten bestemmes av prisforholdet mellom de to innsatsfaktorene, vil en endring i prisforholdet føre til en endring i helningen. Dette vil også endre optimal kombinasjon av innsatsfaktorene.

Her er det aktuelt å trekke inn alternativkostnader av innsatsfaktorene. Alternativkostnaden for en innsatsfaktor er inntekten produsenten kunne ha fått ved alternativ bruk av innsatsfaktoren. Alternativkostnader er en del av totale kostnader for produksjonen og kan påvirke helningen på isokosten (Varian 2003).

2.3 Restriksjoner og tilpasning i melkeproduksjon i Norge

Etter introduksjon til produksjonsteori kobles dette nå til driften av et melkebruk og de beslutningene som blir tatt. Produksjonsteori, sammen med kunnskapen om føring av melkekyr, setter rammene for analysen av tilpasningen til melkebøndene i delkapittel 2.3.2. Denne analysen

gjøres fordi tilpasningen har betydning for hvordan melkebønder reagerer ved endringer i politiske virkemidler. Dermed blir dette også brukt i analysen av hvilke politiske virkemidler som påvirker bruken av kraftfôr i delkapittel 4.1.

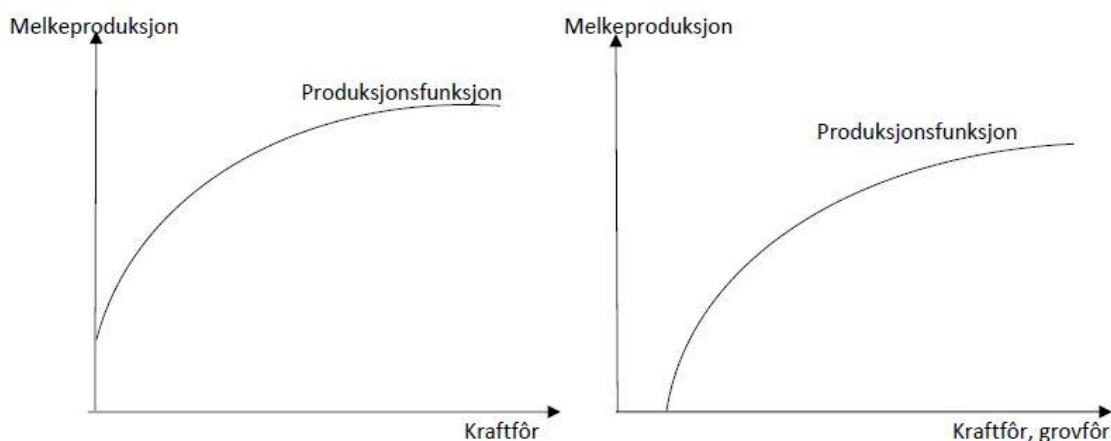
Jeg har sett på en to-faktor-analyse av produksjonstilpasningen, og skal nå anvende dette for et melkebruk. Jeg setter grovfôr og kraftfôr som innsatsfaktorene i melkeproduksjonen; alle andre faktorer holdes faste. På denne måten ser jeg på en situasjon på kort sikt. Kort sikt er definert som den tidsperioden hvor minst én faktor er fastsatt, på lang sikt kan alle faktorene endres. Fordi jeg ser på en to-faktor-analyse på kort sikt vil de faste faktorene ikke inngå som en del av produksjonsfunksjonen i denne oppgaven. Dermed ser produksjonsfunksjonen på et melkebruk slik ut:

$$\text{melk} = f(x_{kf}, x_{gf})$$

hvor produksjonen av melk er en funksjon av bruken av kraftfôr, x_{kf} , og grovfôr, x_{gf} . Det er kjent at i teorien betyr dette at en økning i bruken av én eller begge typer fôr vil gi økning i produksjonen.

I melkeproduksjonen er det mulig å produsere melk ved kun bruk av grovfôr. Dette er illustrert i den venstre figuren under, hvor produksjon skjer på kort sikt. Her er grovfôrmengden fast, men kraftfôrbruken kan variere. Fordi det er mulig å produsere melk kun ved bruk av grovfôr og ikke noe kraftfôr, begynner produksjonsfunksjonen i figuren til venstre et stykke opp på den vertikale akse.

Melkeproduksjon kan også illustreres ved figuren til høyre, hvor produksjonen skjer på lang sikt. Her endres bruken av innsatsfaktorene parallelt (Giæver 1979). Begge figurer illustrerer at produksjonen av melk stagnerer når kua kommer til et metningspunkt for inntak av fôr, slik jeg har nevnt tidligere.



Figur 5 To illustrasjoner av produksjonsfunksjonen i et melkebruk med grovfôr og kraftfôr som innsatsfaktorer, delvis fra Varian (2003 s. 337)

2.3.1 Restriksjoner i melkeproduksjonen på kort og lang sikt

På et melkebruk finnes det begrensninger for produksjonen. Noen av faktorene som setter begrensninger for produksjonen *på kort sikt* blir satt politisk, som for eksempel melkekvoten på gården. Noen andre blir bestemt av bonden, som for eksempel antall bås plasser i fjøset. Og noen bestemmes av landskapet rundt gården, som for eksempel grovfôrareal. I tillegg kan tilgjengelig arbeidskraft til en viss grad være begrensende, men det skal jeg ikke diskutere i denne oppgaven.

Hvor strenge disse begrensningene er avhenger av om produksjonen planlegges på kort eller lang sikt. På kort sikt vil for eksempel produksjonen av grovfôr til melkeproduksjon være begrenset. Det betyr at for å øke bruken av grovfôr på kort sikt, må dette ekstra fôret kjøpes. Det skal også legges til at når endringen på lang sikt er gjort, ved for eksempel å kjøpe eller leie mer grovfôrareal for å øke sin egen grovfôrproduksjon, er bonden tilbake i kortsiktig planlegging (Flaten 2001; Varian 2003).

Det er ved melkeproduksjon på kort sikt at de begrensende faktorene kommer inn. På kort sikt vil det ikke være mulig å øke den disponible melkekvoten på gården. Det er også økonomisk ugunstig for bonden å øke melkeproduksjonen utover melkekvoten. Samtidig er det mulig å kjøpe eller leie melkekvote, men den er som nevnt kun tilgjengelig fra 1. januar året etter at den er kjøpt. Dermed har bonden mulighet til å øke melkekvoten på lang sikt, om det er tilgjengelige kvoter i fylket han hører til (Landbruksdirektoratet 2010).

Det kan være mulig å øke kyras melkeytelse på kort sikt ved å øke fôrinnsetningen. Et annet alternativ er å øke melkeproduksjonen ved å få flere kyr. Om bonden velger å kjøpe flere kyr vil dette kunne ta noen få måneder. Om bonden vil avle dyrene selv tar det betraktelig lengre tid. Uansett er det ikke mulig å øke antall bås plasser i fjøset på kort sikt. Å øke antall bås plasser i fjøset vil kreve både arealressurser og økonomiske ressurser, og må dermed skje på lang sikt (Flaten 2001).

Grovfôrareal setter også begrensninger for produksjonen på kort sikt. Dette betyr at bonden må kjøpe annet grovfôr eller erstatte noe med kraftfôr om sitt eget areal gir for lite grovfôr til besetningen. Her setter som nevnt opprettholdelsen av vomfunksjonene begrensninger for hvor mye kraftfôr det kan være i forhold til grovfôr i fôrrasjonen. I tillegg setter appetitten til kua en maksimumsgrense for hvor mye ei ku kan spise i løpet av en dag.

På lang sikt har bonden mulighet til å kjøpe eller leie ekstra jordbruksareal for å øke produksjonen av eget grovfôr. Det å kjøpe eller leie jordbruksareal krever tid for å finne areal som passer til behovene, samt å finne noen som ønsker å selge eller leie ut. Når dette er i orden, vil ikke selve avtalen ta lang tid. Derimot vil det å øke kvaliteten på sin egen jord, gjennom grøfting eller andre tiltak ta lenger tid. Bonden vil uansett ikke kunne produsere mer grovfôr enn det tilgjengelige arealet tillater, men det finnes muligheter for å øke avling per dekar på sitt eget grovfôrareal. Ved dårlige værforhold som gir

lave grovfôravlinger, vil bonden fortsatt stå overfor valget om å kjøpe annet grovfôr eller kraftfôr for å dekke fôrbehovet til kyra.

Det er her prisforholdet mellom grovfôr og kraftfôr blir viktig for bruken av type fôr. Det er naturlig å anta at bonden, om han ikke har nådd maksgrensen for kraftfôr, vil velge kraftfôr over grovfôr om prisen for dette er lavere enn grovfôrkostnadene, per FEm. Likevel er det ikke alltid like lett å vite om den ene prisen er høyere enn den andre, fordi bonden ikke alltid kjenner kvaliteten på grovfôret han kjøper. Dette kalles transaksjonskostnader og det kommer jeg tilbake til i neste delkapittel.

For å gjøre disse restriksjonene oversiktlige velger jeg å presentere dem i en tabell:

Restriksjon	Tidsbruk for endring eller justering av faktor
Melkevot	Én gang per år
Grovfôrareal	Minimum ett år for leie eller kjøpe, lenger om eget areal skal forbedres
Antall båsplasser	Minimum ett år for utbygging
Antall melkekyr	Få måneder om de skal kjøpes, minst to år om de skal avles

Tabell 2 Oversikt over restriksjonene som setter begrensninger for melkeproduksjon

2.3.2 Optimal tilpasning på et melkebruk

Optimal tilpasning på et melkebruk tar utgangspunkt i tangeringen mellom isokvant og isokost, altså den optimale fôrkombinasjonen gitt melkeytelsen til hver enkelt ku og prisforholdet mellom grovfôr og kraftfôr. I dette delkapittelet skal jeg se nærmere på optimal tilpasning i melkeproduksjonen.

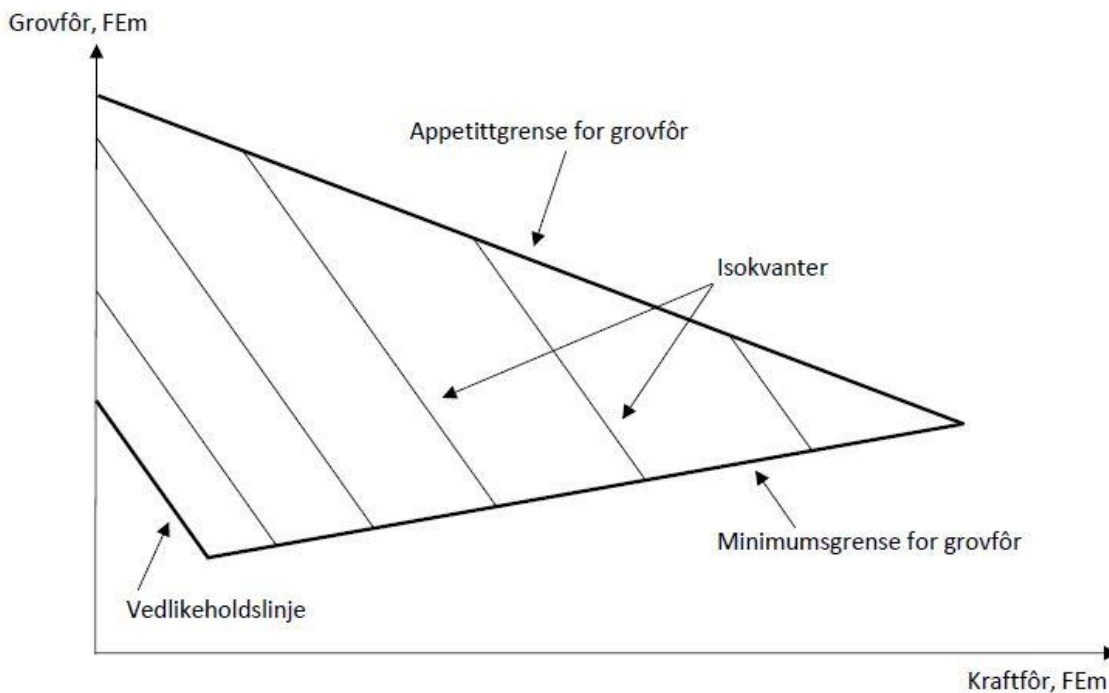
Det er kjent at en isokvant gir alle fôrkombinasjonene som gir konstant produksjon. Når fôrkombinasjonene er målt i fôrenheter melk per kilo energikorrigert melk, er helningen på isokvanten (TRS) per definisjon tilnærmet lineær ved produksjon hos ei ku. Dette er fordi en fôrenhet gir samme energimengde per kilo melk, uansett hva slags fôr som brukes og hvor stor ytelse kua har (Hovland 2016). Dermed vil en reduksjon i bruk av grovfôr med én FEm måtte erstattes med en økning i bruk av kraftfôr med én FEm, for at energimengden i melkeproduksjonen skal være den samme. For enkelthetens skyld omtales dette som FEm per kilo EKM i resten av oppgaven.

Likevel er det slik at kyr trenger en minimumsmengde grovfôr for å opprettholde funksjonene i vommen. Dessuten har kyr også en maksimalgrense på opptak av grovfôr etter appetitt og en maksimalgrense på andel kraftfôr i forhold til grovfôr. Dette betyr at substitusjonselastisiteten mellom grovfôr og kraftfôr ikke er perfekt i enhver situasjon, men innenfor visse rammer (Flaten 2001; Giæver 1979; Gjefsen 2007).

Ved å se på helningen i isokvanten for melkeproduksjonen kan vi finne optimal tilpasning på et melkebruk. Den er gitt ved den tekniske substitusjonsrate:

$$TRS(x_{kf}, x_{gf}) = - \frac{\Delta x_{kf}}{\Delta x_{gf}}$$

Substitusjonen mellom grovfôr og kraftfôr i melkeproduksjon kan illustreres i et diagram med isokvanter:



Figur 6 Fôringsdiagram for sammenhengen mellom bruk av fôr og melkeproduksjon hos ei ku, fra Flaten (2001); Giæver (1979)

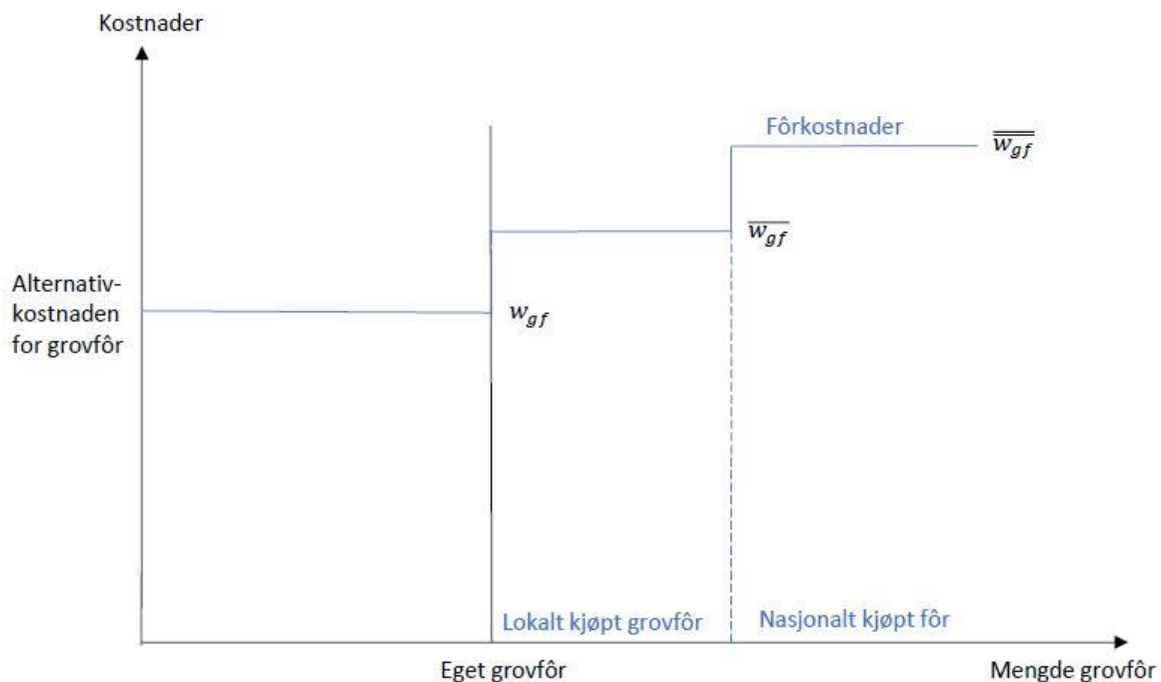
Figuren over illustrerer sammenhengen mellom fôrbruk og melkeytelse hos ei ku. Her er isokvantene målt i FEm per kilo EKM, og er derfor per definisjon lineære i teorien. Avstanden mellom isokvantene øker ved høyere ytelse. Det betyr at ved høyere ytelse trengs det relativt mer fôr for å øke kuas melkeytelse enn det trengs ved lavere ytelser. Avstanden mellom appetittgrensen og minimumsgrensen for grovfôr blir også mindre jo høyere ytelsen er. Dette tilsier at det er større muligheter for å bytte ut grovfôr med kraftfôr – eller omvendt – når ytelsen er lav enn når ytelsen er høy (Giæver 1979).

Vedlikeholdslinjen illustrerer mengde fôr som kreves for å opprettholde de normale livsfunksjonene uten melkeproduksjon.

Ved økende inntak av kraftfôr, vil behovet for minimum mengde grovfôr også øke for at vomfunksjonene skal opprettholdes. Dette er grunnen til den stigende minimumsgrensen for grovfôr. Appetittgrensen for grovfôr synker ved økende inntak av kraftfôr, men dette kommer i tillegg an på kvaliteten og smaken på grovfôret. Jo dårligere kvalitet på grovfôret, jo mer må kua spise for å dekke behovet for næringsstoffer. Dermed vil dårligere kvalitet på grovfôret sette begrensninger for melkeproduksjon om det føres etter appetitt. (Eriksen 2000; Flaten 2001).

Med grunnlag i begrensningene for melkeproduksjonen presentert i forrige delkapittel er det ikke gitt at bonden produserer nok grovfôr til sin egen melkeproduksjon hvert år. Ved egenproduksjon som er lavere enn den ønskede mengden grovfôr må bonden kjøpe mer grovfôr på markedet, eller erstatte noe grovfôr med kraftfôr, så langt det lar seg gjøre. Om bonden heller produserer mer grovfôr enn han selv trenger, har han mulighet til å selge det overflødige fôret.

Ved kjøp av grovfôr kommer transport- og transaksjonskostnader i tillegg til grovfôrprisen. Transaksjonskostnader illustrerer usikkerheten ved at man ikke kan være helt sikker på kvaliteten på fôret, til tross for at prøver blir tatt. Dermed er det vanskelig å vite hvor mange fôreheter grovfôret i realiteten inneholder per kilo. Jeg illustrerer alternativkostnadene for grovfôrproduksjon i en figur:



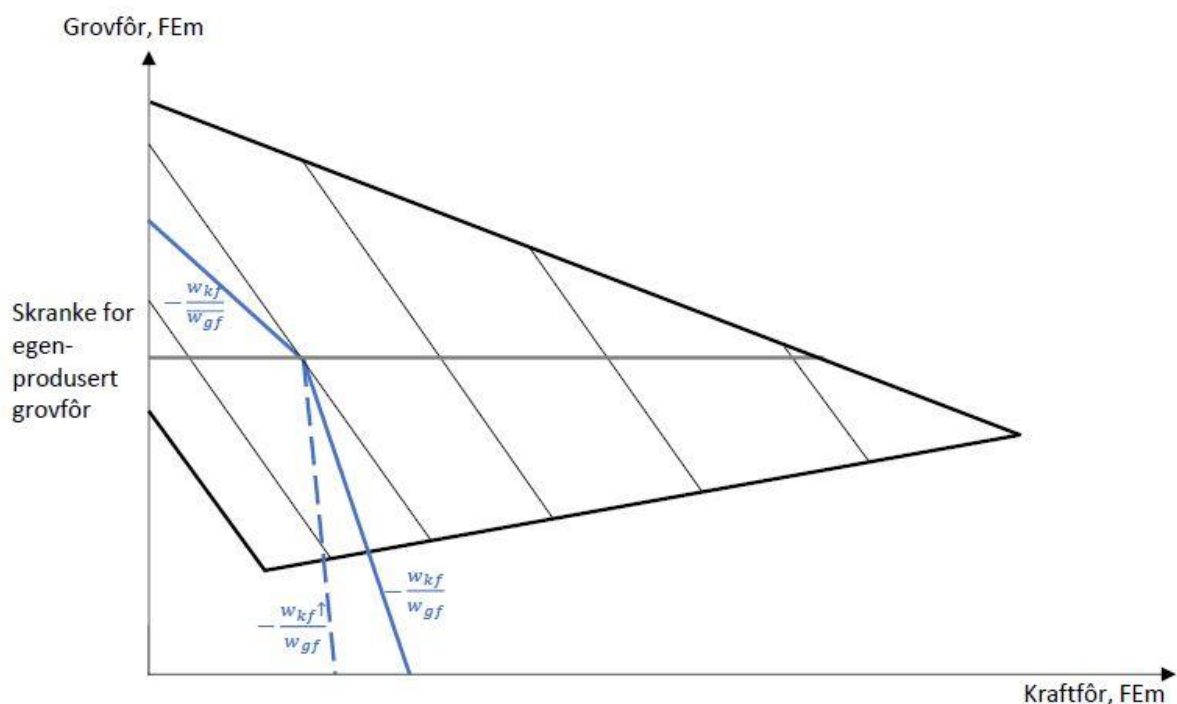
Figur 7 Alternativkostnader i grovfôrproduksjon

Jeg setter kostnaden for produksjon av eget grovfôr lik alternativkostnaden for grovfôr, altså den prisen bonden får om han selger grovfôret sitt, gitt ved w_{gf} . Videre antar jeg at grovfôr som blir kjøpt er lik alternativkostnaden på grovfôret plus transport- og transaksjonskostnader. Dermed har

grovfôr kjøpt i det lokale markedet lavere pris enn grovfôr som er kjøpt i det nasjonale markedet, gitt ved henholdsvis $\overline{w_{gf}}$ og $\overline{w_{gf}}$ fordi det skal fraktes lenger. Jeg vil for enkelthetens skyld kun bruke én pris for innkjøpt grovfôr fra nå; $\overline{w_{gf}}$.

For di Norge er et land med store geografiske forskjeller vil prisforholdet mellom grovfôr og kraftfôr være ulike fra region til region. Dette kan også sees i den deskriptive analysen, i figur 16 og 17.

Som kjent gir skjæringspunktet mellom isokost og isokvant den optimale fôrkombinasjonen. For å inkludere forskjellene i kostnader for kjøpt og egenprodusert grovfôr i isokosten, er det mulig å illustrere dette ved forskjellig helning på isokosten som ligger over og under egenprodusert grovfôr. På denne måten kan en finne en mer reell optimal fôrkombinasjon. Figuren under illustrerer skjæringspunktet mellom isokost og isokvant for ett melkebruk.



Figur 8 Fôringsdiagram for produksjon av melk for ei ku, med ulike fôrpriser, delvis fra Giæver (1979)

Figuren over illustrerer melkeproduksjonen hos ei ku. I den kommende analysen antar jeg at gården maksimerer bruken av egenprodusert grovfôr. Det betyr at bonden i utgangspunktet bruker alt grovfôret han produserer til melkeproduksjon og dermed tilpasser seg langs skranken for egenprodusert grovfôr, om ikke annet er nevnt. Jeg antar også at melkeproduksjonen er lik melkekvoten bonden har tilgjengelig. På denne måten er melkekvoten en bindende skranke for bonden. Dette betyr at analysen gjøres på kort sikt.

I figuren over er grovfôrkostnadene for kjøpt fôr, $\overline{w_{gf}}$, høyere enn grovfôrkostnader for egen produksjon, slik som i figur 7. I den heltrukne isokosten under skranken for egenprodusert grovfôr er prisen for kraftfôr lavere enn den er i den stiplede isokosten. Dette indikerer at en økning i kraftfôrpris gjør prisforholdet mellom grovfôr og kraftfôr brattere. Jeg skal nå se på tre forskjellige situasjoner med ulike prisforhold.

i) $\overline{w_{gf}} > w_{kf} > w_{gf}$ – en situasjon hvor kjøpt grovfôr er dyrere enn kraftfôr, som igjen er dyrere enn selvprodusert grovfôr.

Det er denne situasjonen som er illustrert i figuren, både den stiplede og heltrukne linjen. Bonden vil tilpasse seg i knekkpunktet, der isokosten tangerer isokvanten. Som kjent er dette punktet optimal melkeproduksjon og fôrbruk. I en slik situasjon med billigere grovfôr enn kraftfôr vil det lønne seg for bonden å minimere bruken av kraftfôr. Slik kan han heller maksimere kuas opptak av grovfôr (Flaten 2001).

ii) $\overline{w_{gf}} > w_{gf} > w_{kf}$ – en situasjon hvor kjøpt grovfôr er dyrere enn selvprodusert grovfôr, som igjen er dyrere enn kraftfôr.

Dette betyr at bonden tilpasser seg på minimumsgrensen for inntak av grovfôr, og maksimerer mulig bruk av kraftfôr. Når kraftfôret er billigere enn grovfôret, vil det lønne seg for bonden å øke avdråttene ved å tilføre mer kraftfôr per liter melk (Flaten 2001). På denne måten er optimal tilpasning lenger ut i diagrammet enn i situasjon i).

iii) $w_{kf} > \overline{w_{gf}} > w_{gf}$ – en situasjon hvor kraftfôr er dyrere enn innkjøpt grovfôr, som igjen er dyrere enn selvprodusert grovfôr.

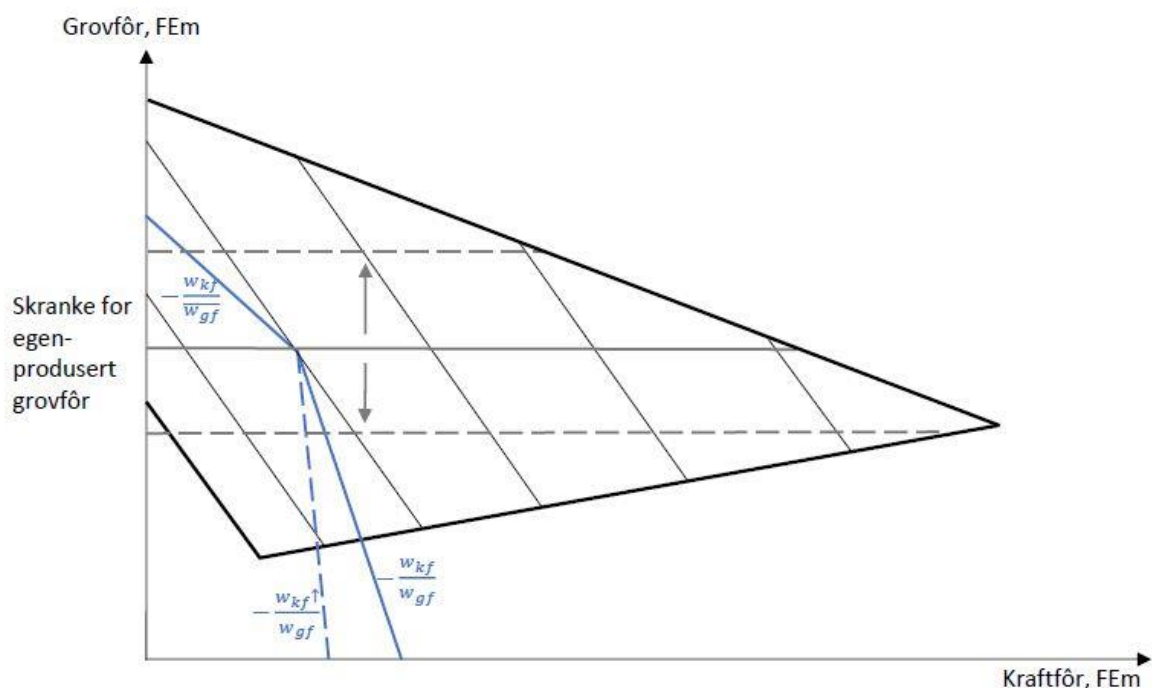
I en slik situasjon vil prisforholdet mellom grovfôr og kraftfôr, altså helningen på isokosten, være brattere enn de to foregående eksemplene. I denne situasjonen vil det lønne seg for bonden å tilpasse seg på appetittgrensen for grovfôr, og ha relativt lite kraftfôr i fôrrasjonen. På denne måten vil det være mest lønnsomt å maksimere bruken av grovfôr og minimere bruken av kraftfôr. Når kraftfôr er aller dyrest, vil bonden heller bruke innkjøpt grovfôr før han eventuelt kjøper kraftfôr. I en slik situasjon vil bruken av kraftfôr være veldig lav, om mulig ikke-eksisterende (Weiby & Nordang).

Til tross for delvis forskjellig resultat ved analyse av grovfôrkostnadene i Norge, som beskrevet i delkapittel 1.6, fant Thuen et al. (2015) at netto grovfôrkostnader for egenproduksjon var høyere på Østlandets flatbygder enn for eksempel i Trøndelags andre bygder⁵. Om man antar at kraftfôrprisen

⁵ For en forklaring av flatbygder og andre bygder se delkapittel 3.1.

er omtrent lik i hele landet, vil dette tilsi at helningen på isokosten under skranken for egenprodusert grovfôr for Østlandets flatbygder er slakere enn isokosten for Trøndelags andre bygder.

Ved å se på netto grovfôrkostnader og kraftfôrpriser, dog uten inkludering av alternativkostnadene, ble det som nevnt funnet at kraftfôrprisen er høyere enn grovfôrkostnadene i samtlige regioner. Dette betyr at hele landet er enten i situasjon i) eller iii), hvor kraftfôrprisen er høyere enn grovfôrkostnadene for egenproduksjon. I situasjonen med brutto grovfôrkostnader er det som nevnt funnet at både Vestlandet, Nord-Trøndelag, Nordland og Troms får høyere grovfôrkostnader enn kraftfôrprisen (Thuen et al. 2015). Dermed faller disse områdene inn i situasjon ii), hvor det er mest lønnsomt å maksimere bruken av kraftfôr.



Figur 9 Fôringsdiagram for produksjon av melk for ei ku, med endringer i skranken for egenprodusert grovfôr

Skranken for egenprodusert grovfôr per liter melk påvirkes av blant annet melkekvote og grovfôravlinger. I perioder med dårlige værforhold vil avlingsnivået gå ned, og skranken for egenprodusert grovfôr faller. Tilpasningspunktet forskyves mot lavere ytelse og lavere produksjon på kort sikt, gitt at bonden ikke kjøper ekstra grovfôr eller kraftfôr.

Om vi beregner skranken for egenprodusert grovfôr per liter melk, vil en økning i melkeknoten føre til en reduksjon i egenprodusert grovfôr per liter melk. Jeg antar fortsatt at bonden maksimerer bruken av egenprodusert grovfôr. Dermed må forbruket av kraftfôr øke for å opprettholde samme melkeytelse som før, med mindre bonden velger å kjøpe annet grovfôr. Denne beslutningen bestemmes av hvilken prissituasjon bonden befinner seg i, og begge deler kan gjøres på kort sikt.

På den andre siden vil en reduksjon i melkekvote øke egenprodusert grovfôr per liter melk, og skranken vil flyttes oppover. Det samme skje i de årene det er gode avlinger, og tilpasningspunktet skyves oppover. Bonden har mulighet til å øke melkeytelsen uten å kjøpe ekstra fôr. På denne måten blir disse to situasjonene en avveining mellom å endre ytelsen per ku, eller endre antall melkekyr i besetningen for å tilpasse seg det nye skjæringspunktet mellom isokvant og isokost, ved en endring i melkekvote eller avlingsnivå. Dette kan bare skje på lang sikt.

2.4 Substitusjonselastisiteten av innsatsfaktorene

Som nevnt antas det at prisforholdet mellom grovfôr og kraftfôr påvirker bruken av kraftfôr. Derfor skal jeg analysere endringer i fôrbruken ved endringer i prisforholdet. Dette kan gjøres gjennom *substitusjonselastisiteten*, som tar utgangspunkt i prisforholdet mellom de to innsatsfaktorene. Vi vet at prisforholdet mellom grovfôr og kraftfôr bestemmer helningen på isokosten til melkebonden, og at fôrforholdet bestemmer helningen på isokvanten. Tilpasningen skjer der helningen er lik hverandre. Derfor er det nettopp forholdet mellom isokost og isokvant substitusjonselastisiteten demonstrerer.

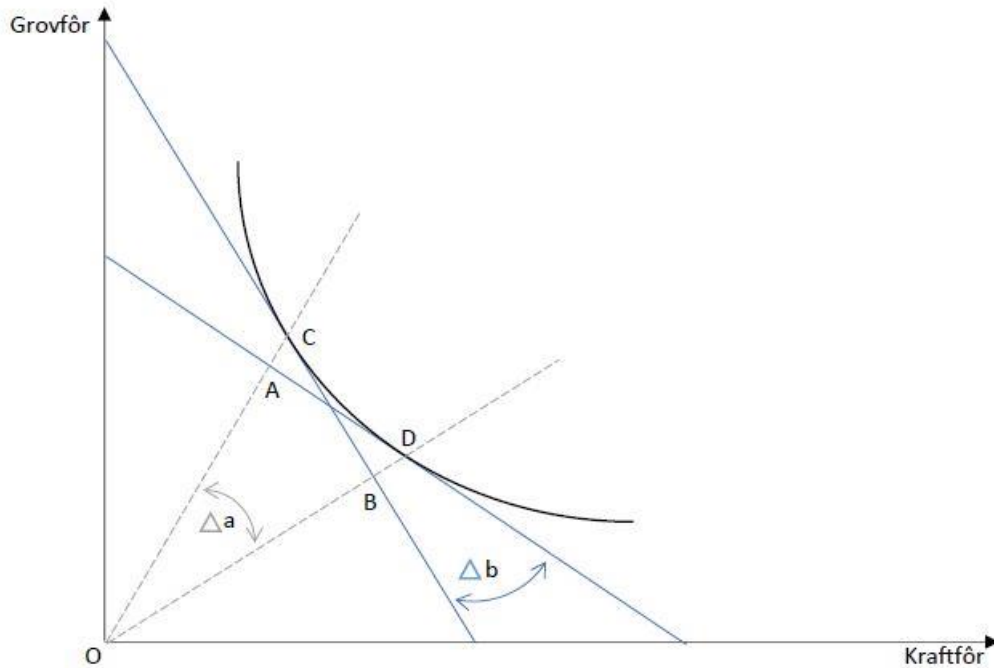
Substitusjonselastisiteten forteller hvor mye fôrrasjonen endres prosentvis når prisforholdet endres med én prosent. Substitusjonselastisiteten har vært mye diskutert i samfunnsøkonomien (se for eksempel Chambers 1988; Eriksen 2000). Jeg har valgt å ta utgangspunkt i Gaaslands definisjon (Gaasland et al. 2001) som beskriver substitusjonselastisiteten som forholdet mellom fôrforholdet og prisforholdet for grovfôr og kraftfôr:

$$\sigma = \frac{d(x_{gf}/x_{kf})}{x_{kf}/x_{gf}} \frac{w_{kf}/w_{gf}}{d(w_{gf}/w_{kf})}$$

I optimal tilpasning er prisforholdet lik den tekniske substitusjonsraten, og dermed kan substitusjonselastisiteten også si å være forholdet mellom fôrforholdet og TRS i den optimale tilpasningen til melkebonden (Chambers 1988).

Til tross for at både substitusjon og substitusjonselastisitet handler om å bytte ut den ene innsatsfaktoren med den andre er det ikke nøyaktig det samme. Substitusjon handler om hvor mange enheter av kraftfôr du må erstatte grovfôr med for å ha lik produksjon. Imidlertid handler substitusjonselastisitet om endringen i fôrforholdet mellom grovfôr og kraftfôr ved en endring i prisforholdet (Flaten 2001; Varian 2003).

Substitusjonselastisiteten kan illustreres med forholdet mellom en isokvant og isokost som endrer helning. Her er substitusjonselastisiteten illustrert med en krummet isokvant, fordi det i en slik situasjon er egnet å illustrere hva substitusjonselastisiteten er.



Figur 1 - Illustrasjon av substitusjonselastisitet, (Chambers 1988 s. 31)

Her er det originale fôrforholdet gitt i punktet C, og den tilhørende isokosten som tangerer i C. Det nye fôrforholdet er gitt i punktet D, og tilhørende isokost som tangerer isokvanten i D. Isokostene er som nevnt prisforholdet mellom de to innsatsfaktorene. Helningen på OAC og OBD er lik fôrforholdet i de to situasjonene. Substitusjonselastisiteten er gitt ved $\frac{\Delta a}{\Delta b}$ i figuren. Dermed har jeg illustrert at substitusjonselastisiteten er endringen i helningen av fôrforholdet ved en endring i helningen av prisforholdet (Bloom et al. 1966 s. 415). I den statistiske analysen i delkapittel 4.2, er det dette forholdet jeg finner og analyserer.

Når bruken av grovfôr og kraftfôr måles i FEm per kilo EKM tilsier det en lineær isokvant. Når jeg imidlertid skal se på substitusjonselastisiteten over hele landet, får jeg en aggregert effekt. Noe av grunnen til dette kan være at grovfôr og kraftfôr ikke er homogene produkter og derfor blir ikke isokvanten lineær. Grovfôrkvaliteten varierer som nevnt mellom landsdeler og fra gård til gård, og fordi kraftfôrtype tilpasses denne grovfôrkvaliteten vil den også variere. Dessuten kan det være slik at det lønner seg å endre kraftfôrtype og mengde når grovfôrkvaliteten endres ved ulike værforhold. På denne måten vil ikke substitusjonen være perfekt, og heller ikke isokvanten lineær.

En annen grunn kan være at kjøpt grovfôr ikke er med i beregningen av totalt forbruk av fôr, dermed kan en liten reduksjon i bruken av grovfôr i datasettet erstattes av en relativt stor mengde kraftfôr i datasettet. I virkeligheten kan reduksjonen i grovfôret vært mye større fordi det også har vært en reduksjon i bruken av innkjøpt grovfôr. Dette forklarer jeg grundigere i delkapittel 3.2.

I tillegg er kostnadene også forskjellig mellom regioner og fra gård til gård. Melkegårdene i Norge har dermed forskjellig helning på isokostkurven, både over og under skranken for egenprodusert grovfôr. Gårdene har ulikt tilpasningspunkt, og alle er avhengig av grovfôr og kraftfôr på ulike måter. På grunn av dette vil noen endre tilpasningen mer enn andre i situasjoner der prisforholdet mellom grovfôr og kraftfôr endres. Dette betyr at helningen i hvert område, og for hver gård, trolig er forskjellig. Når jeg så ser på en gjennomsnittlig substitusjonselastisitet, kan de ulike helningene fra gård til gård og fra region til region gi en aggregert effekt. Denne aggregerte effekten kan gjøre at isokvanten tilsynelatende virker krummet.

For å undersøke dette har jeg altså valgt å se på substitusjonselastisiteten mellom disse to fôrtypene i melkeproduksjonen i Norge. Jeg ser både på regioner hver for seg, og hele landet under ett. Dette gjøres i delkapittel 4.2 med grunnlag i CES-funksjonen.

2.5 CES-funksjonen

Substitusjonselastisiteten finner vi gjennom en såkalt *constant elasticity of substitution*-funksjon: en CES-funksjonen. En CES-funksjon gir mulighet for ulik substitusjonselastisitet ved forskjellige *estimeringer*, men har altså en konstant substitusjonselastisitet langs samme isokvant og i samme estimering. En estimering er når observasjonene tilpasses en modell, for å lage et numerisk estimat av populasjonen (Wooldridge 2009).

CES-funksjoner er tidligere blitt brukt til mange lignende prosjekter (se for eksempel Eriksen 2000; Norum 1974). Ved å bruke en CES-funksjon har jeg mulighet til å se på den aggregerte endringen i fôrforhold ved en endring i prisforholdet mellom grovfôr og kraftfôr, slik jeg vil gjøre når jeg analyserer regioner eller hele landet under ett.

CES funksjonene er blitt mye diskutert, spesielt med tanke på definisjon av variabler og antall innsatsfaktorer. Jeg gjør en substitusjonsanalyse med produksjonsfunksjonen og bruker to innsatsfaktorer i produksjonen av melk: grovfôr og kraftfôr for å finne den *estimerte verdien* av melkeproduksjon gitt disse to innsatsfaktorene. Den generelle utformingen av CES-funksjonen ser slik ut (Norum 1974):

$$y = \beta(\delta x_1^{-\rho} + (1 - \delta)x_2^{-\rho})^{-\frac{1}{\rho}} + e$$

hvor x_1 og x_2 igjen er bruken av grovfôr og kraftfôr og e er *restleddet*. y kalles den *avhengige variabelen*, x_1 og x_2 kalles *forklaringsvariablene*. Restleddet er differansen mellom estimert verdi av melkeproduksjonen gitt innsatsfaktorene og den faktisk observerte verdien av melkeproduksjonen. Denne observerte verdien kalles den *sanne verdien* (Varian 2003).

I tillegg har jeg disse begrensningene på koeffisientene:

$$\beta > 0$$

$$0 \leq \delta \leq 1$$

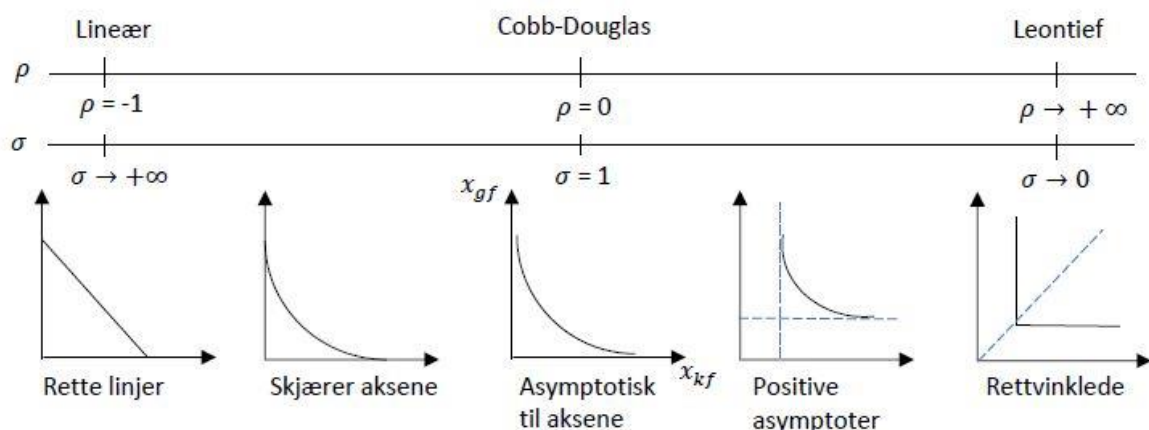
$$\rho \geq -1$$

hvor β er konstantledd og karakteriserer en *effektivitetskoeffisient*. Dette betyr at β indikerer hvor effektiv fôrkombinasjonen er til å produsere melk. δ er *fordelingskoeffisienten*, og indikerer fordelingen av totalt fôr mellom grovfôr og kraftfôr. Dette er ikke prosent av totalt fôr, men sier noe om hvor viktig den ene innsatsfaktoren er i forhold til den andre. ρ er *substitusjonskoeffisienten*, som substitusjonselastisiteten avhenger av gjennom dette uttrykket (Kalai & Helali 2015; Norum 1974):

$$\sigma = \frac{1}{1 - \rho}$$

Substitusjonselastisiteten er som sagt et mål på endringen som skjer i forholdet mellom bruk av grovfôr og kraftfôr når prisforholdet mellom de to endres. Jo lavere σ , jo vanskeligere vil det være å substituere grovfôr og kraftfôr. Jo høyere σ , jo lettere vil det være å substituere mellom de to fôrtypene (Gaasland et al. 2001).

Jeg skal nå gå gjennom forskjellige situasjoner med forskjellig ρ og dermed forskjellige σ . Dette er for å illustrere ulike substitusjonselastisiteter mellom grovfôr og kraftfôr. I tillegg beskriver dette betydningen av isokvantens helning for substitusjonen mellom grovfôr og kraftfôr.



Figur 10 Tilfeller av forskjellige isokvanter, (Gaasland et al. 2001; Norum 1974; Thonstad 1964)

I situasjonen med rette linjer, der ρ er lik -1 og σ går mot positiv uendelig, vil det være perfekt substitusjon mellom grovfôr og kraftfôr, slik teorien sier om grovfôr og kraftfôr for én ku, målt i FEM per kilo EKM. Dette betyr altså at om bonden fôrer med én fôrenhet mindre kraftfôr må dette

erstattes av én fôrenhet grovfôr for at kua skal produsere samme mengde melk. Dillon og Heady (1966) mener at relativt flate isokvanter muligens er det som er konsistent med situasjonen i melkeproduksjonen.

Den andre ekstremisituasjonen vises med rettvinklede isokvanter. I en slik situasjon vil ρ gå mot positiv uendelig og σ gå mot null. Her må grovfôr og kraftfôr brukes i et fast forhold. En økning i bruken av én av fôrtypene vil ikke gi økt produksjon. Bruken av begge fôrene må øke relativt like mye for at produksjonen skal øke. Substitusjon er derfor umulig i denne situasjonen.

Mellom disse to ekstremisituasjonene ligger krummede isokvanter som tilsier substitusjon, men innenfor visse rammer. I situasjonen der isokvanten skjærer aksene kan melk produseres med bruk av kun én type fôr, uten bruk av den andre fôrtypen. I en situasjon med en Cobb-Douglas-funksjon må det brukes både grovfôr og kraftfôr i fôrrasjonen, om så minimalt.

I situasjonen med positive asymptoter er det grenser for hvor lite som kan brukes av én fôrtype, illustrert ved de stiplede linjene. Her kan det tilsettes uendelig mye grovfôr, men det trengs fortsatt et minimumsnivå med kraftfôr for å holde produksjonen stabil. Asymptotene avhenger av produksjonsnivået (Gaasland et al. 2001; Norum 1974; Thonstad 1964). Denne situasjonen kan stemme relativt godt med fôringsmulighetene for kua, slik som diskutert tidligere. Kua må ha en relativ minimumsmengde grovfôr for å opprettholde vomfunksjonene, dermed kan det tenkes at det teoretisk ligger en positiv asymptote langs grovfôraksen. Fordi melk kan produseres uten bruk av kraftfôr eksisteres ikke den positive asymptoten for kraftfôr.

3 Data og analyseverktøy

I dette kapittelet gjennomgår jeg datamaterialet som er brukt i oppgaven. Variablene som er valgt ut blir forklart, og jeg viser hvordan jeg beregner nye variabler som også er viktige for problemstillingen og denne oppgaven. Deretter forklares analyseverktøyet: Stata. Datamaterialet evalueres for at resultatene av analysen skal kunne sies å være pålitelige. Jeg forklarer deretter hva en CES-analyse er. Dette er viktig for å danne en grunnforståelse for datamaterialet, og dermed kunne analysere resultatene senere i oppgaven.

3.1 Innsamling av og utfordringene ved datamaterialet

Dataene som brukes i denne oppgaven er paneldata hentet fra NIBIOs driftsgranskninger, og inneholder regnskapstall fra produksjon på gårder mellom 1972 og 2015. Driftsgranskningene har som hensikt å kartlegge den økonomiske utviklingen i landbruket, samt å se på den økonomiske situasjonen på hver enkelt gård. Gårdene som er med har størsteparten av sin inntekt fra gårdsdrift, og en omsetning på minst 150 000 kroner i året. Det er omtrent 1000 gårder med i undersøkelsen hvert år. Utgangspunktet er skatteregnskapene, og tilleggsopplysninger om areal, avlinger og arbeidsinnsats brukes for å omgjøre dataene til driftsgranskningene.

Driftsgranskningene følger samme gård over flere år, og derfor kalles datasettet for et *paneldata*. 10 prosent av gårdene som er med i undersøkelsen blir byttet ut hvert år for å unngå altfor stor *seriekorrelasjon* (NIBIO 2016a). Seriekorrelasjon er sammenheng mellom flere observasjoner over flere år; for eksempel vil antall kviger i år kunne påvirke antall kalver og melkekyr neste år. Dette er noe som ofte oppstår i paneldata som går over flere år. Dette og andre aspekter ved datasettet vil bli undersøkt og verifisert i oppgaven.

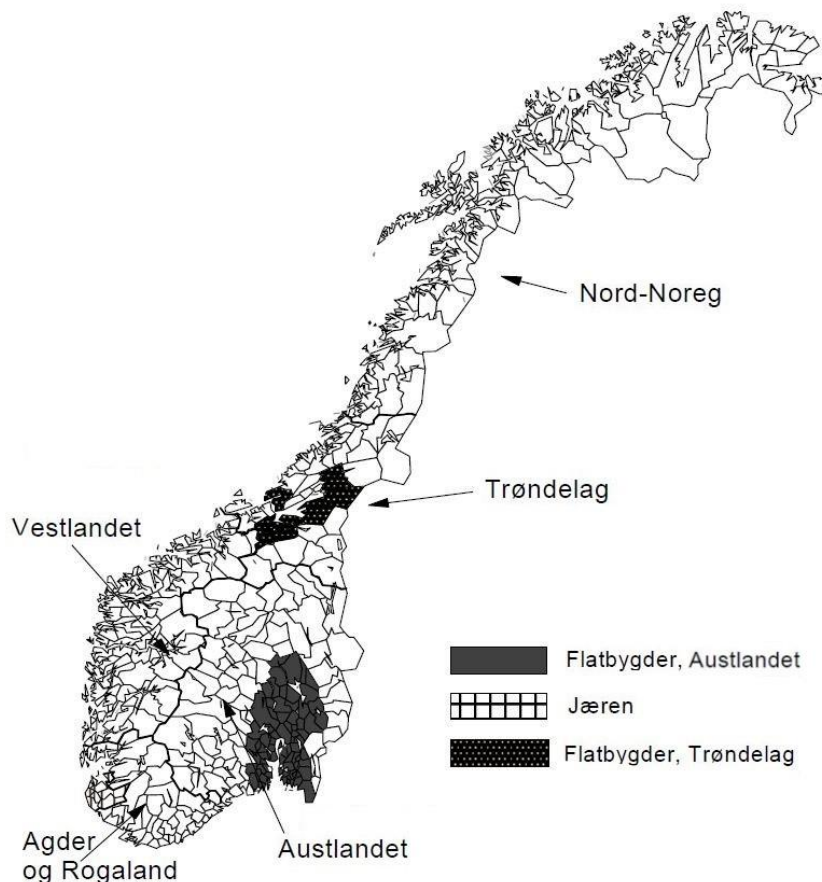
Fordi datamaterialet har så stort tidsspenn kan det ha noen ulemper når man skal undersøke substitusjonselastisiteten mellom grovfôr og kraftfôr. Selv om jeg kun ser på direkte fôrforholdet, er det flere faktorer som endres over tid og som har indirekte påvirkning på fôrforholdet og prisforholdet. En av disse faktorene er kostnadene. Andre faktorer er teknologien og gjeldende landbrukspolitikk. Fordi substitusjonselastisiteten ser direkte på fôrforholdet mellom grovfôr og kraftfôr, vil jeg kun fokusere på utfordringene som kommer på grunn av utvikling i teknologi og landbrukspolitikk. Jeg tar hensyn til disse ulempene ved å inkludere endringer i disse faktorene i den statistiske analysen. Hvordan dette gjøres forklares i delkapittel 3.3.1.

NIBIO har hjulpet til med å gjøre utvalget av variablene. Alle gårdene som er trukket ut har produksjon av enten melk, kjøtt eller grovfôr i minst ett år. Likevel ble de produksjonsformene som ikke hadde produksjon et år utelatt, fordi disse variablene skapte store vanskeligheter for dataprogrammet jeg bruker. Dermed sitter jeg igjen med de gårdene som har kjøtt-, melk- og

grovfôrproduksjon hvert år, altså typiske melkeprodusenter. Til sammen utgjør dette 12 195 observasjoner. Dette er nok for å gjøre en statistisk analyse.

Også variabler som det høyst sannsynlig er noe feil med ble utelatt. Dette inkluderer blant annet negativ produksjonsinntekt eller negative grovfôrarealer. Slike utelatelser er også gjort tidligere når man behandler data fra driftsgranskningene (Kittelsen 2005).

Driftsgranskningene kategoriserer observasjonene i forskjellige regioner. Disse regionene er basert på landsdeler, og noen er delt opp i to forskjellige type landskap; *flatbygder* og *andre bygder*. Dermed inneholder datamaterialet observasjoner kategorisert i Østlandet flatbygder og andre bygder, Sør-Vestlandet Jæren og andre bygder, Vestlandet, Trøndelag flatbygder og andre bygder, og Nord-Norge. Noen ganger omtales også Sør-Vestlandet Jæren som Sør-Vestlandet flatbygder. Denne inndelingen er gjort fordi det antas at disse type landskapene har forskjellige forutsetninger for å drive jordbruk, som for eksempel tilgang på grovfôrareal. Dermed vil de ulike regionene ta avgjørelser som påvirker produksjonen på forskjellig grunnlag (NIBIO 2016a). Det er disse regionene jeg bruker i analysen i kapittel 4. Under følger en illustrasjon over hvor de forskjellige regionene er.



Figur 11 Oversikt over regionene i Driftsgranskningene. Her er «Agder og Rogaland» det samme som «Sør-Vestlandet» i denne oppgaven, (NIBIO, 2016a)

3.2 Oversikt over variablene

Her følger en oversikt over forklaringer av alle variablene i det originale datasettet. Alle variablene blir rapportert årlig for hver gård. Det er disse variablene jeg har brukt for å beregne andre variabler som er brukt i den deskriptive analysen. Bare variabler som blir brukt i oppgaven forklares.

v_conc	Totale utgifter til innkjøpt kraftfôr og meieriprodukter for eksempel melkepulver for erstatning for morsmelk til kalver. Oppgis i 1000 kroner.
h_cows	Antall årskyr. Dette er de dyrene som kan produsere melk det gitte året.
q_milk	Liter kumelk omsatt. Oppgis i 1000 liter.
q_rough	Total avling av rotvekster, eng, beite og grønnfôrvækster. Dette er altså den variabelen som henviser til mengde produsert grovfôr. Oppgis i FFE fram til og med 1992 og i fôrenheter melk (FEm) fra og med 1993. For enkelthetens skyld antar jeg at jeg definerer det som FEm i hele tidsperioden, til tross for at det da blir små feil i tidsperioden fram til 1993. Oppgis i 1000 fôrenheter.
a_total	Totalt jordbruksareal fratrukket udyrket eng og beite. Oppgis i dekar.
p_conc	Prisindeks på kraftfôr. Indeks = 100 i 2014.

Tabell 3 Oversikt over grunnvariabler i Driftsgranskningene, (NIBIO 2016b)

Grovfôrvariabelen angir kun egenprodusert grovfôr, så grovfôrvariabelen i denne oppgaven tar ikke med solgt og kjøpt grovfôr. Datamaterialet fra NIBIO oppgir total utgift eller inntekt for henholdsvis kjøpt og salg av grovfôr. FEm innkjøpt eller solgt grovfôr kunne beregnes ut ifra en gjennomsnittlig pris, men FEm per kilo grovfôr er ikke kjent, og i ulike markeder vil grovfôrprisen variere. Dermed ville variabelen for FEm innkjøpt eller solgt grovfôr uansett vært unøyaktig.

Dette gjør analysen noe feilaktig. På de gårdene som bruker akkurat like mye grovfôr som han produserer, er grovfôrvariabelen som brukes i datasettet korrekt, men det er ikke grunnlag for å vite når dette inntreffer. Likevel omtales summen av egenprodusert grovfôr og innkjøpt kraftfôr for enkelthetens skyld som *totalt fôr₁*. Dette indikerer at *totalt fôr* uttrykker summen av alt fôr som brukes på et melkebruk, mens *totalt fôr₁* indikerer summen av egenprodusert grovfôr og innkjøpt kraftfôr.

I tillegg er grovfôravlingene registrert hvert kalenderår, mens grovfôret brukes omtrent som et akademisk år. Fordi den første høstingen av grovfôret skjer de første sommermånedene må bonden ha lagret grovfôr fra foregående år for å bruke fram til første høsting. Likevel ville en korreksjon av dette ikke ført helt fram fordi det er umulig å vite nøyaktig hvor mange fôrenheter bonden høster det ene året og hvor mange han bruker året etter. Det ville vært mulig å anta at halvparten av årets grovfôr brukes det kommende året, men da må halvparten av fjorårets grovfôravling legges til halvparten av årets avling på samme gård. Dermed forsvinner det første og siste året for hver

observert gård fordi de bare inneholder en del av årets brukte grovfôr og jeg ville sittet igjen med et lite datasett. Når dette legges sammen med usikkerheten om hvor mange prosent som skal legges til årets avling velger jeg heller å la være å gjøre dette.

Jeg beregnet flere andre variabler som var nødvendige å ha. Dette inkluderer mengde kraftfôr, q_conc . Variabelen er regnet ut med verdi og pris på kraftfôr og beregnes i kilo kraftfôr. Fordi jeg kun har prisindeks på kraftfôr, måtte først nominell pris regnes ut. Jeg fant nominell pris fra 2014 fra Totalkalkylen til NIBIO, og regnet ut nominell pris ved hjelp av prisindeksen for kraftfôr og fant nominell kraftfôrpris: pn_conc (NIBIO 2016c).

Deretter ble mengde kraftfôr regnet ut slik: $q_conc = v_conc / pn_conc$, og oppgis i 1000 kilo kraftfôr. Denne variabelen er laget for å kunne brukes i sammenheng med mengde grovfôr som oppgis i fôrenheter. På grunn av dette er ikke q_conc og q_rough direkte sammenlignbare uten å omgjøre kilo kraftfôr til fôrenheter kraftfôr. Etter en samtale med Felleskjøpet om kraftfôrblendingene og omregning til fôrenheter, fant jeg at totalt gjennomsnitt var 0,989 FEm per kilo kraftfôr, og gjennomsnitt for de to mest brukte kraftfôrblendingene er 0,995 (Tjentland 2017). Type kraftfôr avhenger av fôringsstrategi for hver enkelt bonde, og noen bruker to typer; en med lavere FEm per kilo som grunnrasjon til alle kyr og en mer energirik blanding til høytstående dyr. Fordi jeg ikke har grunnlag for å vite hva slags kraftfôr hver enkelt bonde bruker, velger jeg derfor å bruke totalt gjennomsnitt av alle kraftfôrtyper: 0,989. I tillegg ligger den ikke langt unna gjennomsnittet for de to mest populære blandingene: 0,995. Dermed multipliseres q_conc med 0,989 for å oppgis i FEm, slik at den kan sammenlignes med grovfôrvariabelen.

Årlig melkeytelse per ku for hver gård ble også beregnet. Denne variabelen ble funnet ved å dele total årlig melkeproduksjon på antall melkekyr i besetningen. Den er beregnet for å kunne se på sammenhengen mellom melkeytelse og fôrforhold.

I tillegg ble kraftfôrprosent regnet ut som andel av totalt forbruk av fôr. Igjen er denne noe misvisende, fordi kjøpt grovfôr ikke inngår som en del av totalt $fôr_1$. Videre ble fôrenheter kraftfôr per liter melk beregnet. Avling grovfôr per dekar jordbruksareal ble også regnet ut som andel av totalt jordbruksareal.

q_conc_fem	Total mengde kraftfôr brukt per gård, per år. Regnes ut ved å dele v_conc på pn_conc og oppgis opprinnelig i kilo. Deles på 0,989 for å omgjøre til FEm. Oppgis i 1000 FEm.
melkeytelse	Total årlig melkeytelse per melkeku, på hver gård. Er lik total melkeproduksjon, q_milk , dividert på antall melkekyr på gården, h_cows . Oppgis i 1000 liter.
KFpros	Fôrenheter kraftfôr per fôrenhet totalt fôr ₁ . Beregnes ved å dele mengde kraftfôr, q_conc_fem , på summen av totalt fôrbruk ₁ : q_conc_fem og q_rough . Oppgis i hundredel.
GFavling	Antall årlig FEm grovfôravling per dekar jordbruksareal på gården. Beregnes ved å dele mengde grovfôr, q_rough , på totalt jordbruksareal, a_total . Oppgis i 1000 fôrenheter per dekar.
KFprmelk	Antall FEm kraftfôr per liter produsert på gården det aktuelle året. Beregnes ved å dele antall FEm kraftfôr, q_conc_fem , på antall 1000 liter melk omsatt, q_milk . Oppgis i FEm kraftfôr per 1000 liter melk.

Tabell 4 Oversikt over beregnede variabler, (NIBIO 2016b)

3.3 Analyseverktøy

I denne oppgaven bruker jeg altså det statistiske programmet *Stata*. Det er en programvare som gjør det mulig å analysere data på en rekke måter. Programmet blir mye brukt med store datasett og passer godt til å gjøre CES-analyser, slik jeg skal gjøre i oppgaven min (Rodríguez 2017).

3.3.1 Evaluering av datasettet

Før jeg går i gang med CES-analysen må datasettet evalueres for at resultatene jeg får senere skal være pålitelige. Uansett hvilken estimering som brukes for å tilpasse modellen, er det noen forutsetninger som må være oppfylt for at estimeringen er statistisk verifisert. I realiteten er det lite sannsynlig at alle forutsetningene blir møtt, men det er viktig å vite om dem og vite hva som skjer med resultatene om forutsetningene ikke møtes.

Det viktigste er at datasettet er et tilfeldig utvalg av melkebruk i Norge. Dermed kan utvalget sies å være representativt for *populasjonen melkebruk*, og resultatene gir et tilnærmet sant bilde av populasjonen. Deretter er det viktig at det ikke finnes noe eksakt lineært forhold mellom forklaringsvariablene grovfôr og kraftfôr. I tillegg er det viktig at restleddet ikke korrelerer med forklaringsvariablene. Om dette ikke stemmer vil resultatene ikke være *forventningsrette*: resultatene vil altså ikke stemme overens med populasjonen. Det er også viktig at *variansen* til restleddet skal være det samme for alle restledd. Variansen til restleddene vil være den samme over

tid om den kvadrerte avstanden mellom estimert verdi og sann verdi er den samme over tid. På denne måten vil resultatene av analysen være pålitelig.

I tillegg er det noen spesielle hensyn å ta i et panel-datasett. Et panel-datasett består som sagt av en rekke observasjoner for hvert individ eller hver gruppe over en tidsperiode. Fordi det er umulig å måle alle faktorer, vil det alltid være faktorer som ikke er mulig å observere. Om disse uobserverte faktorene påvirker eller korrelerer med observerte faktorer, har datasettet det som kalles *uobserverte effekter*. Dette må korrigeres for, og kan gjøres med en *Fixed Effects* (FE) modell. En FE-modell beregner gjennomsnitt over tid, og på denne måten fjerner individuelle forskjeller mellom gårdene som ikke er observert, men som har påvirkning på andre faktorer vi kan observere. Et eksempel på dette er bondens kunnskap om grovfôrproduksjon. Ved å estimere en FE-modell kan derfor se om disse individuelle forskjellene finnes i datasettet (Wooldridge 2009).

Resultatene av denne valideringen vil bli presentert her, før jeg går videre til forklaringen av CES-funksjonen. Denne estimeringen er gjort med grunnlag i Fixed Effects, hvor melkeproduksjon er avhengig variabel, grovfôr og kraftfôr er forklaringsvariablene.

Det ble funnet at året melken blir produsert har individuell effekt på produksjonen av melk, og dette kalles en *tidstrend*. Dette kan for eksempel forårsakes av nedbør, som igjen påvirker hvor godt grovfôret vokser, og videre kvaliteten og størrelsen på avlingen. Slik kan det indirekte påvirke mengde kraftfôr som brukes, og på denne måten påvirke melkemengde. Dette er en naturlig sammenheng i et datasett med variabler som baserer seg på naturlige ressurser.

Tidstrend i datasettet kan også forårsakes av endring i teknologi eller landbrukspolitikk, slik som nevnt i delkapittel 3.1. Disse endringene over tid kaller jeg *teknologisk framgang*. Ved å gjøre en CES-analyse som inkluderer teknologisk framgang vil en kunne unngå noen av feilene som tidstrend skaper. Dette kan muligens også unngås ved å gjøre analysene med kortere tidsperioder. Jeg skal gjøre begge deler i kapittel 4.2.

Det ble også funnet at restleddene korrelerer med hverandre over tid, og at det er ulik varians i restleddene. Dette betyr at informasjonen som ligger i restleddene påvirker melkeproduksjon neste år, og at resultatene jeg får ikke nødvendigvis stemmer overens med populasjonen. Dette betyr at resultatene mine er mindre pålitelige. Ved å gjøre analysen med robuste standardfeil, altså standardfeil som korrigerer for forskjell mellom gårdene i paneldatasettet, vil jeg rette opp for ulik varians i restleddene og jeg kan likevel stole på resultatene. Jeg bruker robuste standardfeil også i CES-analysen.

Til tross for at teorien tilsier at det skal være perfekt substitusjon mellom grovfôr og kraftfôr, og dermed en lineær funksjon, ble det funnet at FE-estimeringen ikke er lineær. Dette tilsier at det er grunnlag for å teste for andre funksjonelle former i bytteforholdet mellom grovfôr og kraftfôr. Det er gunstig å gjøre det med en CES-estimering.

Det ble imidlertid funnet at modellen er *stasjonær*. Det betyr at sannsynlighetsfordelingen er konstant over tid, og at korrelasjonen mellom nærliggende faktorer er lik i alle tidsperioder. På denne måten er restleddene normalfordelt, og evalueringen av datasettet er pålitelig.

Oppsummert vet jeg at observasjonene ikke er trukket ut tilfeldig, men at gårdene har valgt å være med på undersøkelsen. Dermed er ikke utvalget helt tilfeldig, men dette ser jeg bort fra og antar at utvalget er representativt. Jeg har også funnet at modellen inneholder en tidstrend, altså at hvert år har individuell effekt på produksjonen av melk når grovfôr og kraftfôr er de eneste innsatsfaktorene. Jeg fant at modellen har feil i restleddene, men mesteparten av dette blir korrigert for fordi jeg bruker robuste standardfeil i alle analysene. Jeg finner også at modellen ikke er lineær, og dette er et godt utgangspunkt for å analysere bruken av grovfôr og kraftfôr med en CES-funksjon. På grunn av tidstrenden vil jeg også estimere en CES-funksjon som inkluderer teknologisk framgang. På denne måten vil forhåpentligvis estimeringen korrigere for noe av tidstrenden som finnes i modellen.

3.3.2 Forklaring av CES-analysen

Selv om en CES-analyse er mer komplisert enn de enkleste lineære regresjonene, bygger den på samme prinsipper. Analysen tilpasser funksjonen av avhengige og uavhengige variabler til en modell gjennom en estimering. Også i CES-funksjonen er den avhengige variabelen produksjon av melk, og de uavhengige variablene grovfôr og kraftfôr. Med dette utgangspunktet bruker jeg Stata for å lage et estimat av de avhengige og uavhengige variablene, slik at det er mulig å si noe om hvordan variablene påvirker hverandre. Dette estimatet kalles *koeffisient* (Lembcke 2010).

For å vurdere om verdien av koeffisienten ligger i nærheten av den sanne verdien må en se på en rekke indikatorer. Den første indikatoren man ser på er *signifikansen* av parameterne. Signifikansen sier noe om hvor sikkert det er at den estimerte verdien til parameteren ligger nær den sanne verdien. Vanligvis settes denne sikkerheten til 5 prosent, og det betyr at det er 95 prosent sannsynlig at den sanne verdien av parameteren ligger innenfor *konfidensintervallet* Stata oppgir for denne parameteren (Wooldridge 2009). Dette kan illustreres med et eksempel:

Koeffisienten til en parameter, a , er 0,20 og er signifikant. Konfidensintervallet går fra 0,14 til 0,27. Fordi parameteren er signifikant betyr det at den sanne verdien for a ligger et sted mellom 0,14 og 0,27 med 95 prosent sannsynlighet og at Stata har valgt 0,20 som beste tilpasning. Variablene som estimeres i CES-analysen blir bedømt på denne måten. I tillegg til å se om parameteren er signifikant,

ser jeg om koeffisienten har et fortegn som gir mening i modellen, og om størrelsen på koeffisienten er fornuftig.

To andre indikatorer det er vanlig å se på forteller noe om hvor god estimeringen er, altså hvor godt estimatene helhetlig passer til de sanne verdiene. I en CES-analyse er det vanlig å se på noe som kalles *Root MSE*, eller *BIC*.

Root MSE tar utgangspunkt i restleddene i funksjonen, altså differansen mellom estimert verdi av variabelen og den sanne verdien. Root MSE er i bunn og grunn *standardavviket* til restleddet. Standardavviket måler hvor stor variasjon det er mellom verdiene i datasettet. Dette betyr at Root MSE måler hvor stor variasjon det er i restleddet i estimeringen, og dermed sier noe om hvor stor variasjon det er mellom estimert verdi og sann verdi av variablene i funksjonen. Generelt er lavere verdier av Root MSE bedre enn høye verdier (MIT 2017; Wooldridge 2009).

BIC er en måte å måle hvor nærme estimeringen er til den sanne modellen. Generelt er det slik at jo lavere BIC, jo bedre. En lavere BIC betyr at det er større sannsynlighet for at estimeringen er nærmere den sanne modellen. BIC kombinerer *tilpasning* og *kompleksitet*. Bedre tilpasning gir lavere verdi, mens mer kompleksitet gir høyere verdi av BIC. En estimering blir mer kompleks ved å inkludere flere parametere i estimeringen (Dziak et al. 2012; Fabozzi et al. 2014; Stata ; Williams 2016).

Alt dette vil jeg bruke i vurderingen av CES-analysen, men først skal jeg gå gjennom en deskriptiv analyse av variablene i datasettet.

4 Analyse

I dette kapittelet gjennomgår jeg den deskriptive og den statistiske analysen. Den deskriptive analysen ser på kraftfôrbruk i prosent av totalt fôr₁. Kraftfôrbruk sammenlignes med kraftfôrprisen, melkeytelse og fôrenheter kraftfôr per liter produsert melk. Endring i alle disse faktorene sees også i sammenheng med de andre faktorene jeg mener at kan påvirke bruken av kraftfôr: melkekvote og tilskudd per dyr. I tillegg analyseres kraftfôrprosenten og fôrenheter grovfôravling per dekar i de ulike regionene for å se på ulikhetene mellom regionene.

I den statistiske analysen ser jeg på substitusjonselastisiteten mellom grovfôr og kraftfôr. Dette gjøres i tre forskjellige tilfeller. Det første inkluderer teknologisk framgang, og ser på substitusjonselastisiteten over hele perioden fra 1972 til 2015. Deretter gjøres samme estimering for hver region. Dette er for å se forskjellene mellom de ulike regionene. Til slutt gjøres estimeringen for hele landet uten teknologisk framgang, men basert på tre utvalgte korte tidsperioder. Dette er for å se utviklingen i substitusjonselastisiteten mellom tidsperioder, og dermed kunne se hvordan den har utviklet seg over tid.

I analysene som følger er det antatt at bonden først bruket opp sitt eget grovfôr før han eventuelt kjøper grovfôr. Det er naturlig å anta at dette stemmer i virkeligheten. Dette betyr at bonden tilpasser seg på skranken for egenprodusert grovfôr, slik som illustrert i delkapittel 2.3.2. Fordi jeg kun har data for egenprodusert grovfôr gir denne antagelsen mulighet til å se på prisforholdet mellom egenprodusert grovfôr og kraftfôr, altså isokosten under skranken for egenprodusert grovfôr.

4.1 Deskriptiv analyse av driftsgranskningene

En deskriptiv analyse av driftsgranskningene vil gi en illustrasjon av endringene i de ulike faktorene presentert i delkapittel 1.7 sammenlignet med endringen i kraftfôrprosent. Disse sammenhengene kan gi en indikasjon på hvilke politiske endringer som påvirker kraftfôrbruken.

Det skal legges til at figurene er basert på gjennomsnittlige tall for hele landet hvert år. Antall gårder varierer fra år til år og ikke alle gårder er med i like mange år. Derfor er gjennomsnittet ikke nødvendigvis helt representativt. I denne sammenhengen er det likevel mest oversiktlig å presentere det på denne måten.

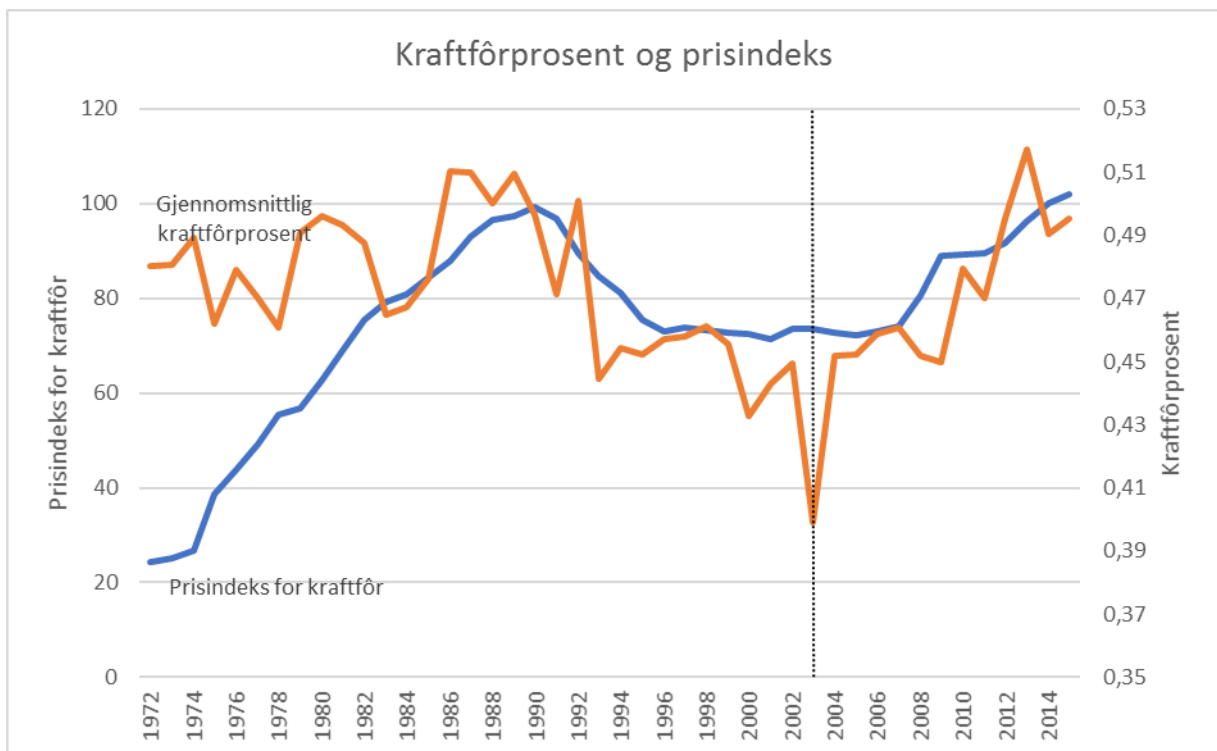
4.1.1 Kraftfôrprosent og prisindeksen for kraftfôr

Som tidligere diskutert har en stor del av debatten rundt kraftfôrbruk på melkegårder i Norge i den siste tiden handlet om at noen mener at prisen på kraftfôr er alt for lav i forhold til kostnadene for grovfôr, og at dette har gjort at melkebonder i større grad bruker kraftfôr framfor grovfôr (se for eksempel Lie & Løkeland-Stai 2013; Vik 2015). Thuen et al. viser imidlertid at netto grovfôrkostnader

er lavere enn kraftfôrprisen i hele landet. I tillegg fant de at de områdene med høyest grovfôrkostnader var de som hadde lavest kraftfôrprosent, og vice versa (Thuen et al. 2015).

Fordi jeg ikke har data for grovfôrkostnadene, velger jeg å se på utviklingen i kraftfôrpris og kraftfôrprosent. Selv om dette ikke sier noe om endringene i prisforholdet mellom grovfôr og kraftfôr og dens påvirkning på bruken av kraftfôr, vil jeg kunne se nærmere på forholdet mellom pris og bruk av kraftfôr. Jeg har valgt å se på prisindeksen for kraftfôr, hvor 2014=100. Ut ifra økonomisk teori, er det naturlig å anta at en reduksjon i kraftfôrprisen vil øke kraftfôrbruken, slik som Lie og Løkeland-Stai hevder (2013). Dermed vil også prosentandelen kraftfôr av totalt fôr øke. Kraftfôrprosenten er en annen måte å se fôrforholdet på; derfor kan denne figuren også gi en indikasjon på hvordan substitusjonselastisiteten utvikler seg over tid. Dette kommer jeg tilbake til i den statistiske analysen i delkapittel 4.2.

På tross av samfunnsøkonomisk teori, og hypotesen om at lav kraftfôrpris er grunnen til at kraftfôrbruken øker, indikerer figur 12 imidlertid noe annet. I perioden før 1990 var kraftfôrprosenten relativt stabil samtidig som prisen økte relativt kraftig. Etter 1990 viser det seg at bruken faller når prisen faller og øker når prisen øker.



Figur 12 Kraftfôrprosent og prisindeks for kraftfôr der 2014=100, (NIBIO 2016b)

I perioden fra 1970 til omtrent 1990, var kraftfôrprosenten relativt stabil, samtidig som kraftfôrprisen økte. Vi vet også at melkeproduksjonen økte helt fram til melkekvoteordningen kom på plass i 1983, se figur 1. Selv etter at melkekvotene innføres i 1983 og fram til 1990 fortsetter kraftfôrprisen å stige,

samtidig som kraftfôrprosenten fortsatt ligger stabilt. Dette har muligens sammenheng med at melkekvotene ble regulert og grunnkvoten hele tiden reduseres.

Samtidig ble nydyrkingstilskuddet innført tidlig i på 1970-tallet, og på denne måten kan grovfôrproduksjon per produsert liter melk ha økt i denne perioden. Likevel gir figuren inntrykk av at denne mulige økningen likevel ikke var nok til å redusere kraftfôrprosenten over lengre tid. Samtidig viser figuren også et fall i kraftfôrprosent fra 73 til 77, som kan indikere at det nydyrkede grovfôrareale kan ha erstattet noe av kraftfôrbruken i dette tidsrommet. Likevel kan et slikt fall i kraftfôrprosenten også være påvirket av værforhold.

I løpet av første halvdel av 1990-tallet faller kraftfôrprisen som følge av en administrert reduksjon i kornprisene. Isolert sett skulle dette kunne føre til en økning i kraftfôrbruken. Samtidig ble produksjonsnøytrale virkemidler gjennom WTO innført og total melkeproduksjon ble administrativt redusert gjennom reduksjon i grunnkvoten for melk. Dermed var det muligens ikke lenger behov for like mye kraftfôr i fôrrasjonen, og kraftfôrprosenten falt. Dette kan tilsa at melkekvote som restriksjon for kraftfôrbruk har større effekt på bruken av kraftfôr enn det kraftfôrprisen isolert har.

I første halvdel av 1990-tallet hadde isokosten en slakere helning enn i perioden før. Total melkeproduksjon falt, som tilsier en økning i egenprodusert grovfôr per liter melk. I teorien kan dette tilsa et relativt høyere grovfôrbruk. I følge figuren over har kraftfôrprosenten falt, som indikerer et relativt høyere grovfôrbruk enn tidligere.

En annen grunn til at kraftfôrprosenten falt i samme periode som kraftfôrprisen falt kan melkekvoten på begynnelsen av 1990-tallet i hovedsak ble justert basert på tilgjengelig grovfôreal og normalt avlingsnivå hos den enkelte gård. Som nevnt var intensjonen å redusere bruken av kraftfôr.

Resultatet av utviklingen kan tilsa at målet med kvoteordningen fungerte.

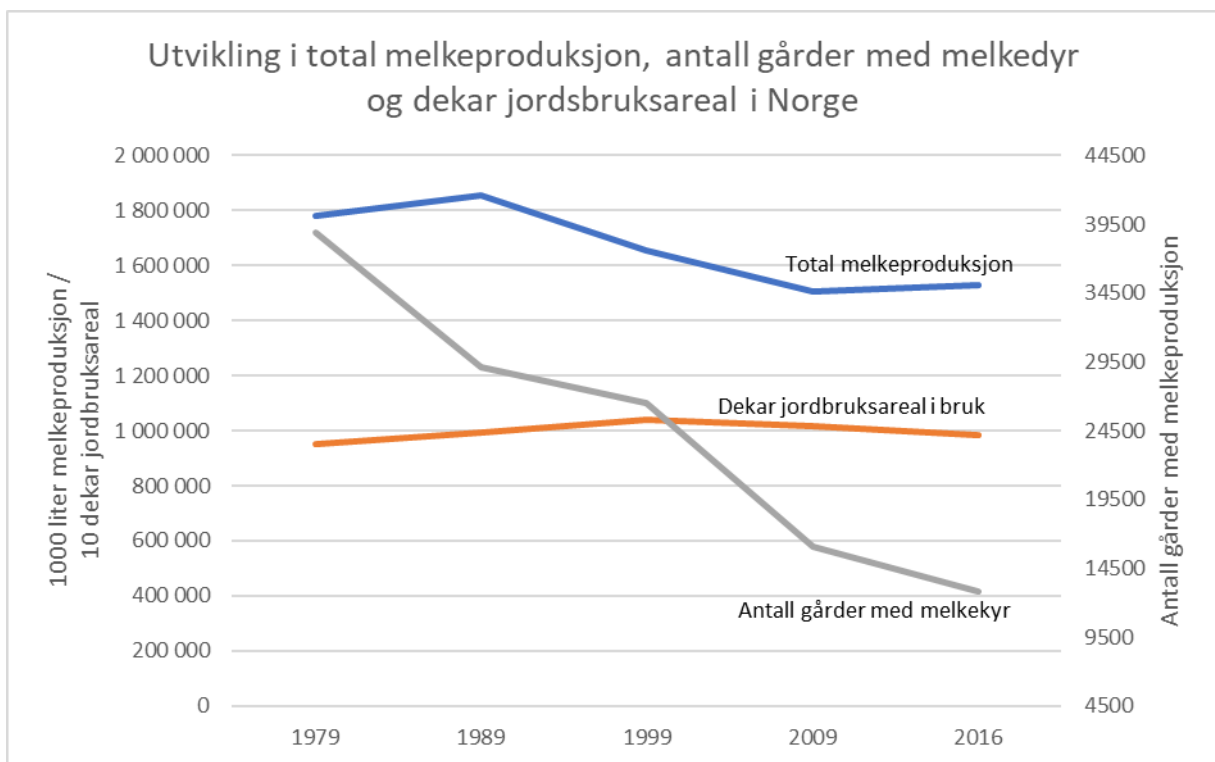
I siste halvdel av 1990-tallet flater prisen på kraftfôr ut, samtidig som kraftfôrprosenten øker litt og til slutt faller nærmere 2000. Denne utviklingen kan være et resultat at bøndene i større grad hadde tilpasset seg situasjonen etter innføringen av WTO-regelverket.

2003 er markert på figur 12 fordi det i dette året var en kraftfôrprosent som avviker fra foregående og etterfølgende år. Det er ikke funnet noe markant annerledes i datasettet, men avviket kan ha sammenheng med rapporteringsfeil. Likevel er det slik at de fleste regioner fikk et fall i kraftfôrprosenten dette året (se figur 16), og det kan også ha sammenheng med grovfôravling i antall FEm per dekar (se figur 17). Derfor har jeg også markert 2003 på figur 14-17.

I sammenheng med prisen på kraftfôr, og den tenkte sammenhengen mellom pris og etterspørsel, er fallet i kraftfôrprosent i 2003 også avvikende fra normalsituasjonen. Prisen endret seg ikke markant

fra 2002 til 2003. Om avviket i 2003 ikke kun er en rapporteringsfeil, er dette enda et tegn på at pris ikke er den eneste, eller sterkeste, faktoren som påvirker bruk av kraftfôr.

For å analysere situasjonen utover 2000-tallet i mer detalj velger jeg å trekke inn en figur som viser utviklingen i antall gårder med melkedyr, totalt jordbruksareal i bruk og total produksjon av melk. Antall gårder med melkekyr falt i hele perioden. Fordi melkeproduksjonen holder seg relativt stabil på 1 500 000 liter samtidig som antall besetninger med melkekyr faller, vet jeg at melkekvotene per gård øker. Figuren forteller også at dekar jordbruksareal per gård også øker i denne perioden, fordi jordbruksareal holder seg relativt stabilt, samtidig som antall gårder faller. Likevel viser figur 12 at kraftfôrprosenten øker i perioden etter 2000. Noe av grunnen til dette kan være at grovfôrproduksjon per produsert liter melk for mange gårder ikke var tilstrekkelig for den økte melkekvoten. Fordi gårdene øker sin melkekvote uten å øke grovfôrareal tilsvarende, blir melkekvoten for stor for gårdens ressursgrunnlag. I sum kan dette gi insentiver til å øke kraftfôrbruken.

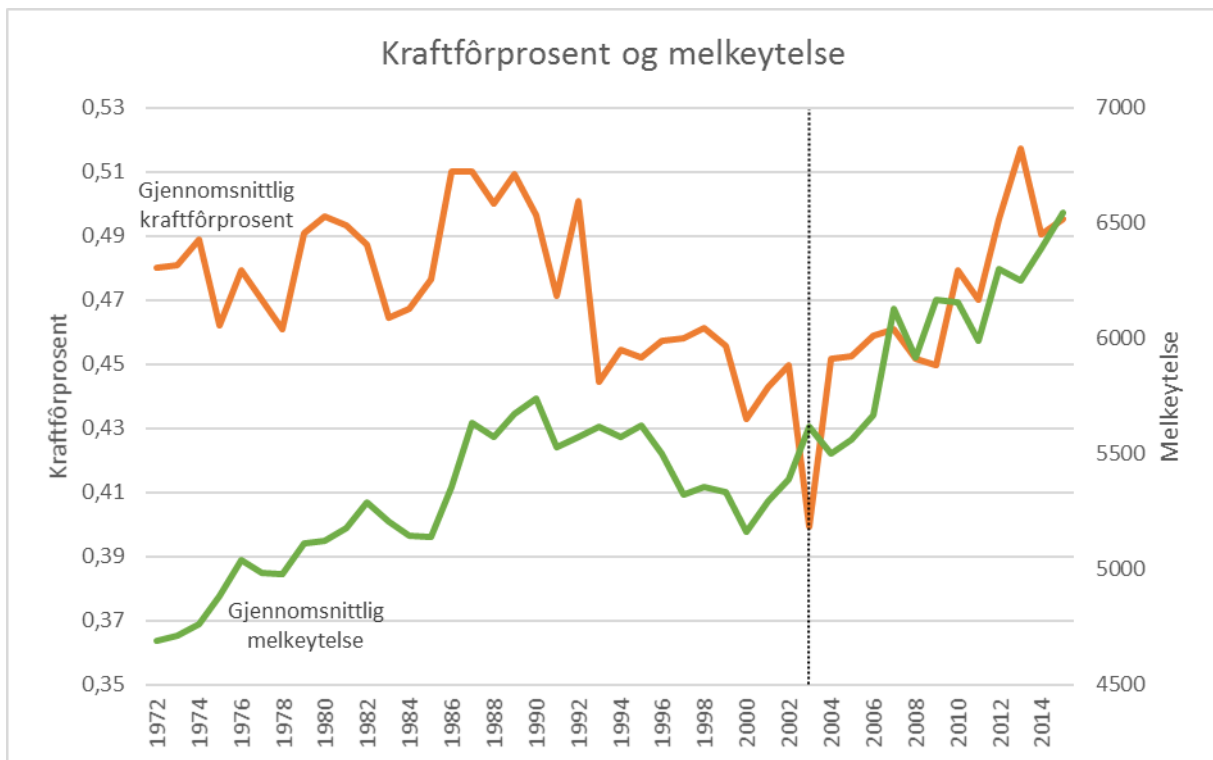


Figur 13 Utvikling i total melkeproduksjon og antall gårder med melkekyr, (SSB 2017)

I en slik situasjon med økende bruk av kraftfôr og hvor grovfôrproduksjon ikke var tilstrekkelig, faller skranken for egenprodusert grovfôr per liter melk, samtidig som helningen på isokosten blir brattere fordi kraftfôrprisen øker. Dermed kan vi anta at bonden er i en situasjon hvor grovfôrkostnadene for egenproduksjon er lavere enn kraftfôrprisen. Bonden befinner seg dermed i situasjon i) eller iii) diskutert i delkapittel 2.3.2.

4.1.2 Kraftfôrprosent og melkeytelse

Som kjent øker kraftfôr melkeytelsen. Derfor er det også relevant å se på utviklingen i disse to variablene. Figuren under viser at ytelsen økte fram til 1980-tallet, samtidig som kraftfôrprosenten holdt seg stabil. Fram mot 2000 sank bruken og dermed også ytelsen. I løpet av 2000-tallet økte begge faktorene. Denne utviklingen i melkeytelse fra 1972 til 2015 handler hovedsakelig om avlsmessig framgang, og illustrerer at kua som produserer melk i dag er en helt annen enn kua som produserte melk på 1970-tallet. Dette gir grunnlag for å gjøre en statistisk analyse med teknologisk framgang i delkapittel 4.2.



Figur 14 Gjennomsnittlig kraftfôrprosent og gjennomsnittlig melkeytelse, (NIBIO 2016b)

Omtrent fram til 1990 steg ytelsen til tross for at gjennomsnittlig kraftfôrprosent holdt seg relativt stabil. Ytelsen steg fra rundt 4700 liter til 5700 liter i denne perioden, mens kraftfôrprosenten holdt seg mellom 46 og 51 prosent. Ved å sammenligne med total melkeproduksjon og kraftfôrpris, viser det seg at i perioden fra 1970 til 1990 øker total melkeproduksjon og melkeytelse, i tillegg øker kraftfôrprisen, mens kraftfôrprosenten likevel holder seg noenlunde stabil. Utviklingen fram til 1980 er som kjent grunnen til at melkekvote ble innført. Utviklingen etter 1980 kan ha sammenheng med at grunnkvoten ble redusert, men også at den skulle basere seg på tilgjengelig grovfôravling.

Etter 1990 varierer kraftfôrprosent og ytelse mer i takt med hverandre. En reduksjon i kraftfôrprosent skjer i samme periode som melkeytelsen faller. Igjen kan reguleringen gjennom WTO-avtalen ha hatt påvirkning på både melkeytelse og kraftfôrbruk. De produksjonsnøytrale

tilskuddene kan ha økt lønnsomheten i grovfôrproduksjon, og dermed økt den relative bruken av grovfôr.

I perioden fra 1990 til 2000 faller melkeytelsen, og tilpasningen i figur 8 på side 27 er på en isokvant lenger inn i diagrammet enn tidligere. Dette tilsier relativt mindre bruk av kraftfôr, som også stemmer med figur 14.

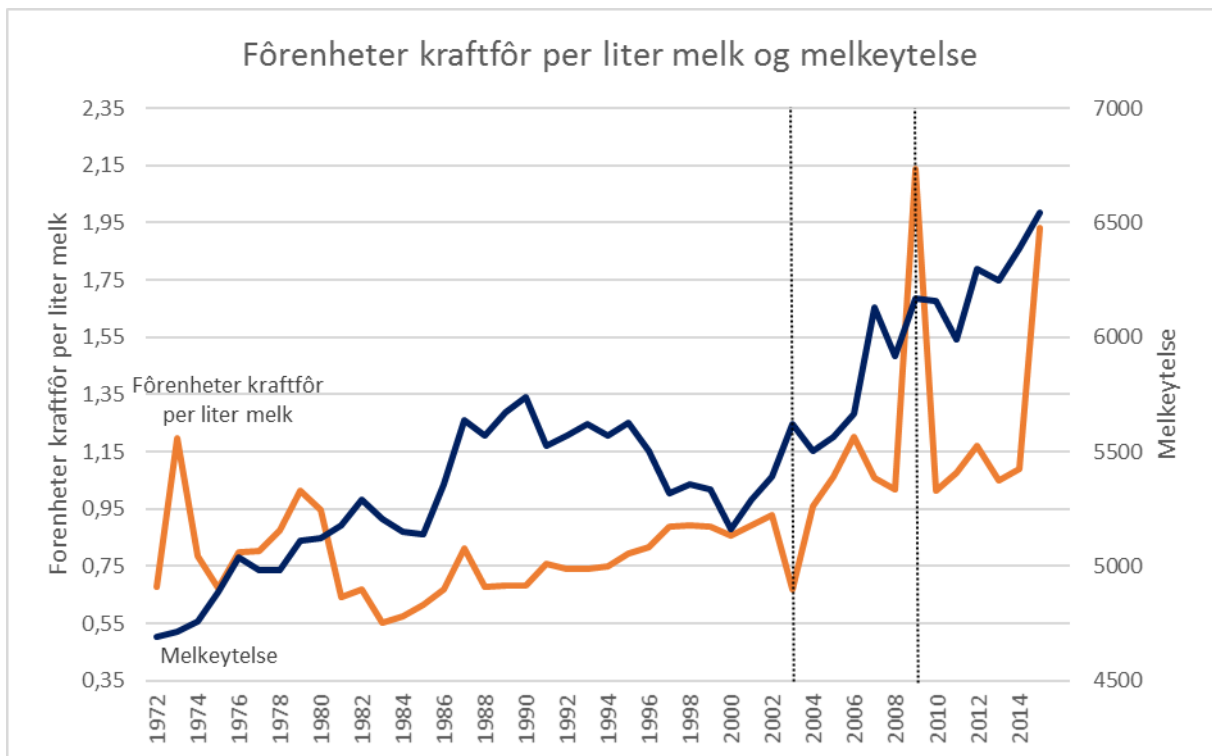
På 2000-tallet øker igjen både kraftfôrprosent og ytelse, og tilpasningen er på en isokvant lenger ut i diagrammet i figur 6 på side 25 enn på 1990-tallet. Dette kan ha sammenheng med utviklingen i tilskudd per dyr sammen med muligheter for å omsette melkekvoter. Tilskudd per dyr ga insentiver til å holde relativt få kyr, fordi tilskudd per dyr falt mot midten av 2000-tallet. Ved å åpne opp for privat omsetning av melkekvoter i en slik situasjon, vil insentivene om å holde lavt antall kyr og høy melkeytelse være store. Igjen kan det også virke som om egenprodusert grovfôr per liter melk er for lav i denne perioden, og dette gir en økning i kraftfôrprosenten og dermed en økning i ytelse.

Fordi kraftfôrprosenten fortsetter å øke utover 2010-tallet, kan det argumenteres for at det å åpne opp for privat omsetning av melkekvoter også har hatt effekt på bruken av kraftfôr på lang sikt. Dette henger sammen med at bonden får reelle muligheter til å øke melkekvoten på lang sikt. Samtidig gir muligens tilskudd til flere kyr bedre lønnsomhet til å planlegge utbygging på lang sikt. Dermed kan det vise seg at slike politiske endringer skaper større rom til å gjøre forandringer i skrankene diskutert i delkapittel på lang sikt. Dette har igjen påvirkning på bruken av kraftfôr i lengre tidsperioder enn umiddelbart etter den politiske endringen.

Også her er 2003 et avvikende år sammenlignet med resten av perioden. I figur 14 stiger fortsatt melkeytelse til tross for et kraftig fall i kraftfôrprosent. Dette kan muligens tilsi en rapporteringsfeil, fordi det er kjent at kraftfôr øker melkeytelsen. På den andre siden har dette skjedd flere andre ganger i løpet av tidsperioden, for eksempel i 2013 og 1993, dermed er det ikke like sikkert at 2003 kun er rapporteringsfeil.

4.1.3 Fôrenheter per liter melk og melkeytelse

For å se nærmere på sammenhengen mellom kraftfôrbruk og melkeytelse, velger jeg å se på fôrenheter kraftfôr per liter melk sammen med melkeytelse per ku. Figur 15 viser at begge faktorene har økt i løpet av perioden, men at det er forskjeller i utviklingen. Igjen er 2003 et relativt markant avvik, og her er det også tydelig at fôrenheter per liter melk falt samtidig som melkeytelse øker. 2009 er også et markant avvik i fôrenheter kraftfôr per melk. Dette kan ha sammenheng med dårlig grovfôravling per dekar som kan gi insentiver til å øke kraftfôrbruken.



Figur 15 Fôrenheter kraftfôr per liter melk og melkeytelse, (NIBIO 2016b)

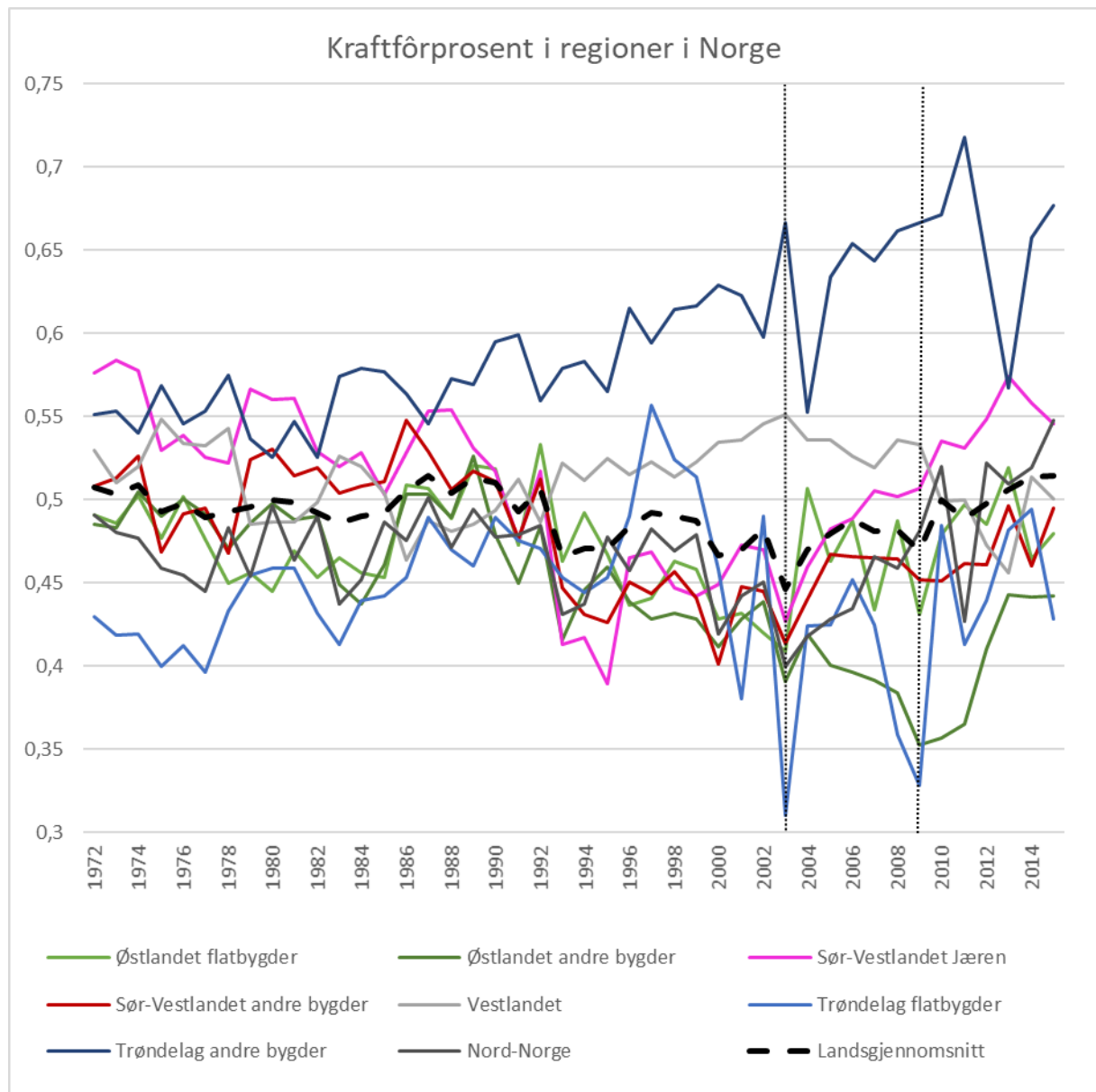
Figur 15 viser et klart positivt forhold mellom fôrenheter kraftfôr per liter melk og melkeytelse. Likevel indikerer figuren at fôrenheter kraftfôr per liter melk og melkeytelse ikke varierer med samme forholdstall gjennom hele perioden: en gitt mengde kraftfôr gir ikke alltid samme økning i melkeytelse i gjennomsnitt. Dette kan tilsi at det er begrensninger på hvor stor effekt kraftfôret har på melkeytelsen. I tillegg kan det tilsi at fôropptaket, og dermed melkeytelsen, avhenger av grovfôret og dets kvalitet. Dette stemmer med teorien om fôropptak hos melkekyr som vi så i delkapittel 1.4 og figur 6.

4.1.4 Kraftfôrprosent i regioner i Norge

Ved å se på utviklingen i kraftfôrprosent i ulike regioner i Norge, er det lettere å få en forståelse for om det finnes regionale forskjeller, og hvor store disse er. Deler av landbrukspolitikken legger som kjent opp til å jevne ut noen av disse regionale forskjellene. Likevel er det tydelig at det er store forskjeller mellom regioner.

Det som er spesielt interessant i denne figuren er at forskjellene er relativt små fram til 1990-tallet. Gjennomgående har nærliggende regioner omtrent lik kraftfôrprosent gjennom hele perioden.

Unntaket er Trøndelag som gjennom hele perioden har store forskjeller i kraftfôrprosent mellom flatbygdene og andre bygder.



Figur 16 Kraftfôrprosent i regionene i Norge, (NIBIO 2016b)

Forskjellene begynner altså å øke på 1990-tallet. Dette kan ha sammenheng med reduksjonen i total melkeproduksjon. Vi vet også at antall melkeprodusenter sank og grovfôrareal per gård økte på 1990-tallet. Dermed kan en reduksjon i total melkeproduksjon føre til en reduksjon i kraftfôrprosenten i de områdene der gjenværende produsenter har fått bedre tilgang på grovfôrareal. På den andre siden vil de gjenværende gårdene i områder der det er langt mellom gårdene ikke nødvendigvis få bedre tilgang på grovfôrareal. På grunn av relativt store transportkostnader kan det hende det heller ikke lønner seg å øke grovfôrbruken med innkjøpt grovfôr. Dermed kan kraftfôrprosenten i disse områdene øke i løpet av 1990-tallet. I figuren er det

tydelig at både andre bygder i Trøndelag og Vestlandet begge øker kraftfôrprosenten relativt mye fra 1990. Begge disse regionene er kjent for å ha relativt dårlig tilgang på grovfôr.

I løpet av 2000-tallet øker forskjellene mer. Det kan virke som om politiske virkemidler introdusert i denne perioden, samt strukturutviklingen med færre gårder med større melkekvoter er det som har ført til denne differansen mellom regioner i Norge. Det er godt kjent at flatbygdene på lang sikt har større mulighet til å øke arealet på gården enn det gårdene i andre bygder har, og dette kan føre til store forskjeller i muligheter til å produsere og bruke eget grovfôr. Dermed er det naturlig at gårder i andre bygder bruker relativt mer kraftfôr.

Forskjellen mellom flatbygder og andre bygder er mest markant i Trøndelag; disse to regionene ligger som sagt på topp og bunn i kraftfôrprosent i 2015. Om tidsperioden sees under ett, er kraftfôrprosenten i flatbygdene i Trøndelag nærmest uendret, mens andre bygder har økt sin bruk fra 55 prosent til cirka 67 prosent av totalt fôr₁. En slik utvikling i andre bygder i Trøndelag kan tilsa at de har dårlig tilgang på grovfôreal, og at de derfor erstatter manglende grovfôr med kraftfôr eller kjøpt grovfôr. Samtidig er altså ikke kjøpt grovfôr inkludert, noe som tilsier at andre bygder i Trøndelag kun har høyere kraftfôrprosent i forhold til egenprodusert grovfôr. Dette er naturlig å anta når det er kjent at regionene som kategoriseres som andre bygder generelt har vanskeligere tilgang på grovfôreal.

Om jeg ser dette i sammenheng med figur 6, vil det være sannsynlig at flatbygdene tilpasser seg mot maksimumsgrensen for grovfôr, mens andre bygder i Trøndelag tilpasser seg mot minimumsgrensen for grovfôr. Dette tilsier også at prisforholdet mellom grovfôr og kraftfôr er forskjellig i de to områdene. Dette stemmer også med antagelsen om at flatbygdene generelt har bedre tilgang på grovfôreal.

Utviklingen i kraftfôrprosent ligger nær hverandre i flatbygder og andre bygder på både Sør-Vestlandet og Østlandet. Dette indikerer at forskjellene i disse områdene ikke er veldig store. Det kan virke som om forutsetningene for å produsere grovfôr er omtrentlig like for flatbygdene og andre bygder både på Sør-Vest- og på Østlandet og at utviklingen i kraftfôrprosten derfor er omtrent lik i disse områdene.

Forskjellene mellom Jæren og andre bygder på Sør-Vestlandet var de eneste som minket fram til 1990-tallet. I tiden etter 1990 har begge områdene ligget relativt nær hverandre, og reager omtrent lik på eksogene endringer.

Til tross for at de er nærliggende områder har forskjellene mellom flatbygder og andre bygder på Østlandet imidlertid økt i løpet av tidsperioden. Kraftfôrprosenten i andre bygder på Østlandet faller

mot slutten av perioden, samtidig som kraftfôrprosenten for flatbygder øker. En slik utvikling er motsatt av det man ville anta med utgangspunkt i at flatbygdene har relativt bedre forutsetninger for å produsere eget grovfôr, og dermed mulighet for lavere kraftfôrprosent i andel av totalt fôr₁. Samtidig vet vi at Østlandets flatbygder har relativt høye netto grovfôrkostnader.

Vestlandet skiller seg ut fra alle andre regioner. Denne regionen reagerer annerledes og med mindre svingninger enn de andre regionene. Kraftfôrprosenten har holdt seg relativt stabil gjennom hele perioden, uten store opp- eller nedganger. Dette kan tilsa at Vestlandet er mer avhengig av kraftfôr enn andre regioner. Vestlandet er en region preget av små bruk, og et område med generelt dårlig tilgang på grovfôrareal og store avstander mellom jordbruksarealene. Fordi det kun er egenprodusert grovfôr med i denne utregningen kan dette bety at Vestlandet holder forholdet mellom kraftfôr og egenprodusert grovfôr stabilt, og fyller resten av fôrrasjonen med innkjøpt grovfôr.

Det er naturlig å anta at Nord-Norge også er en region som skiller seg fra resten av landet. Likevel kan det se ut som denne regionen reagerer relativt likt som de andre regionene i Norge, og samtidig har en kraftfôrprosent under 50 prosent helt fram til 2010. Nå ligger kraftfôrprosenten på 55 prosent. Dette tilsier en høy andel egenprodusert grovfôr, men det er likevel uvisst hvor mye som er innkjøpt grovfôr. I en region med relativt store områder og lange avstander er det naturlig å anta at innkjøpt grovfôr er lav fordi dette blir relativt veldig mye dyrere.

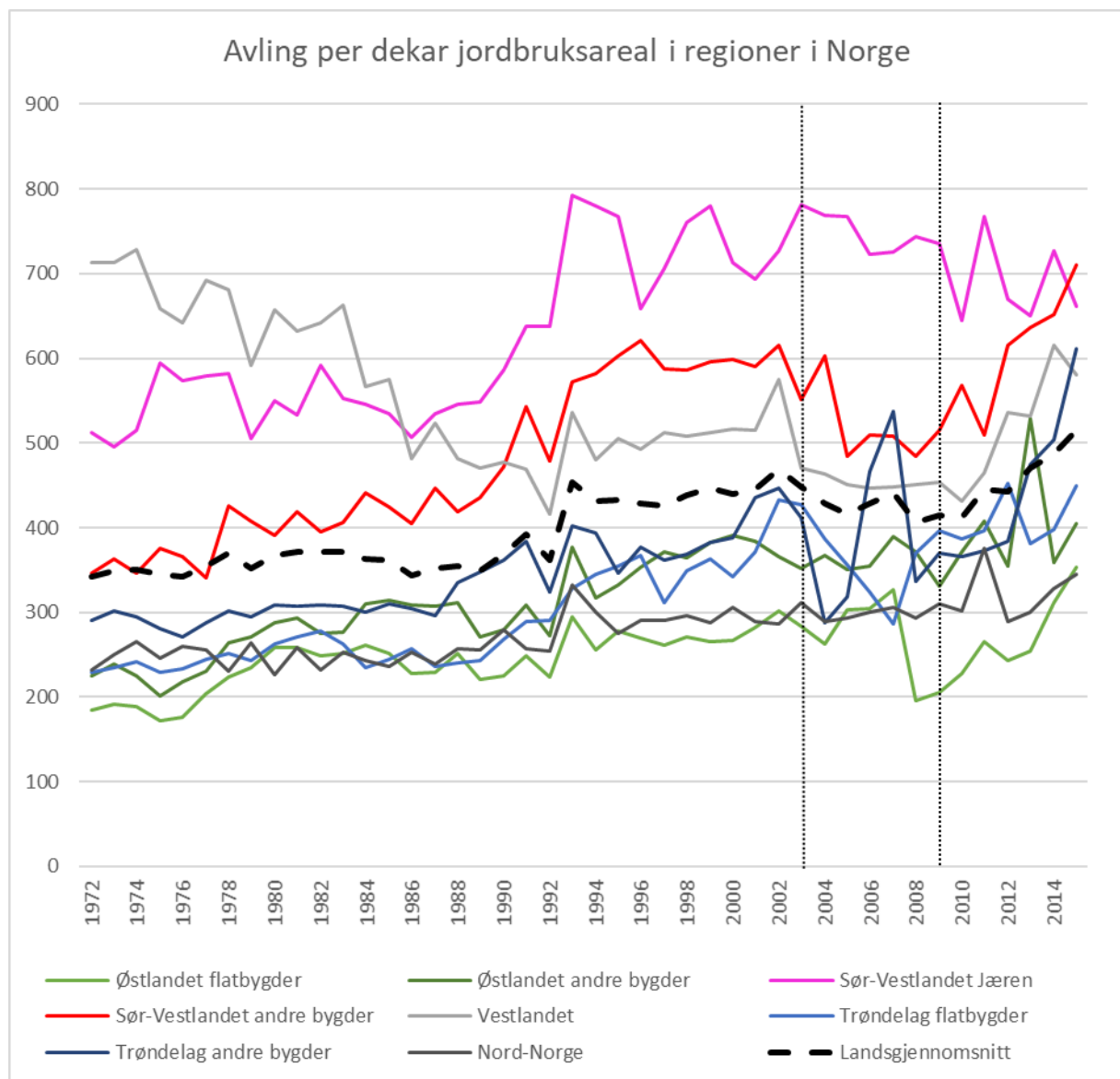
Jeg har markert både 2003 og 2009 i figur 16, fordi dette er år som avviker fra normalen. Fra tidligere figurer vet jeg om kraftfôrfallet i 2003. Det som er interessant når jeg ser på de ulike regionene, er at både Vestlandet og andre bygder i Trøndelag reagerer motsatt i 2003 sammenlignet med resten av landet. Begge regionene øker kraftfôrprosenten. Grunnen til fallet i resten av landet er usikker, men det kan ha sammenheng med vær. Grunnen til avviket i 2009, hvor flatbygdene i Trøndelag og andre bygder på Østlandet har størst fall i kraftfôrprosent, er usikkert, men dette kan ha sammenheng med værforholdene som påvirker grovfôravling og dermed kan påvirke kraftfôrbruk.

Figur 16 viser tydelig at både politiske virkemidler som reduksjon i total melkeproduksjon og åpningen for privat omsetning av melkekvoter i 2003 i tillegg til vær har stor påvirkning på kraftfôrprosent, og at effekten er ulik i hver region.

4.1.5 Grovfôravling i FEm per dekar gårdsareal i regioner i Norge

Ved å se på grovfôravling i FEm per dekar gårdsareal i de ulike regionene kan jeg undersøke sammenhenger mellom bruk av kraftfôr og grovfôravling. Både Huus og Fjellhammer og Thuen har sett på denne sammenhengen og fant altså at de gårdene med lavest grovfôravlinger per dekar også har høyest grovfôrkostnader per produsert fôrenhet. Og spesielt at noen gårder med under 400 FEm grovfôr per dekar, hadde grovfôrkostnader over kraftfôrprisen (Huus 2016; Thuen et al. 2015).

Dermed er det naturlig å anta at disse også har høyest kraftfôrprosent. Likevel gir denne figuren i sammenheng med figuren over inntrykk av at dette ikke alltid stemmer. Samtidig er det som sagt noen justeringsfeil i disse dataene, da mengde avling rapporteres hvert kalenderår, men forbrukes omtrent som i et akademisk år. Det vil altså si at halvparten av årets avling brukes neste år, slik jeg har diskutert tidligere.



Figur 17 Grovfôravling i FEm per dekar gårdsareal i regioner i Norge, (NIBIO 2016b)

I denne figuren viser det seg at utviklingen i avlingsnivåer generelt er stigende. Det er overraskende mange regioner i Norge som stort sett har hatt avlingsnivåer under 400 FEm per dekar. Dette gjelder både for Nord-Norge, Trøndelag og Østlandet. Vestlandet, inkludert Sør-Vestlandet er de eneste områdene som stort sett har hatt over 400 FEm per dekar. Da undersøkelsene til Huus ble gjort i 2014, var det kun Østlandets flatbygder, Østlandets andre bygder og Nord-Norge som i gjennomsnitt hadde grovfôravling under 400 FEm per dekar gårdsareal. Dette betyr ikke at alle bruk med

grovfôravling under 400 FEm per dekar til alle tider har hatt grovfôrkostnader høyere enn kraftfôrprisen.

Til tross for nydyrkingstilskuddet på 1970-tallet økte ikke antall FEm grovfôravling per dekar på denne tiden. Samtidig var ikke tilskudd beregnet på å øke antall FEm per dekar, men å øke totalproduksjon. Også i denne figuren øker både forskjellene, og antall FEm grovfôravling per dekar i løpet av 1990-tallet. Til tross for at FEm grovfôravling per dekar er sterkt korrelert med været, er det en generell økning i grovfôravling i FEm per dekar fra 1972 til i dag. Dette kan indikere bedre utnyttelse av jorda, eller en økende intensivering av grovfôrproduksjonen.

Til tross for antagelsen om avviket i kraftfôrprosenten i 2009 hadde sammenheng med værforhold som forverret grovfôravlingene, kan det virke som om dette ikke nødvendigvis stemmer. Dette året gikk nemlig grovfôravlingene opp i de fleste regioner, og litt ned på Jæren. Igjen kan dette ha sammenheng med rapporteringsfeil.

4.2 Statistisk analyse av substitusjonselastisiteten

Jeg ønsker altså å se nærmere på substitusjonsmulighetene mellom grovfôr og kraftfôr, og dette gjør jeg som sagt ved en CES-funksjon.

Som nevnt er det utfordringer knyttet til teknologisk endring og endringer i politiske virkemidler. Det har skjedd store teknologiske endringer i produksjonen av grovfôr som også påvirker avlingsnivå, kostnader og prisforhold. Disse teknologiske endringene har skjedd på jordet med for eksempel bedre og flere traktorer, men også i fjøset, med melkemaskin og melkerobot. Disse endringene skjer gradvis over tid, og påvirker arbeidsinnsats, kapitalkostnader og produksjon. Med bedre og flere traktorer kan avlingene bli høstet fortere, og det er dermed mindre risiko for at avlingen blir redusert eller delvis ødelagt på grunn av for eksempel dårlig vær. Med melkerobot er det funnet at melkeytelsen øker, noe som påvirker bondens tilpasning i antall kyr og mengde fôr, da økt avdrått ofte trenger mer kraftfôr.

Dessuten har også tilskuddsordningene endret seg over tid. For eksempel vil som sagt en økning i tilskudd per dyr gi lønnsomhet og insentiver til å øke antall kyr på gården. Dette kan påvirke ytelsesnivå gitt av melkekvoten er uendret, bruk av både grovfôr og kraftfôr, samt arbeidstimer på gården.

Ved å gjøre CES-analysene med teknologisk endring, kan noe av forskjellene teknologi og politikk skaper, bli korrigert for. Det tas utgangspunkt i den generelle CES-funksjonen presentert i delkapittel 2.5, og det legges til ledd som er avhengige av hvilket år variabelen måles i. CES-funksjonen med teknologisk framgang defineres slik:

$$melk_t = [(e^{a_1+a_{t2}} * x_{kf})^{-\rho} + (e^{b_1+b_{t2}} * x_{gf})^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}} + e$$

Forskjellen mellom denne CES-funksjonen og den generelle CES-funksjonen er at denne funksjonen inneholder teknologisk framgang, gitt ved de eksponentielle leddene $e^{a_1+a_{t2}}$ og $e^{b_1+b_{t2}}$ (Klump et al. 2004). De eksponentielle leddene representerer effektivitetskoeffisienten, altså slik β er i den generelle CES-funksjonen presentert tidligere. Disse effektivitetskoeffisientene har et konstantledd hver, a_1 og b_1 . Disse har samme betydning som δ , altså en fordelingskoeffisient og representerer altså hvor viktige grovfôr og kraftfôr er for melkeproduksjonen. Det siste leddet i effektivitetskoeffisienten er avhengig av året produksjonen skjedde: a_{t2} og b_{t2} , indikert ved t . Disse parameterne sier noe om hvordan effekten av fôrkombinasjonen utvikler seg over tid. Alle de andre parameterne har samme betydning som tidligere.

På grunn av utviklingen i teknologi har jeg valgt å bruke CES-funksjonen presentert i dette delkapittelet. Denne brukes både for landsgjennomsnitt og estimeringen basert på regioner. En slik estimering vil finne aggregerte substitusjonselastisiteter basert på områder, og dermed fordele den landsdekkende aggregerte effekten vi får i den første estimeringen. I tillegg vil en slik estimering kartlegge eventuelle forskjeller i substitusjonselastisiteten mellom områdene. Jeg gjør også estimeringer for noen utvalgte tidsperioder, med utgangspunkt i den generelle CES-funksjonen. Disse tre estimeringene blir presentert i hvert sitt avsnitt.

4.2.1 Første estimering: landsgjennomsnitt

I denne første estimeringen er teknologisk framgang medregnet, og melk er avhengig variabel. Estimeringen er basert på CES-funksjonen med teknologisk framgang, og resultatet av koeffisientene kan sees i ligningen under:

$$melk_t = [(e^{1,47-0,0133*årstall} * x_{kf})^{-1,73} + (e^{0,89-0,0139*årstall} * x_{gf})^{-1,73}]^{-\frac{1}{1,73}} + e$$

Oversikten over resultatene og indikatorene for estimeringen, kan sees i tabell 5. Robuste standardfeil oppgis i parentes. Alle variablene er signifikante ved 5 prosent signifikansnivå.

a_1	a_{2t}	ρ	b_1	b_{2t}	σ	Root MSE	BIC
1,47 (0,128)	-0,0133 (0,002)	1,73 (0,304)	0,89 (0,052)	-0,0139 (0,001)	0,365 (0,040)	26,15	113924,4

Tabell 5 Landsoversikt med teknologisk endring – melk som avhengig variabel

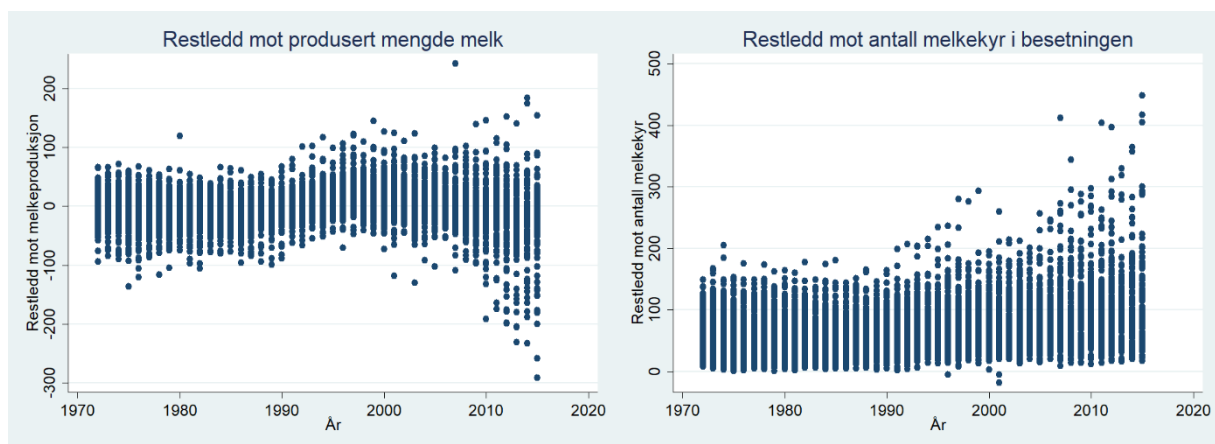
Resultatene i denne estimeringen tilsier at kraftfôr er litt viktigere enn egenprodusert grovfôr, når jeg ser på hele landet under ett. Dette er fordi a_1 er større enn b_1 . Videre tilsier resultatene av a_{2t} og b_{2t} at både grovfôr og kraftfôr tilsynelatende får mindre effekt på produksjonen av melk over tid. Dette

betyr at kua har blitt mer effektiv, og kan produsere mer melk på lik mengde fôr i dag enn den kunne i 1972. Et slikt resultat tilsier klar avlsframgang i melkeytelsen hos kua, og er omtrent likt for både grovfôr og kraftfôr. Likevel er denne avlsframgangen relativt liten, som betyr at kua bare kan produsere litt mer melk i dag enn i 1972 på samme mengde fôr.

Det er kjent at melkeytelsen har økt gjennom hele perioden, bonden tilpasser seg dermed på en isokvant lenger ut i diagrammet i figur 6 i dag enn i 1972. Lenger ut i diagrammet er det som kjent vanskeligere å substituere grovfôr med kraftfôr. Dermed blir substitusjon mellom grovfôr og kraftfôr vanskeligere over tid, og kan være en av grunnene til at parameterne for teknologisk framgang, a_{2t} og b_{2t} , er negative.

En substitusjonselastisitet på 0,365 tilsvarer at isokvanten er et sted mellom Leontief-funksjonen og funksjonen med positive asymptoter, som illustrert i figur 10. Dermed er isokvante i figur 6 basert på denne estimeringen tilsynelatende relativt sterkt krummet, og ikke lineære slik teorien tilsier. Som nevnt kan dette sannsynligvis ha sammenheng med at jeg her bruker et gjennomsnitt av hele landet og dermed får en aggregert effekt av endringer i isokosten, noe som resulterer i en tilsynelatende krummet isokvant.

Restleddene sier noe om utviklingen i variablene over tid, og jeg har visualisert dem for å undersøke dette. De er visualisert både mot produksjonen av melk og antall melkekyr i besetningen. Dette er for å se hvordan restleddene i estimeringen fordeler seg over tid, og om det har sammenheng med hvor mye melk gården produserer eller antall melkekyr på gården. Disse variablene har sammenheng med størrelsen på gården, og kan fortelle noe om forskjellene i effektivitet mellom store og små gårder. Når restleddene blir visualisert over tid kan de fortelle noe om teknologisk framgang i melkeproduksjonen.



Figur 18 Utvikling i forskjeller mellom gårder av ulik størrelse, (NIBIO 2016b)

Figurene viser at distansen mellom restleddene øker med tiden, i begge tilfellene. Dermed er det også en bekreftelse på at restleddene har ulik varians over tid, slik jeg fant i delkapittel 3.3.1. Dette betyr at beregningen med teknologisk framgang likevel ikke har korrigert for alle endringene som skjer over tid. Imidlertid blir avvikende større over tid. Dette kan tyde på at endringene som ikke er korrigert for har kommet den siste tiden. Det kan for eksempel være økning i bruk av melkeroboten som fører til denne endringen. Det er kjent at melkeroboten er mer utbredt blant store melkebruk enn hos små, som kan forsterke effekten av teknologisk framgang basert på både produsert melkemengde og antall kyr i besetningen.

Dessuten indikerer disse restleddene også at forskjellene mellom små og store gårder øker over tid, ifølge figuren til høyre. Dette kan indikere at forskjellene i effektivitet ligger i størrelsen på gården, og at de store gårdene har større teknologisk framgang enn de mindre gårdene.

4.2.2 Andre estimering: regioner

I denne estimering er fortsatt teknologisk framgang medregnet, slik at analysen er gjort for hver region for hele tidsperioden. Ikke alle variablene er signifikante, men det er likevel stor forskjell fra region til region, selv mellom de nærliggende regionene. De forskjellige substitusjonselastisitetene indikerer forskjellig endringer i fôrforholdet ved en endring i prisforholdet. Til tross for at prisforholdet ikke er den eneste faktoren som påvirker kraftfôrbruken, gjenspeiles disse forskjellene i figur 16, hvor skiftene i kraftfôrprosenten til tider er ulike i hver region.

Fordi estimeringene er basert på forskjellige regioner gir det ikke mening å beregne BIC, derfor er denne indikatoren ikke med. Root MSE måler fortsatt variasjon i restleddet, og er tatt med fordi den ikke avhenger av type estimering og derfor kan sammenlignes med de andre estimeringene gjort på regioner.

Forskjellene mellom flatbygder og andre bygder i hele landet viser at det er relativt stor forskjell mellom disse landsdelene og type område, og at det er en hensiktsmessig inndeling av regioner.

Region	a_1	a_{2t}	ρ	b_1	b_{2t}	σ	Root MSE
Østlandet flatbygder	2,58* (1,30)	0,00 (0,022)	0,71 (0,617)	1,43* (0,517)	-0,03* (0,009)	0,58* (0,210)	26,42
Østlandet andre bygder	1,05* (0,126)	-0,009* (0,004)	3,34* (1,421)	0,90* (0,095)	-0,019* (0,003)	0,23* (0,075)	19,99
Sør-Vestlandet, Jæren	-45,3 (162,8)	-0,30 (0,515)	-0,02 (0,086)	-12,50 (38,13)	0,08 (0,158)	1,02* (0,09)	37,72
Sør-Vestlandet andre bygder	0,91* (0,406)	-0,11* (0,043)	139,3 (116358,9)	-1,47* (0,353)	0,41* (0,089)	0,007 (5,90)	79,80
Vestlandet	-234,7 (1038,4)	0,54 (1,26)	0,005 (0,026)	-48,9 (229,9)	-0,21 (0,459)	1,00* (0,026)	22,39
Trøndelag flatbygder	1,08* (0,102)	-0,009* (0,003)	9,38 (13,64)	0,70* (0,084)	-0,011* (0,004)	0,09 (0,126)	24,24
Trøndelag andre bygder	1,20* (0,255)	-0,009 (0,007)	2,59 (1,742)	0,84* (0,117)	-0,014 (0,009)	0,27* (0,134)	19,89
Nord Norge	-1,68* (0,341)	0,80* (0,164)	181,8 (16940,8)	0,17 (0,456)	-0,176 (0,101)	0,005 (0,506)	78,50

Tabell 6 Resultater av estimeringen basert på regioner, * betyr at koeffisienten er signifikant ved 5 prosent signifikansnivå.

Østlandet har to veldig forskjellige signifikante substitusjonselastisiteter på 0,58 og 0,23. Forskjellene tilsier at de to områdene er avhengige av prisforholdet mellom grovfôr og kraftfôr på ulike måter. Det kan virke som om flatbygdene er mer fleksible med tanke på fôrrasjonering enn andre bygder på Østlandet, fordi de har en større substitusjonselastisitet og dermed endrer fôrforholdet med eget grovfôr mer enn andre bygder på Østlandet ved en endring i prisforhold. I tillegg har effekten av grovfôr og kraftfôr blitt mindre over tid for andre bygder enn for flatbygdene. Dette betyr at argumentet om at kua på et generelt grunnlag er blitt mer effektiv med tiden stemmer også for disse regionene, selv om utviklingen er større i flatbygdene enn andre bygder på Østlandet.

Til tross for at substitusjonselastisiteten for Trøndelags flatbygder ikke er signifikant, er forskjellen i substitusjonselastisiteten mellom flatbygder og andre bygder i Trøndelag relativt stor. Noe av grunnen til denne forskjellen kan være at kraftfôrprosenten i andre bygder i Trøndelag har økt mer i løpet av perioden enn det kraftfôrprosenten har gjort i flatbygdene i Trøndelag, slik vi så i figur 16. Dermed kan den aggregerte substitusjonselastisiteten bli større i andre bygder enn i flatbygdene i Trøndelag. Samtidig er de andre koeffisientene relativt like. Både grovfôr og kraftfôr er tilsynelatende omtrent like viktige for produksjonen av melk, og utviklingen i effekten de har på melkeproduksjon over tid er omtrent lik. Dette er overraskende resultater, fordi Trøndelag er et typisk område hvor forskjellene ellers er store mellom flatbygdene og andre bygder.

Videre er kraftfôrprosenten som kjent høyere i Trøndelags andre bygder enn på flatbygdene. Dette skulle kanskje tilsa at a_1 for andre bygder i Trøndelag skulle vært større enn a_1 for flatbygdene i Trøndelag, nettopp fordi kraftfôr er viktigere for Trøndelags andre bygder enn Trøndelags flatbygder. Til tross er de to koeffisientene omtrent like, noe som kan tilsa at andre bygder i Trøndelag kjøper relativt mer grovfôr enn flatbygdene, og dermed i realiteten har en lavere kraftfôrprosent. Dette kommer ikke fram i resultatene fordi kun egenprodusert grovfôr er med i beregningen.

Både Vestlandet og Jæren er regioner som har relativt høye og signifikante substitusjonselastisiteter, men alle de andre variablene er ikke-signifikante og veldig forskjellige fra resten av resultatene. Derfor vil jeg være forsiktig med å trekke konklusjoner fordi de andre resultatene avviker såpass mye fra normalen.

Sør-Vestlandet andre bygder er signifikant avhengig av både grovfôr og kraftfôr, men her øker effekten av grovfôr over tid. I tillegg er betydningen av grovfôr, altså konstantleddet til grovfôret, b_1 , negativt. Disse resultatene gir ikke mening, hverken i sammenheng med resultatene av kraftfôrprosenten for denne regionen i figur 16, eller med kunnskapen om utviklingen til kuas melkeytelse. I teorien indikerer disse resultatene at kua trenger mer grovfôr i dette området for å produsere samme mengde melk som tidligere. Årsaken bak disse resultatene kan være at kjøpt grovfôr ikke er medregnet.

Nord-Norge har kun signifikante variabler for kraftfôr. Likevel er konstantleddet her også negativt, mens effekten over tid har økt. Dermed blir tolkningen av dette som tolkningen av resultatene for Sør-Vestlandet: usikker og mest sannsynlig er estimatene feil. Det går muligens an å trekke en konklusjon i retning av at bønder i Nord-Norge trenger mer kraftfôr i dag enn de gjorde tidligere for å produsere samme mengde melk, likevel gir ikke dette heller mening. Dette kan gi en indikasjon på at de er mer avhengige av kraftfôr enn andre områder. Til tross for ikke-signifikant σ , er denne også minst i dette området og indikerer store vanskeligheter med å endre fôrsammensetningen selv ved en endring i prisforholdet. Likevel varierer svingningene i Nord-Norge i takt med resten av landet, noe som tilsier at den ikke-signifikante substitusjonselastisiteten ikke stemmer med virkeligheten.

Til tross for en del resultater som ikke er signifikante, er det tydelig at det er store forskjeller i substitusjonselastisitet mellom regioner. Det er også forskjeller i hvordan de forskjellige regionene avhenger av grovfôr og kraftfôr. Dette indikerer at tilpasningen i figur 8 er forskjellig fra region til region, og at helningen på isokosten til hver region også er ulik de andre. Dette viser at alle regionene i Norge reagerer forskjellig på endringer i prisforholdet mellom grovfôr og kraftfôr, akkurat slik figur 16 viser. Videre betyr dette at en endring i prisen på kraftfôr dermed ikke ville ha hatt samme effekt i

hele landet. Det kan tyde på at andre virkemidler enn kraftfôrprisen eller påvirkning av prisforholdet, vil være mer hensiktsmessig for å redusere bruken av kraftfôr.

4.2.3 Tredje estimering: gjort på utvalgte tidsperioder

Denne estimeringen er gjort med den generelle CES-funksjonen, altså uten teknologisk framgang:

$$y = \beta(\delta x_1^{-\rho} + (1 - \delta)x_2^{-\rho})^{-\frac{1}{\rho}} + e$$

Her er noen tidsperioder valgt ut for å korrigere for endring i faktorer som endres over tid.

Resultatene illustrerer også utviklingen i substitusjonselastisiteten.

Disse tidsperiodene er valgt ut med bakgrunn i landbrukspolitikken, og for å få en god utvikling i substitusjonselastisiteten. Perioden fra og med 1972 til og med 1975 er valgt ut for å illustrere den første perioden i tidsserien, men også fordi nydyrking var et fokusområde i denne perioden. 1996-1999 er valgt ut fordi den illustrerer den første perioden etter reduksjonene i total melkeproduksjon, og de fleste figurene gir inntrykk av at det er i denne perioden endringer begynner å få forskjellig utslag i de ulike områdene. I tillegg måles også grovfôrproduksjon i FEm fra 1992. Perioden 2009 til 2015 er valgt ut for å representere den siste tidsperioden i datasettet. Det var viktig at denne perioden inkluderer årene etter at privat omsetning av melkekvoter ble innført. Denne perioden er lengre enn de to andre fordi det i denne tidsperioden var færre gårder med i driftsgranskningene, og dermed ble tidsperioden utvidet for å få et stort nok utvalg.

Tidsperiode	β	δ	ρ	σ	Root MSE
1972-1975	1,938*	0,281*	1,738*	0,36*	20,02
1996-1999	1,143*	0,064	3,952	0,20*	18,66
2009-2015	1,29*	0,265*	1,611	0,38*	52,44

Tabell 7 Resultater av estimeringen gjort på tre tidsperioder, * betyr at koeffisienten er signifikant ved 5 prosent signifikansnivå

Tabellen viser at substitusjonselastisiteten har falt fra 1972 fram til 1990-tallet før den steg igjen.

Dette indikerer at det å erstatte kraftfôr med grovfôr ved en endring i prisforholdet var mest komplisert på midten av 1990-tallet. I dag er det i gjennomsnitt lettere å substituere grovfôr med kraftfôr, enn på 1990-tallet. Denne utviklingen kan komme av at det i dag er åpnet for privat omsetning av melkekvoter, tilskudd per dyr har økt og jordbruksarealet per gård i gjennomsnitt har økt. Dermed kan bonden generelt ha større mulighetsrom til å substituere fôrtyper enn på midten av 1990-tallet hvor det var strengere restriksjoner.

Fordi substitusjonselastisiteten henviser til hvor lett ett fôr byttes ut med et annet ved en endring i prisforholdet, henviser den også til skiftene i kraftfôrprosenten som illustrert i figur 12. De tre

substitusjonselastisitetene som er funnet i denne estimeringen skulle tilsi at svingningene i kraftfôrprosenten på 1970-tallet var omtrent like store som svingningene de siste årene. Dette er ikke tilfellet om tabell 7 sammenlignes med figur 12. I figuren er svingningene på 1970-tallet relativt små i forhold til svingningene de siste årene. Dette kan tilsi at fôrforholdet mellom grovfôr og kraftfôr er avhengig av mer enn kun prisforholdet i større grad i dag enn på 1970-tallet. Dermed har andre politiske virkemidler større påvirkning på fôrforholdet i dag enn det hadde på 1970-tallet. Dette kan for eksempel være omsetningsordningen for melkekvotene. Den kan ha gjort substitusjonsmulighetene mellom grovfôr og kraftfôr større ved å åpne opp for muligheten for å kjøpe seg større kvote. På grunn av begrensningen egenprodusert grovfôr setter vil muligens større kvote føre til økt kraftfôrprosent.

Om substitusjonselastisiteten for de to siste periodene funnet i denne analysen også sammenlignes med svingningene i figur 12, kan det også virke som om de ikke stemmer over ens. Svingningene siden 1990-tallet i figur 12 har vært relativt store, noe som skulle kunne indikere omtrentlig like substitusjonselastisiteter i denne estimeringen. Likevel er det ikke slik. Her kan også noe av forklaringen ligge i de ulike politiske virkemidlene, som forskjellen i effekten på kraftfôrbruken mellom administrert og privat omsetning av melkekvoter kan ha hatt. Dette er fordi administrert omsetning stort sett førte til inndragning av kvotene, mens privat omsetning kan gi andre bønder anledning til å øke melkekvoten.

Verdien av δ er interessant, ikke minst når den sammenlignes med utviklingen av substitusjonselastisiteten. En høyere δ i perioden mellom 1972 og 1975 tilsier at kraftfôr var viktigere i denne perioden enn det var på 2000-tallet. Sammen med utviklingen i σ er det vanskelig å trekke en konklusjon. Det kan hende at kraftfôret ikke er like viktig nå som det var i 1972, men at bonden har større behov for akkurat den mengden kraftfôr som brukes nå. Dette kan bety at melkeproduksjonen har nådd en minimumsgrense for kraftfôr og at kraftfôr derfor er vanskeligere å erstatte ved en endring i prisforholdet.

Samtidig er det også muligheter for at denne forskjellen kommer fra endringen i måleenhetene, fordi grovfôr ble målt i FFE fram til 1992. Overgangen fra FFE til FEm gjorde at grovfôr med relativt lav energimengde fikk en lavere verdi, mens fôr med høy energimengde fikk høyere verdi. Dermed er det muligheter for at grovfôret i Norge har høyere energimengde i dag enn tidligere, og dermed får relativt større betydning enn det hadde i 1972. På denne måten blir kraftfôret relativt mindre viktig, og δ faller. På dette grunnlaget er det vanskelig å slå fast hva som ligger bak denne utviklingen i substitusjonselastisiteten.

Uansett er det interessant å se at substitusjonselastisiteten endrer seg i løpet av perioden, og at den i tillegg er signifikant i hver tidsperiode. Dette tilsier at melkeproduksjon har teknologisk framgang, og det var riktig å estimere modellene hvor dette er inkludert. Denne estimeringen er interessant fordi den illustrerer at substitusjonselastisiteten fram til 2000 utviklet seg mer i retning av Leontief-funksjonen, for så å gå tilbake til en isokvant nærmere Cobb-Douglas. Dette tilsier at det på 1990-tallet var vanskeligere enn tidligere å erstatte de to fôrtypene, og at norske melkebønder trolig var mer avhengig av et fast fôrforhold enn tidligere. Videre er altså ikke melkebøndene i dag like avhengige av et fast gjennomsnittlig fôrforhold.

5 Diskusjon

Samlet sett viser resultatene at det er relativt vanskelig å substituere mellom grovfôr og kraftfôr. Det viser seg at regionene reagerer forskjellig på endringer både i politikk og prisforhold. Likevel er det ikke mulig å isolere effektene av de ulike politiske virkemidlene og dermed vanskelig å konkludere noe med sikkerhet.

Resultatene fra den deskriptive analysen tilsier at kraftfôrprisen alene ikke har den normalt antatte effekten på bruken av kraftfôr. De forskjellige politiske virkemidlene har hatt effekt i ulike perioder, men det den deskriptive analysen viser er at melkekvoteordningen og *tilskudd per dyr* kan ha hatt størst effekt generelt gjennom perioden. Her innebærer melkekvoteordningen både reduksjonen i total melkeproduksjon, og omsetningsordningen for kvotene.

I perioden før 1990 satte innføringen av melkekvotene grenser for lønnsomheten i å bruke kraftfôr, og kraftfôrprosenten holdt seg noenlunde stabil. I løpet av 1990-tallet har total reduksjon i melkeproduksjonen trolig hatt effekt på bruken av kraftfôr gjennom reduserte melkekvoter for hver enkelt gård. Innføringen av privat omsetning av kvotene samtidig med en reduksjon i tilskudd per dyr, kan ha gitt lønnsomhet i å øke melkeytelsen på 2000-tallet. Fordi grovfôrarealeet fortsatt ikke øker, strekker ikke gårdens egne ressurser til, og kraftfôrbruken øker. Likevel sier ikke analysen noe om hvor sterk denne korrelasjonen er, eller om endringene kun skjer samtidig. På dette grunnlaget er det vanskelig å si noe sikkert.

Den deskriptive analysen tilsier også at nydyrkingstilskuddet på 1970-tallet nok ikke hadde en markant effekt på bruken av kraftfôr som prosent av totalt fôr₁. Melkeproduksjonen økte også i denne perioden og økningen kan ha vært for stor i forhold til grovfôrarealer, til tross for nydyrkingstilskuddet. Reduksjonen i total melkeproduksjon har tilsynelatende økt forskjellene mellom regionene, og dermed gjort landbruket i de ulike regionene mer forskjellige enn tidligere. Videre har også forskjellene mellom regioner økt i løpet av 2000-tallet og indikerer at politiske endringer som privat omsetning av melkekvoter har relativt forskjellig effekt på bruk av kraftfôr i de ulike regionene.

Den statistiske analysen viser at det finnes store regionale forskjeller, og at det helt klart finnes en teknologisk framgang i melkeproduksjon. Denne teknologiske framgangen kan både komme av at kua generelt har høyere melkeytelse, men også på grunn av bedre maskiner: både melkemaskiner og traktorer til grovfôrproduksjon. Substitusjonselastisiteten viser seg å variere i løpet av perioden fra 1972 til 2015, og var lavest på 1990-tallet. På grunn av overgangen fra FFE til FEm, er denne analysen litt usikker, men det kan uansett konkluderes med at melkebøndene har tilsynelatende lettere for å erstatte grovfôr med kraftfôr i dag enn på 1990-tallet. Dette indikerer at de politiske endringene med

omsettbare melkekvoter på 2000-tallet åpnet opp for lettere substitusjon mellom grovfôr og kraftfôr enn tidligere, og at dette kan ha ført til en økning i kraftfôrprosenten over hele landet i perioden etter 2000.

Det er generelt vanskelig å avdekke om de ulike faktorene eller restriksjonene påvirker bruken av kraftfôr på kort eller lang sikt. Det kan likevel virke som om de politiske endringene i løpet av 2000-tallet har hatt effekt på kraftfôrbruken også på lang sikt ved at de gir muligheter for bedre lønnsomhet på sikt. Denne inkluderer både privat omsetning av melkekvoter og tilskudd til flere kyr.

Om jeg så trekker inn de to siste landbruksmeldingene, hvor begge regjeringer gir uttrykk for at de ønsker en økning i bruk av norske ressurser, kan mine resultater gi inntrykk av at et slikt mål er relativt vanskelig å nå. I tillegg vil en overgang fra bruk av kraftfôr til mer norske ressurser kunne få andre konsekvenser for norsk landbruk, som nevnt i kapittel 1. Dette innebærer større arbeidsbelastning, lavere næringsinnhold i fôret til melkekyr og lavere utnyttelse av norsk fôrkorn.

Mine resultater kan indikere at en reduksjon i melkekvote per gård samt et høyere tilskudd per dyr som gjør det lønnsomt å fordele melkekvoten på flere dyr, muligens kan redusere forbruk av kraftfôr per liter melk. I så fall vil melkeproduksjonen forbruke mer norske ressurser og føre til bedre ressursutnyttelse. Dette kan også bidra til å opprettholde bosetningen i distriktene på grunn av bedre lønnsomhet ved lavere total melkeproduksjon. I en slik situasjon vil også klimagassutslipp fra melke- og storfeproduksjon samlet sett være lavere enn i en situasjon med høyere ytelse og flere spesialiserte kjøttfe. Dette er også god ressursutnyttelse og et godt bidrag til å redusere klimaavtrykket i norsk matproduksjon.

Likevel vil muligens en slik politisk endring føre til ikke-optimal utnyttelse av norsk fôrkorn. Et alternativ for å øke bruken av norske ressurser, samtidig som melkeproduksjonen opprettholdes i distriktene, kan være å produsere proteinkilder på norske ressurser slik at importerte råvarer kan erstattes med norske råvarer og samtidig utnytte norsk fôrkorn til kraftfôr. På denne måten kan muligens målet om økt bruk av norske fôrressurser nås samtidig som bosetning i distriktene og lønnsomheten i melkeproduksjonen opprettholdes.

6 Referanser

- Aass, L., Harstad, O. M. & Hegernes, A. (2014). Både mjølk og kjøtt - basert på norske ressurser? *Buskap* (6-2014): 21-27.
- Aass, L. & Harstad, O. M. (2015). Økt mjølk og kjøtt - basert på norske arealer? *Buskap* (4-2015): 19-26.
- Aass, L., Harstad, O. M. & Åby, B. A. (2015). Norsk mjølke- og kjøttproduksjon - hva nå? *Buskap* (8-2015): 23-28.
- Aass, L. & Åby, B. A. (2016). Melkeytelse, storfekjøtt og klimaavtrykk. *Buskap*, 8-2016: 32-35.
- Adler, S. & Loes, A. K. (2014). Vet du hva som er i kraftfôret? *Økologisk landbruk*, Nr. 2 2014.
- Administrasjonsdepartementet. (1997). Jordbruksoppgjøret 1994 - 1997. Tilgjengelig fra: <https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Stortingsforhandlinger/?tab=Publication&pid=1993-1997&s=jordbruksoppgj%25c3%25b8ret#secondaryfilter>.
- Almås. (2002). *Norges landbrukshistorie IV 1920-2000*. Aurskog: Det Norske Samlaget.
- Bloom, S., Heady, E. O., Jacobson, N. L. & Schnittker, J. A. (1966). Milk production functions and marginal rates of substitution between forage and grain. I: Heady, E. O. & Dillon, J. L. (red.) *Agricultural production functions*. Iowa: Iowa State University Press.
- Chambers, R. G. (1988). *Applied production functions - A dual approach*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Det kongelige arbeids og administrasjonsdepartementet. (2001). Jordbruksoppgjøret 1998 - 2001. Tilgjengelig fra: <https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Stortingsforhandlinger/?tab=Publication&pid=1997-2001&s=jordbruksoppgj%25c3%25b8ret#secondaryfilter>.
- Det kongelige arbeids og administrasjonsdepartementet. (2005). Jordbruksoppgjøret 2001 - 2005. Tilgjengelig fra: <https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Stortingsforhandlinger/?tab=Publication&pid=2001-2005&s=jordbruksoppgj%25c3%25b8ret#secondaryfilter>.
- Det kongelige arbeids og administrasjonsdepartementet. (2016: Meld. St. 11). *Endring og utvikling - En fremtidsrettet jordbruksproduksjon*. Det kongelige landbruks- og matdepartementet. Oslo.
- Det kongelige landbruks- og matdepartementet. (2016). Endringer i statsbudsjettet 2006 - 2016 under Landbruks- og matdepartementet. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokument/prop/id1753/?ownerid=627&topic=924>.
- Dziak, J. J., Coffman, D. L., Lanza, S. T. & Li, R. (2012). Sensitivity and specificity of information criteria: The Pennsylvania State University.
- Eriksen, B. E. (2000). Grovfôr eller kraftfôr? Kartlegging av substitusjonsmulighetene ved fôring av melkekyr i Norge. *SNF rapport*. Bergen: Stiftelsen for samfunns- og næringslivsforskning.
- Fabozzi, F. J., Focardi, S. M., Rachev, S. T. & Arshanapalli, A. G. (2014). Appendix E: Model selection criterion: AIC and BIC. I: *The Basics of Financial Econometrics: Tools, Concepts, and Asset Management Applications*: John Wiley & Sons, Inc. .
- Felleskjøpet. (2016). *Slik er innholdet i Felleskjøpets kraftfôr*: Felleskjøpet Tilgjengelig fra: <https://www.felleskjopet.no/kraftfor/artikler/slik-er-innholdet-i-felleskjopets-kraftfor/> (lest 28.06.2017).
- Fjellhammer, E., Hageberg, E., Hillestad, M. E. & Tufte, T. (2014). Økt produksjon av rødt kjøtt på norske fôrressurser. Hvordan få flere mordyr og høyere produksjon? Oslo: AgriAnalyse.
- Fjellhammer, E. & Thuen, A. E. (2014). Vekst uten økt volum? Fremtiden for norsk melkeproduksjon. Oslo: AgriAnalyse.
- Flaten, O. (2001). *Økonomiske analyser av tilpasninger i norsk mjølkeproduksjon*. Ås: NMBU, Institutt for økonomi og samfunnsfag.
- Gaasland, I., Bjorvatn, A. & Hunnes, A. (2001). En generell likevektsmodell med fokus på jordbruk og næringsmiddelindustri. Bergen: Stiftelsen for samfunns og næringslivsforskning.

- Gjæver, H. (1979). *Ytelsesnivået i melkeproduksjonen - en økonomisk analyse*. Norges Landbrukshøgskole: Institutt for landbruksøkonomi.
- Gjefsen, T. (2007). *Fôringslære*. 3. utg. Oslo: Tun Forlag.
- Gjølberg, T., Homme, Å. I., Huus, A., Nesjan, P. A., Skjeflo, P. A., Stølen, T., Støen, J. H. & Vasaasen, A. (2007). *Evaluering av omsetningsordningen for melkekvoter*. Oslo: Statens landbruksforvaltning.
- Hansen, Ø. (2008). Hva koster grovfôret? *NILF notat*. Oslo: NILF.
- Harstad, O. M. (2011). *Grovfôr Forelesningsnotater i HFE203*. Ås: Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, NMBU.
- Harstad, O. M. & Storlien, T. M. (2015). Tiltak i husdyrproduksjonen; Potensial for reduksjon i utslipp av lystgass og enterisk metan fra mjølkepopulasjon. Ås: Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, NMBU.
- Hovland, I. (2016). *Handbok for driftsplanlegging*. Oslo: NIBIO.
- Huus, A. (2016). *Hva er dyrest? Grovfôr eller kraftfôr? En studie av driftsgranskningene 2014*: Norges Bondelag.
- Jervell, A. M. (1997). *Tilpasning til melkekvoter - En studie på bruksnivå av toprioriteten 1983-90*. Doctor Scientiarum Thesis Ås: Norges Landbrukshøgskole, Institutt for økonomi og samfunnsfag.
- Kalai, M. & Helali, K. (2015). Estimate of the elasticities of substitution of the CES translog production functions in Tunisia. *International Journal of Economics and Business Research*, Vol. 9 (No. 3): 245-253.
- Karlsen, R. (2017). ordnett.no - Kunnskapsforlagets ordbøker på nett. I: *Kunnskapsforlaget*.
- Kittelsen, R. (2005). *En analyse av flervareproduksjonen av melk og storfekjøtt - påvirker prisendringer tilbudet av melk*. Oslo: Universitetet i Oslo, Økonomisk institutt.
- Klump, R., McAdam, P. & William, A. (2004). Factor substitution and factor augmenting technical progress in the US: a normalized supply-side system approach. *Working paper series* (367).
- Knudsen, K. (1983). Jordvern over alle grenser? *Sosialøkonomen*, 37 (4).
- Landbruksdirektoratet. (2010). Mjølkekvoter - Produksjon og marked. Tilgjengelig fra: <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/produksjon-og-marked/melk/melkekvoter/melkekvoter#dette-er-kvoteordninga-for-mjoelk> (lest 09.06.2017).
- Landbruksdirektoratet. (2016a). *Mer om de enkelte tilskuddsordningene*. Tilgjengelig fra: <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/tilskuddsbasis/undersider/mer-om-de-enkelte-tilskuddsordningene--51298#husdyr> (lest 29.05.2017).
- Landbruksdirektoratet. (2016b). *Pristilskudd korn og kraftfôr*. LMD. Oslo: Landbruksdirektoratet.
- Landbruksdirektoratet. (2016c). Salg av melkekvoter. I: *LMD*. Tilgjengelig fra: <https://www.slf.dep.no/no/dokumenter/frister/salg-og-leie-av-geitemelkkvote> (lest 24.11.2016).
- Landbruksdirektoratet. (2017). Mjølkekvoter - Statistikk. Tilgjengelig fra: <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/statistikk/utvikling/melkekvote> (lest 09.06.2017).
- Lembcke, A. C. (2010). *Introduction to Stata*. London: London School of Economics.
- Lie, S. A. & Løkeland-Stai, E. (2013). *En nasjon av kjøttthuer - ni myter og en løgn og norsk landbrukspolitikk*. Oslo: Forlaget Manifest AS.
- MIT. (2017). Reading and using Stata output. I: *Massachusetts Institute of Technology*. Tilgjengelig fra: <http://web.mit.edu/course/17/17.846/OldFiles/www/Readout.html> (lest 15.06.2017).
- NIBIO. (2016a). *Driftsgranskninger i jord- og skogbruk*. Oslo: NIBIO.
- NIBIO. (2016b). *Driftsgranskningene*. NIBIO & NILF (red.). Oslo: NIBIO.
- NIBIO. (2016c). *Totalkalkylen*. NIBIO & NILF (red.). Oslo.
- Norum, L. (1974). Virkninger av fôrkjøp på driftsresultat i jordbruket. Oslo: Norges landbruksøkonomiske institutt.
- Penson, J. B., Capps, O., Posson, C. P. & Woodward, R. T. (2015). *Introduction to agricultural economics*. 6. utg. Essex: Pearson Education.

- Rodríguez, G. (2017). Stata Tutorial. I: *Princeton University*. Tilgjengelig fra: <http://data.princeton.edu/stata/> (lest 14.06.17).
- Rysstad, S. (2013). *De lange linjer - Norsk landbrukspolitikk 1900-2013*. Ås: NMBU.
- Rysstad, S. (2015). *De lange linjer - Norsk landbrukspolitikk 1900-2015*.
- SSB. (2017). Statistikkbanken. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statistikkbanken>.
- Stabbetorp, E. M. & Huus, A. (2015). *Kanaliseringspolitikk, arealbruk og produksjonsfordeling*. Lederkonferansen i Norges Bondelag.
- Stata. *BIC note — Calculating and interpreting BIC*: Stata.
- Store norske leksikon. (2017). Avdrått. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/avdr%C3%A5tt> (lest 12.07.2017).
- Thonstad, T. (1964). *To eksempler på analytiske produktfunksjoner*. Oslo: Sosialøkonomisk institutt, Universitetet i Oslo.
- Thuen, A. E., Narvestad, M. & SKulberg, O. N. (2015). *Hva koster graset?* Oslo: Norske Felleskjøp SA.
- Tjentland, K. (2017). *Epostkommunikasjon om kg kraftfôr til fôrenheter* (27.03.2017).
- Varian, H. R. (2003). *Intermediate microeconomics - a modern approach*. 6. utg. London: W.W. Norton & Company, Ltd. .
- Vik, J. (2015). Myten om kraftfôrpolitikken. *Nationen*.
- Weiby, K. V. & Nordang, L. *Fôring etter lommeboka*: Felleskjøpet Fôrutvikling AS.
- Williams, R. (2016). *Scalar Measures of Fit: Pseudo R-squared and Information Measures (AIC & BIC)*. Notre Dame: University of Notre Dame.
- Wooldridge, J. M. (2009). *Introductory econometrics - A modern approach*. 4. utg. Canada: South-Western.

7 Vedlegg

Evaluering av datasettet:

```
cd "C:\Users\Amalie\Documents\Master - PC\Stata"
capture log close
log using olvar1806, replace
use "C:\Users\Amalie\Documents\Master - PC\Stata\deskriptiv-dataset-
aarsku-utensoener.dta"
// time series set dataset first: unbalanced
xtset farm year
gen ln milk = log(q_milk)
gen ln conc = log(q_conc_fem)
gen ln rough = log(q_rough)
// Uobserververt effekt: FE:
xtreg ln milk ln conc ln rough i.year, fe cluster(farm)
estimates store fe
testparm i.year
predict y, xb
gen y2= y*y
gen y3 = y*y2
// TIDSTREND:
xtunitroot fisher q_milk, dfuller lags(0) trend
// HETERO:
xtreg ln milk ln conc ln rough i.year, fe cluster(farm)
predict uhat, ue
predict xb, xb
gen uhatsq = uhat^2
reg uhatsq c.xb#c.xb, cluster(farm)
testparm c.xb#c.xb
// or:
xtreg ln milk ln conc ln rough i.year, fe cluster(farm)
xttest3
// Hetero med CES: trenger ikke fordi vi har cluster(farm) std err.
nl (q_milk = {b0=1}*({delta=0.5}*q_conc_fem^(-1*{rho=0.5}))+ (1-
{delta})*q_rough^(-1*{rho}))^(-1/{rho})), vce(robust)
predict yhat
rename yhat yhat_robust
gen residual_r = yhat_robust - q_milk
tway scatter residual_r year
graph save residual-year_robust, replace
global decd "((year-2000)/10)"
global b "(exp({b0 = 1} + {b1 = - 1}*$decd))"
global d "(exp({d0 = 1} + {d1 = - 1}*$decd))"
global d_r "(exp({d0_r = 1} + {d1_r = - 1}*$decd))"
global d_c "(exp({d0_c = 1} + {d1_c = - 1}*$decd))"
global d_b "(exp({d0_b = 1} + {d1_b = - 1}*$decd))"
global d_h "(exp({d0_h = 1} + {d1_h = - 1}*$decd))"
global r_inp "(- {rho_inp = 0.5})"
global r_out "({rho_out = 1.5})"
nl (q_milk = (($d_c*q_conc_fem)^$r_inp +
($d_r*q_rough)^$r_inp)^(1/$r_inp)), cluster(farm)
predict yhat2
rename yhat2 yhat2_robust
gen residual_r2 = yhat2_robust - q_milk
tway scatter residual_r2 year
```

```

graph save residual2-year_robust, replace
// teste for linearitet:
xtreg lnmilk lnconc lnrough i.year y2, fe cluster(farm)
test y2
xtreg lnmilk lnconc lnrough i.year y2 y3, fe cluster(farm)
test y2 y3
// visualisering:
gen residual_r3 = xb - lnmilk
twoway scatter residual_r3 year
graph save residual-year-FE_robust, replace
log close
// file translators
translate olvar1806.smcl olvar1806.pdf, pagesize(a4) replace

```

Opprydning i datasettet

```

cd "C:\Users\Amalie\Documents\Master - PC\Stata"
capture log close
log using redigert-dataset-ingennull, replace
insheet using "C:\Users\Amalie\Documents\Master -
PC\Data\amalie_172404-cvs.csv"
sum // 25972 obs p_conc eksisterer ikke
// lage bakgrunnsvariabler:
gen pi_conc = p_conc /100 // %
gen pn_conc14 = 356.24 / 100 // nominell pris; kr/kg. kilde: NILF
totalkalkylie 356,24 2014-kr pr 100 kg KF i 2014.
gen pn_conc = pi_conc*pn_conc14 // kr/kg
gen q_conc_fem = (v_conc/pn_conc)*0.989 // 1000 fem
gen melkeytelse = (q_milk*1000)/h_cows
inspect melkeytelse
// dropper variabler
drop if v_milk <0.1
drop if v_beef <0.1
drop if v_olvst <0.1 // veldig mange var blir slettet. trenger jeg å
slette denne?
drop if v_conc <0.1
drop if h_cows <0.1
drop if h_otctl <0.1
drop if q_milk <0.1
drop if q_rough <0.1
drop if a_gras <0.1
drop if a_total <0.1
drop if z_dgrg <0.1
drop if p_beef <0.1
drop if q_beef <0.001
drop if q_conc <0.001
sum // 25527 obs
save "C:\Users\Amalie\Documents\Master - PC\Stata\redigert-dataset-
ingennull-aarsku.dta", replace
log close
// file translators
translate redigert-dataset-ingennull.smcl redigert-dataset-
ingennull.pdf, pagesize(a4) replace

```

Lage deskriptivt datasett

```
cd "C:\Users\Amalie\Documents\Master - PC\Stata"
capture log close
log using deskriptiv-dataset-aarsku-utensoner2504, replace
use "C:\Users\Amalie\Documents\Master - PC\Stata\redigert-dataset-
ingennull-aarsku.dta"
gen KFpros = q_conc_fem/(q_conc_fem+q_rough)
gen KFprmelk = q_conc_fem/q_milk
sort year z_dgrg
gen GFavling=(q_rough/a_total)*1000 // oppgis i FEm pr dekar
save "C:\Users\Amalie\Documents\Master - PC\Stata\deskriptiv-
dataset-aarsku-utensoner.dta", replace
export excel using "deskriptiv-dataset-aarsku-utensoner2504",
firstrow(variables) replace
log close
// file translators
translate deskriptiv-dataset-aarsku-utensoner2504.smcl deskriptiv-
dataset-aarsku-utensoner2504.pdf, pagesize(a4) replace
```

CES-analysene

```
cd "C:\Users\Amalie\Documents\Master - PC\Stata"
capture log close
log using alle-CES-master-siste-2507, replace
use "C:\Users\Amalie\Documents\Master - PC\Stata\deskriptiv-dataset-
aarsku-utensoner.dta"
sum
xtset farm year
// MED teknologiendring:
// Macros
global decd "(year-1972)"
global b "(exp({b0 = 1} + {b1 = - 1}*%decd))"
global d "(exp({d0 = 1} + {d1 = - 1}*%decd))"
global d_r "(exp({d0_r = 1} + {d1_r = - 1}*%decd))"
global d_c "(exp({d0_c = 1} + {d1_c = - 1}*%decd))"
global d_b "(exp({d0_b = 1} + {d1_b = - 1}*%decd))"
global d_h "(exp({d0_h = 1} + {d1_h = - 1}*%decd))"
global r_inp "(- {rho_inp = 0.5})"
global r_out "({rho_out = 1.5})"
nl (q_milk = (($d_c*q_conc_fem)^$r_inp +
($d_r*q_rough)^$r_inp)^(1/$r_inp)), cluster(farm)
nlcom (1/(1 + _b[/ $\rho$ _inp])) //
estat ic //
predict yhat
rename yhat yhat2
gen residual_r2 = yhat2 - q_milk
twoway (scatter residual_r2 year), ytitle(Restledd mot
melkeproduksjon) xtitle(År) title(Restledd mot produsert mengde melk
med teknologisk framgang)
graph save residual2-year_robust, replace // fin. R2 = 0.917.
signifikante var. Root MSE = 26.15. sigma: 0,3656.
// plot mot størrelse:
gen residual_r4 = yhat2 - h_cows
```



```

twoway (scatter residual_r4 year), ytitle(Restledd mot antall
melkekyr) xtitle(År) title(Restledd mot antall melkekyr i
besetningen)
graph save residual4-year_robust, replace
// Østlandet flat: sigma = 0,58 (signifikant)
gen milk11 = q_milk if z_dgrg==11
gen rough11 = q_rough if z_dgrg==11
gen conc11 = q_conc_fem if z_dgrg==11
nl (milk11 = (($d_c*conc11)^$r_inp +
($d_r*rough11)^$r_inp)^(1/$r_inp)), cluster(farm)
nlcom (1/(1 + _b[/rho_inp]))
predict yhat
rename yhat yhat11
gen residual_r11 = yhat11 - q_milk
twoway (scatter residual_r11 year), ytitle(Restledd mot
melkeproduksjon) xtitle(År) title(Restledd mot produsert mengde melk
- Østlandet flatbygder)
graph save residual11-year_robust, replace
// Østlandet andre bygder: sigma = 0,23 (signifikant)
gen milk12 = q_milk if z_dgrg==12
gen rough12 = q_rough if z_dgrg==12
gen conc12 = q_conc_fem if z_dgrg==12
nl (milk12 = (($d_c*conc12)^$r_inp +
($d_r*rough12)^$r_inp)^(1/$r_inp)), cluster(farm)
nlcom (1/(1 + _b[/rho_inp]))
// Sør-Vest, Jæren: sigma = 1,02 (signifikant)
gen milk21 = q_milk if z_dgrg==21
gen rough21 = q_rough if z_dgrg==21
gen conc21 = q_conc_fem if z_dgrg==21
nl (milk21 = (($d_c*conc21)^$r_inp +
($d_r*rough21)^$r_inp)^(1/$r_inp)), cluster(farm)
nlcom (1/(1 + _b[/rho_inp]))
// Sør-vest, andre: sigma = 0,007 (ikke signifikant)
gen milk22 = q_milk if z_dgrg==22
gen rough22 = q_rough if z_dgrg==22
gen conc22 = q_conc_fem if z_dgrg==22
nl (milk22 = (($d_c*conc22)^$r_inp +
($d_r*rough22)^$r_inp)^(1/$r_inp)), cluster(farm)
nlcom (1/(1 + _b[/rho_inp]))
// Vest: sigma: 1,00 (signifikant) (andre variabler rare, men sånn
er det med alle)
gen milk32 = q_milk if z_dgrg==32
gen rough32 = q_rough if z_dgrg==32
gen conc32 = q_conc_fem if z_dgrg==32
nl (milk32 = (($d_c*conc32)^$r_inp +
($d_r*rough32)^$r_inp)^(1/$r_inp)), cluster(farm)
nlcom (1/(1 + _b[/rho_inp]))
// Trøndelag flat: sigma: 0,0962 (ikke signifikant) rho eneste som
ikke er signifikant - FOR FÅ OBSERVASJONER!!
gen milk41 = q_milk if z_dgrg==41
gen rough41 = q_rough if z_dgrg==41
gen conc41 = q_conc_fem if z_dgrg==41
nl (milk41 = (($d_c*conc41)^$r_inp +
($d_r*rough41)^$r_inp)^(1/$r_inp)), cluster(farm)
nlcom (1/(1 + _b[/rho_inp]))
// Trøndelag andre: sigma: 0,278 (signif) FOR FÅ OBS.

```

```

gen milk42 = q_milk if z_dgrg==42
gen rough42 = q_rough if z_dgrg==42
gen conc42 = q_conc_fem if z_dgrg==42
nl (milk42 = (($d_c*conc42)^$r_inp +
($d_r*rough42)^$r_inp)^(1/$r_inp)), cluster(farm)
nlcom (1/(1 + _b[/rho_inp]))
// Nord norge: 0,005 (ikke signif) (andre var gir ikke helt mening)
gen milk52 = q_milk if z_dgrg==52
gen rough52 = q_rough if z_dgrg==52
gen conc52 = q_conc_fem if z_dgrg==52
nl (milk52 = (($d_c*conc52)^$r_inp +
($d_r*rough52)^$r_inp)^(1/$r_inp)), cluster(farm)
nlcom (1/(1 + _b[/rho_inp]))
// tidsperioder:
// 1972-76
nl (q_milk = {b0=1}*({delta=0.5}*q_conc_fem^(-1*{rho=0.5}))+ (1-
{delta})*q_rough^(-1*{rho}))^(-1/{rho})) if year<1976, cluster(farm)
// b0: 1,15, delta: 0,093 (ikke sign på 5), rho: 2,71
nlcom (1/(1 + _b[/rho])) // 0,269
estat ic // 9511,291 9526,284
// 1996-99
nl (q_milk = {b0=1}*({delta=0.5}*q_conc_fem^(-1*{rho=0.5}))+ (1-
{delta})*q_rough^(-1*{rho}))^(-1/{rho})) if year>1995&year<2000,
cluster(farm)
// b0: 1,15, delta: 0,093 (ikke sign på 5), rho: 2,71
nlcom (1/(1 + _b[/rho])) // 0,269
estat ic // 9511,291 9526,284
// 2009-15
nl (q_milk = {b0=1}*({delta=0.5}*q_conc_fem^(-1*{rho=0.5}))+ (1-
{delta})*q_rough^(-1*{rho}))^(-1/{rho})) if year>2008, cluster(farm)
// b0: 1,15, delta: 0,093 (ikke sign på 5), rho: 2,71
nlcom (1/(1 + _b[/rho])) // 0,269
estat ic // 9511,291 9526,284
log close
// file translators
translate alle-CES-master-siste-2507.smcl alle-CES-master-siste-
2507.pdf, pagesize(a4) replace

```

Personlig epostkommunikasjon med Felleskjøpet om FEm i kilo kraftfôr

Emne: Masteroppgave om kraftfôrbruk

Amalie Skau Jakobsen <amalie.skau.jakobsen@gmail.com>

24.
mar.

til Åse

Hei igjen, Åse!

Vi snakket sammen på karrieredagen på NMBU i høst, og nå er jeg midt oppi masteroppgaven og kunne trenge din hjelp.

Kort skal jeg skrive masteroppgave om substitusjonselastisiteten mellom grovfôr og kraftfôr, og dermed indirekte se på prisforholdet mellom grovfôr og kraftfôr, på et melkebruk. Jeg bruker driftsgranskningsdata fra NIBIO, og har originalt sett på data helt fra 1972 til i dag, men dette kommer jeg nok til å endre på grunnet blant annet teknologiske endringer og endringer i ytelsesnivå.

Uansett ser jeg på bruk av kraftfôr og grovfôr, men i datasettet er kraftfôr oppgitt i kilo, og grovfôr i FEm, og det er dette jeg håper du kan hjelpe meg med, i og med at du er kraftfôreksperter! Jeg har hørt litt rundt, både med folk på NIBIO og NMBU, og skjønt at én kilo kraftfôr er omtrent 0,95 FEm. Men jeg må likevel ha en kilde på dette, og lurte på om du kunne gi meg noe data eller tall på hvor mange FEm en kilo kraftfôr er, av de mest populære blandingene? Da kan jeg lage et slag gjennomsnitt, som jeg da kan bruke i oppgaven. Jeg har prøvd å finne tabeller eller oversikter på nettet, men det var veldig vanskelig, så jeg håper du kan hjelpe meg her!

Vennlig hilsen,

Åse Marte Langrud Ase.Marte.Langrud@felleskjopet.no via felleskjopet.onmicrosoft.com

25.
mar.

til Kari, meg

Hei Kari,

Du jobber på Drøv og håper du kan svare på spm til Amalie under her



På forhånd takk

(Amalie, jeg er i foreldrepermisjon nå, men håper du kan få hjelp av Kari)

ÅseM

Sendt fra min iPhone

Kari Tjentland Kari.Tjentland@felleskjopet.no via felleskjopet.onmicrosoft.com

27.
mar.

til meg

Hei.

Spennende masteroppgave ☺ Vil gjerne lese den når du er ferdig om du husker på meg ☺

FEm i kraftfôr varier noe, fra 0,95 til 1,04. Under følger en oversikt over noen av blandingene våre. Si bare ifra dersom jeg kan hjelpe til med noe mer ☺

DRØVTYGGER	Næringsinnhold		
	FEm per 100 kg	g AAT per FEm	g PBV per FEm
FORMEL Favør 80	95	112	0
FORMEL Favør 90	95	113	-25
FORMEL Elite 70	99	112	20
FORMEL Elite 80	99	116	-5
FORMEL Elite 90	98	117	-22
FORMEL Energi Basis 80	100	121	0
FORMEL Energi Basis 90	99	122	-20
FORMEL Energi Premium 70	104	120	20
FORMEL Energi Premium 80	104	120	-5
FORMEL Energi Premium 90	103	120	-20
FORMEL Fullfôr	97	128	-10
FORMEL Profet	95	115	-12
FORMEL Optima	102	127	0
FORMEL Linnea	95	102	-5

Lykke til med masteroppgaven.

Vennlig hilsen

Kari Tjentland

Fra: Åse Marte Langrud

Sendt: 25. mars 2017 08:07

Til: Kari Tjentland <Kari.Tjentland@felleskjopet.no>

Kopi: amalie.skau.jakobsen@gmail.com

Emne: Fwd: Masteroppgave om kraftfôrbruk

Amalie Skau Jakobsen <amalie.skau.jakobsen@gmail.com>

27.
mar.

til Kari

Hei!

Jeg skal sende deg oppgaven så snart den er ferdig, det er så stas å få sånne tilbakemeldinger, så det glemmer man ikke så lett.

Tusen takk for oversikt! Hvilke av disse blandingene brukes mest? Så kan jeg prøve å lage et omtrentlig representativt utvalg ;)

Kari Tjentland Kari.Tjentland@felleskjopet.no via felleskjopet.onmicrosoft.com

27.
mar.

til meg

Det varierer veldig hvilken blanding som brukes. Det avhenger blant annet av grovfôret og hva slags fôringsstrategi bonden bruker.

Formel Elite 80 er den mest solgte blandingen vår, etterfulgt av Formel Energi Basis 80. Noen bruker også to kraftfôrslag, da gjerne en med litt lavere FEm i grunnrasjon, også topper de med mer energirik blanding til høytytende dyr. Prisen gjenspeiler jo også næringsinnholdet, så det kan være svært lønnsomt dersom bonden har muligheten til det.

Legger ved et par brosjyrer – kanskje det står noe nyttig for deg der?

Vennlig hilsen
Kari Tjentland

Fra: Amalie Skau Jakobsen [mailto:amalie.skau.jakobsen@gmail.com]
Sendt: 27. mars 2017 09:24
Til: Kari Tjentland <Kari.Tjentland@felleskjopet.no>
Emne: Re: Masteroppgave om kraftfôrbruk

2 vedlegg

Amalie Skau Jakobsen <amalie.skau.jakobsen@gmail.com>

27.
mar.

til Kari

Dette er topp, tusen takk!

Kari Tjentland Kari.Tjentland@felleskjopet.no via felleskjopet.onmicrosoft.com

27.
mar.

til meg

Null problem, bare hyggelig å kunne hjelpe ☺

Vennlig hilsen
Kari Tjentland

Fra: Amalie Skau Jakobsen [mailto:amalie.skau.jakobsen@gmail.com]
Sendt: 27. mars 2017 10:10



Norges miljø- og biovitenskapelig universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway