BERETNING

Nr. 737 · 1997

Ægtransplantation, fysiologiske funktionsprøver og kerneavl med malkekvæg

Embryo transfer, physiological challenge test and nucleus breeding with dairy cattle

Torkild Liboriussen og Bernt Bech Andersen (red.)

Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri
Danmarks JordbrugsForskning

Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri
Danmarks JordbrugsForskning

Danmarks JordbrugsForskning har til formål at gennemføre forskning samt indsamle og opbygge viden af betydning for dansk jordbrug. I forskningen lægges bl.a. vægt på ressourceudnyttelse og miljøforhold, produkternes kvalitet og konkurrenceevne, dyrevelfærd og -sundhed samt en hurtig formidling af resultaterne.

Danmarks JordbrugsForskning er landets største sektorforskningsinstitution med ca. 1.050 ansatte. Forskningsaktiviteterne er hovedsagelig placeret ved Forskningscenter Foulum, Forskningscenter Bygholm, Forskningscenter Årslev og ved afdelinger og enheder i Lyngby, Roskilde, Flakkebjerg og Tystofte. Derudover er der syv forsøgsstationer til markforsøg.

Forskningsresultaterne publiceres i internationale, videnskabelige tidsskrifter samt i publikationer udgivet af Danmarks JordbrugsForskning. Abonnement på rapporter og tidsskrifter kan tegnes ved henvendelse til Informationsenheden på Forskningscenter Foulum.

Forskningscenter Foulum
Postboks 50, 8830 Tjele
Tlf. 89 99 19 00. Fax 89 99 19 19

Ministry of Food, Agriculture and Fisheries
Danish Institute of Agricultural Sciences

The aim of the Danish Institute of Agricultural Sciences is to carry out research and accumulate knowledge of importance to Danish agriculture. In the research, great importance is attached to the utilization of resources, to the environment, product quality and competitiveness, animal welfare and health along with a rapid and efficient dissemination of the results.

The Danish Institute of Agricultural Sciences is Denmark's largest research institute with approx. 1,050 staff members. The research activities are mainly carried out at Research Centre Foulum, Research Centre Bygholm, Research Centre Aarslev and at other departments and units in Lyngby, Roskilde, Flakkebjerg and Tystofte. Furthermore there are seven experimental stations for field trials.

The research results are published in international scientific journals and in publications from the Danish Institute of Agricultural Sciences. For subscription to reports and other publications, please contact the Information Unit at Research Centre Foulum.

Research Centre Foulum
P. O. Box 50, DK-8830 Tjele
Tel. +45 8999 1900. Fax +45 8999 1919

ISSN 0908-021X

Beretning nr. 737
fra Danmarks JordbrugsForskning

Ægtransplantation, fysiologiske funktionsprøver og kerneavl med malkekvæg

Embryo transfer, physiological challenge test and nucleus breeding with dairy cattle

Torkild Liboriussen og Bernt Bech Andersen (red.)

Trykt i Rounborgs grafiske hus ApS, Holstebro

Manuskript afleveret oktober 1997

Forord

Baggrunden for iværksættelse af FY-BI projektet var gennembruddet i ægtransplantationsteknikken samt de første grundlæggende forsøg med fysiologiske funktionsprøver. Det var nye teknikker, som nationale og internationale avlsteoretikere så store perspektiver i, og der blev udarbejdet forslag om forskellige former for MOET avlsplaner.

Derfor fremsatte Statens Husdyrbrugsforsøg og Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole i 1984 et fælles oplæg til et avlsforsøg omfattende ægtransplantationer, fysiologiske funktionsprøver og etablering af kerneavlsbesætninger. Forslaget blev behandlet af både Landbrugsministeriets Samråd for Forskning og Forsøg og kvægbrugets organisationer, og de fysiske, organisatoriske og økonomiske betingelser blev fastlagt for et FYsiologisk-BIoteknologisk forskningsprojekt. FY-BI projektet er gennemført i perioden juli 1985 til december 1995.

Finansieringen af de deciderede forskningsmæssige aktiviteter blev tilvejebragt ved bevillinger fra Landbrugsministeriets Bioteknologiprogram (Hu2a, Hu2b og Hu13), medens kvægbrugets organisationer har finansieret besætningernes drift, individprøverne og den praktiske gennemførelse af ægtransplantationerne.

Mange institutioner og enkeltpersoner har været involveret i projektets gennemførelse. Ægtransplantationsarbejdet og ET laboratoriet på Forskningscenter Foulum var under faglig ledelse fra Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole og med assistance fra lokale ET dyrlæger. Statens Husdyrbrugsforsøg har gennemført de fysiologiske funktionsprøver samt forestået planlægning og kontrol af avlsarbejdet. Kvægbrugets interesser i projektet blev varetaget af FY-BI udvalget, hvis medlemmer var udpeget af De danske Kvægavlsforeninger og raceforeningerne. Forsøgsbesætningerne var ejet af De danske Kvægavlsforeninger og opstaldet på Moesgaard, Skølvad og Brøstrupgaard. Individafprøvningen af kvier og tyre blev gennemført på henholdsvis "Ammitsbøl Skovgaard" og "Egtved".

Delresultater fra projektet er løbende præsenteret i internationale tidsskrifter, ved kongresser og kvægavlsmøder, og nærværende beretning giver en sammenfattende beskrivelse af de opnåede resultater. Mange af projektets ideer, erfaringer og resultater er allerede udnyttet i praksis, og de vil utvivlsomt også få stor betydning for den fortsatte udvikling og modernisering af kvægavlsarbejdet. FY-BI projektet er et eksempel på, at en fælles indsats af erhvervsmæssige og offentlige midler gør det muligt at etablere og gennemføre en stor og betydelig forskningsindsats. Til de mange involverede institutioner og enkeltpersoner rettes en varm tak for det mangeårige samarbejde.

Lars Gjøl Christensen
professor

Torben Greve
professor

Bernt Bech Andersen
forstander

Indholdsfortegnelse

Side

Contents 5

Sammendrag 7

Summary 9

1 Indledning 13

2 Avlsplan for projektet 15

2.1 UDGANGSMATERIALE OG FORSØGSBESÆTNINGER 15

2.2 EKSTERNE DONORER 16

2.3 INTERNE DONORER 17

2.4 FØDTE KALVE 17

2.4.1 Kviekalve efter godkendte forældre 18

2.4.2 Tyrekalve efter godkendte forældre 19

2.4.3 Afkomsundersøgte tyre 21

3 Anvendelse af ægtransplantation 23

3.1 SUPEROVULATION OG SKYLNING 23

3.1.1 Materiale og metoder 23

3.1.2 Resultater og diskussion 25

3.2 EMBRYOUDVIKLING, -KVALITET OG -BEHANDLING 31

3.2.1 Materiale og metoder 31

3.2.2 Resultater og diskussion 32

3.3 TRANSPLANTATION OG DRÆGTIGHED 33

3.3.1 Materiale og metoder 33

3.3.2 Resultater og diskussion 36

3.4 DRÆGTIGHEDSTID OG FØDSELSVÆGT 41

3.4.1 Definitioner og metoder 41

3.4.2 Sammenligning af ET- og AI-kalve 42

3.4.3 Effekt af embryonets behandling, kvalitet og udviklingstrin 43

3.4.4 Effekt af henholdsvis kvier eller køer som recipienter 44

3.4.5 Effekt af race af embryon og recipient 44

3.5 SAMMENFATNING OG KONKLUSION 45

4 Genetiske parametre for produktionsegenskaber 47

4.1 GENETISKE ANALYSER AF INDIVIDPRØVEEGENSKABER MÅLT HOS TYRE OG KVIER 47

4.1.1 Baggrund 47

4.1.2 Materiale og metoder 47

4.1.3 Statistiske modeller 48

4.1.4 Resultater og diskussion 50

4.1.5 Konklusion 55

4.2 GENETISKE ANALYSER AF 305-DAGES YDELSE OG EKSTERIØREGENSKABER 56
4.2.1 Baggrund 56
4.2.2 Materiale og metoder 56
4.2.3 Resultater og diskussion 59
4.2.4 Konklusioner 65
4.3 GENETISKE ANALYSER AF ENKELTKONTROLLERINGER AF LAKTERENDE KØERS FODEROPTAGELSE, YDELSE OG VÆGT 65
4.3.1 Materiale og metoder 65
4.3.2 Raceforskelle 67
4.3.3 Gentagelseskoefficienter og heritabiliteter 69
4.3.4 Genetiske og fænotypiske korrelationer 70
4.3.5 Sammenhæng mellem kviers og køers foderoptagelse 70
4.3.6 Konklusion 71
4.4 SAMMENFATNING OG KONKLUSION 71
5 Fysiologiske funktionsprøver 73
5.1 INDLEDNING OG LITTERATUR 73
5.2 FORMÅL MED GENNEMFØRELSE AF FYSIOLOGISKE FUNKTIONSPRØVER 80
5.3 MATERIALE OG METODER 80
5.4 RESULTATER OG DISKUSSION 85
5.4.1 Næringsstoffer og hormoner i plasma efter 24 timers faste 85
5.4.2 Adrenalintest 88
5.4.3 Væksthormon sekretionstest 91
5.4.4 Glukose tolerance test (GTT) 93
5.4.5 Genetiske sammenhænge mellem fysiologiske mål og ydelse i første laktation 95
5.4.6 Sammenhænge mellem fysiologiske variable og tilvækstegenskaber 100
5.5 KONSTRUKTION AF ET SELEKTIONSINDEKS FOR MÆLKEYDELSE PÅ GRUNDLAG AF FYSIOLOGISKE FUNKTIONSPRØVER 102
5.6 SAMMENFATNING OG KONKLUSION 106
6 Generel diskussion og konklusion 107
Litteratur 109

Contents

Page

Summary 9

1 Introduction 13

2 Breeding scheme for the project 15

2.1 EXPERIMENTAL HERDS 15

2.2 EXTERNAL DONORS 16

2.3 INTERNAL DONORS 17

2.4 CALVES BORN 17

2.4.1 Test procedures for females 18

2.4.2. Test procedures for males 19

2.4.3 Males entering the national testing programme for AI-bulls 21

3 Application of embryo transfer 23

3.1 MULTIBLE OVULATION AND FLUSHING 23

3.1.1 Material and methods 23

3.1.2 Results and discussion 25

3.2 DEVELOPMENT, QUALITY AND TREATMENT OF EMBRYOS 31

3.2.1 Material and methods 31

3.2.2 Results and discussion 32

3.3 TRANSFER AND PREGNANCY 33

3.3.1 Material and methods 33

3.3.2 Results and discussion 36

3.4 GESTATION LENGTH AND BITRH WEIGHT 41

3.4.1 Definitions and methods 41

3.4.2 ET-calves versus AI-calves 42

3.4.3 Effect of pre-implantation treatment, quality and stage of development of embryos 43

3.4.4 Heifers versus cows as recipients 44

3.4.5 Effects of breed of embryos and recipients 44

3.5 SUMMARY AND CONCLUSION 45

4 Genetic parameters for production traits 47

4.1 GENETIC ANALYSIS OF CHARACTERS RECORDED BY PERFORMANCE TESTING OF YOUNG BULLS AND HEIFERS 47

4.1.1 Introduction 47

4.1.2 Material and methods 47

4.1.3 Statistical models 48

4.1.4 Results and discussion 50

4.1.5 Conclusion 55

4.2 GENETIC ANALYSIS OF 305-DAYS LACTATIONS AND DAIRY TYPE TRAITS 56
4.2.1 Introduction 56
4.2.2 Material and methods 56
4.2.3 Results and discussion 59
4.2.4 Conclusion 65
4.3 GENETIC ANALYSIS OF TEST DAY RECORDS ON FEED INTAKE, YIELD AND WEIGHT OF LACTATIONG COWS 65
4.3.1 Material and methods 65
4.3.2 Differences among breeds 67
4.3.3 Repeatability and heritability 69
4.3.4 Genetic and phenotypic correlations 70
4.3.5 Relations to heifer performance test results 70
4.3.6 Conclusion 71
4.4 SUMMARY AND CONCLUSION 71
5 Physiological challenge tests 73
5.1 INTRODUCTION AND REVIEW OF LITERATURE 73
5.2 THE AIMS OF PHYSIOLOGICAL CHALLENGE TESTS 80
5.3 MATERIAL AND METHODS 80
5.4 RESULTS AND DISCUSSION 85
5.4.1 Plasma metabolites and hormones following 24 hours fasting 85
5.4.2 The adrenaline challenge test 88
5.4.3 The growth hormone release challenge test 91
5.4.4 The glucose tolerance challenge test 93
5.4.5 Genetic relations between challenge tests and yield in first lactation 95
5.4.6 Relations between challenge tests and beef performance tests 100
5.5 CONSTRUCTION OF A SELECTION INDEX FOR MILK YIELD BASED ON PHYSIOLOGICAL CHALLENGE TESTS 102
5.6 SUMMARY AND CONCLUSION 106
6 General discussion and conclusion 107
Literature 109

Sammendrag

FY-BI projektet blev gennemført i perioden 1985-1995 i et samarbejde mellem Statens Husdyrbrugsforsøg, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole og kvægbrugets organisationer. Det overordnede formål var at afprøve en åben MOET-avlsplan under stationsbetingelser, samt at udføre forskning og udvikling inden for embryoteknik og fysiologiske funktionsprøver.

Rammen omkring projektet var de foreningsejede forsøgsgårde Skølvad, Brøstrupgaard og Moesgaard samt EGTVED's forsøgsstationer "Ammitsbøl Skovgaard" og "Egtved". Besætningerne bestod af ca. 250 årskøer + opdræt af racerne RDM, SDM, Jersey og DRK, og de tilhørte De danske Kvægavlsforeninger.

Ved skylning af eksterne og interne donorer blev der årligt produceret ca. 400 embryoner. Kalve efter godkendte forældre gennemførte en traditionel individprøve samt fysiologiske funktionsprøver. Kvierne blev indsat i forsøgsbesætningerne, hvor der blev foretaget udvidede registreringer af ydelse, foderoptagelse, vægt og eksteriør. Ca. 1/3 af de individafprøvede tyre blev indsat på tyrestationer, hvor de gennemførte det nationale afprøvningsprogram.

Der blev superovuleret i alt 596 donorer, og heraf var 70 skyllet 2 eller flere gange. Resultatet var 5.218 æg eller 8,8 pr. påbegyndt donor. Skylleresultaterne var signifikant påvirket af race med de bedste resultater for RDM og DRK. Heritabiliteten for antal æg/embryoner pr. behandling var 0,2-0,3.

Superovuleringen og den efterfølgende skylning medførte et kortvarigt, mindre fald i mælkeydelsen og en stigning i fedt- og proteinprocenten. Behandlingen påvirkede ikke donorernes efterfølgende reproduktionsforhold. Der fandtes en tendens til positiv sammenhæng mellem kviernes årsvægt og antal embryoner pr. skylning, medens alderen ved skylning ikke havde nogen specifik effekt.

Der blev foretaget en systematisk vurdering af embryonernes kvalitet og udvikling. Drægtighedsprocenten var som gennemsnit 51 for frisk overførte embryoner og 39 for frosne. For de frosne embryoner blev der opnået en stigende succesrate gennem årene. Embryokvaliteten havde en meget stor effekt på drægtighedsprocenten, men ikke på abortfrekvensen. ET medførte en forlængelse af drægtighedsperioden på 1,8 dage, og den var længst for de dårlige og/eller mindst udviklede embryoner. Kalvenes fødselsvægt og årsvægt var ikke påvirket af hverken ET eller embryonernes kvalitet og behandling. Raceforskelle i drægtighedsperiodens længde og fødselsvægt kunne i overvejende grad henføres til embryonets race.

I alt 584 tyrekalve og 371 kviekalve gennemførte individprøven. Heritabilitetesestimaterne for tilvækst, foderoptagelse og muskelareal var højere end ved de ordinære individprøver. Bortset fra muskelarealet så var der en lav genetisk korrelation mellem samme egenskab målt på de to køn.

Ydelses- og eksteriøregenskaberne registreret i forsøgsbesætningerne havde relativt høje heritabilitetskoefficienter. Det viser, at der ved stationsafprøvning kan opnås mere sikre avlsværdital end ved feltafprøvning.

I alt 344 1. kalvs køer blev kontrolleret for foderoptagelse. I forhold til kropsvægten havde Jersey den højeste og DRK den laveste foderoptagelse. Med den anvendte registreringsmetode var heritabiliteten for optagelse meget lav, og dermed ikke egnet som selektionsgrundlag. Der fandtes en positiv sammenhæng mellem kviernes vækst og Ku-tal og deres senere foderoptagelse som 1. kalvs køer.

En betydelig del af den forskningsmæssige indsats i FY-BI projektet omfattede udvikling og afprøvning af fysiologiske funktionsprøver. Der blev gennemført en række metodestudier i Danmark, Norge, Holland og Skotland. Selve hovedforsøget omfattede i alt 823 kalve, med kviekalvene afprøvet på "Ammitsbøl Skovgaard" og tyrekalvene på "Egtved".

Afprøvningsprotokollen omfattede faste samt stimulering med GRF, Adrenalin og Glukose. De udtagne blodprøver blev analyseret for glukose, frie fedtsyrer, urea, væksthormon og insulin.

De forskellige måls egnethed som indirekte selektionskriterium blev vurderet ud fra heritabilitetens størrelse, den genetiske korrelation til mælkeydelsen og sammenhængen mellem resultaterne for henholdsvis tyre og kvier. Ud fra disse kriterier blev der udvalgt 6 fysiologiske mål, som indgik i konstruktionen af et fysiologisk indeks, og dettes egnethed til at bestemme dyrets avlsværdi for mælkeydelse blev beregnet. Resultaterne viser, at man ved at kombinere al den information om dyrets fysiologi, som kan uddrages af en fysiologisk funktionsprøve, kan bestemme det pågældende dyrs avlsværdi for ydelse med en sikkerhed, som svarer nogenlunde til den sikkerhed, man opnår ud fra kendskab til ydelsen i en enkelt laktationsperiode. Fysiologiske funktionsprøver kan derfor benyttes til at frasortere ungtyre med ringe anlæg for ydelse. Resultaterne fra FY-BI projektet bør dog først verificeres i andre forsøg.

Summary

This report brings the results from the Danish MOET breeding experiment with dairy cattle, the so-called "FY-BI project", which has been carried out from 1985 to 1995 as a co-operation between The Danish Institute of Animal Science, The Royal Veterinary and Agricultural University, and the Danish Cattle Organisations.

The main objectives were:

- to improve the reproduction techniques associated with Multiple Ovulation and Embryo Transfer,
- to reinforce procedures for testing and selection of heifers and cows to be used as donors in central breeding herds, and
- to develop a physiological challenge test on juvenile males and females as a criteria for indirect mass selection of juvenile dairy cattle of both sexes,

while operating an experimental breeding scheme for production of AI-bulls to the national breeding program for dairy breeds.

Four breeds were included, namely the Red Danish (RDM), the Danish Friesian (SDM), the Danish Jersey (DJ) and the Danish Red and White (DRK). The lactating cows were situated on 3 dairy farms, owned by local AI-organisations, with a total capacity of 240 cows.

Chapter 2 describes the breeding scheme and the selection of external and internal donors. In the initial phase cows and heifers on the experimental farms served entirely as recipients for embryos that were obtained from donors selected among cows that fulfilled the requirements set by each breed organisation for conventional bull dams (external donors).

Female offspring from external donors, and later on also from internal donors, were tested for growth rate, feed intake capacity and muscularity (by ultrasonic scanning) in the age interval from 3-12 months. At 15 month of age, their physical development were evaluated and the best one third was selected as juvenile donors, while the remaining two thirds were used as recipients. Selection of juvenile internal donors was based on a "heifer-index" which weighted the updated pedigree information on total merit with the candidate's own performance on growth rate, feed intake and muscularity. Juvenile donors were flushed once, and then re-inseminated to obtain pregnancy. After the first two months of first lactation all females were re-evaluated in order to select adult internal donors. The additional information, compared to their evaluation as heifers, was their own milk production and dairy type scores. Truncation for selection was set to ensure that 20-25 percent within each breed could qualify. Adult internal donors were evaluated again after first flush, and if they still qualified and a second flush was possible

within the first 7-8 month after calving, a second flushing was attempted, before they were re-inseminated for obtaining a new pregnancy.

Internal juvenile donors had on average 3.3 offspring and a generation interval of 30.9 months. Internal adult donors had on average 5.8 offspring and a generation interval of 48.0 months. Donors that were selected both as heifers and as cows had on average 7.5 offspring and an average generation interval of 38.6 months.

Male offspring from external and internal donors were sent to the official performance test station "Egtved", where they were tested for growth rate, feed intake capacity and muscularity (by ultrasonic scanning) in the age interval from 1.5-11 months. Those who met the quality standards for young bulls for AI-breeding were then transferred to local AI-stations, and entered the test programme for breeding bulls, which included a progeny test.

So far 150 bulls have been progeny tested, and their mean breeding value was similar to that of contemporary AI-bulls in the national breeding programme.

Chapter 3 brings results from superovulation and embryotransfer. Pregnancy rates, abortion rates, gestation length and birth weight were examined in order to investigate the effects of differences in embryonic development, and quality and treatments of embryos prior to transfer to recipients. Also factors associated with the recipients were investigated.

In total 596 donors were superovulated, and 5.218 ova/embryos were collected and evaluated. The following conclusions were made:

1. Use of PMSG antiserum had no effect on response or quality of embryos in donors treated with PMSG.
2. Double inseminations of donors had no effect on number of transferable embryos, given that a single insemination was made at the optimal time.
3. Cows yielded on average two embryos more than heifers.
4. RDM and DRK donors responded better than SDM and DJ, and gave on average two embryos more per flushing.
5. Variation in age at treatment from 15 to 21 months had no influence on embryo yield in heifers. A slight positive relation between weight at one year and number of embryos was observed.
6. Response to superovulatory treatment is a trait with a moderate heritability in dairy cattle. Estimates of heritability were between 0.15 and 0.31.
7. Actual daily output of milk is depressed and its content of protein and fat is higher in a short period immediately after flushing. No long term effects were observed on either yield nor fertility.
8. No differences were found in development rate among male and female embryos.
9. Pregnancy rates were 20 percentages units lower for frozen embryos than for fresh embryos.

10. Pregnancy rates decline considerably if donor and recipient are more than 24 hours different in oestrus cycles.
11. ET-calves had on average 1.8 days longer gestation length than AI-calves. No differences were found in abortion rates, birth weight and yearling weight.

Breed of recipient had no or only minor effect on pregnancy rate, gestation length, birth weight and yearling weight.

Chapter 4 is devoted the question of accuracy of estimating breeding values for production traits, when individual performance is recorded in test stations or on experimental farms.

1. Estimates of heritability for daily gain and feed intake capacity of male and female calves from the FY-BI project were higher than heritability estimates for the same traits measured at the ordinary performance tests.
2. Genetic correlations between identical traits, but measured on males and females respectively, were generally low for both growth rate and feed intake capacity.
3. Positive genetic correlations were, however, found between yearling weight of heifers and daily gain, yearling weight and feed intake capacity of young bulls.
4. A negative genetic correlation were found between daily gain of young bulls and milk yield of cows. This result is in conflict with those of previous investigations.
5. Heritability estimates for first lactation yields of milk, fat and protein were higher (0.42) than when estimated from field data.
6. Very high genetic correlations were found between yield traits recorded in different lactations.
7. Yields of milk, fat and protein were highly correlated genetically (0.65 to 0.88).
8. The heritability of type traits as recorded on the three experimental farms, were also higher, than in most investigations based on field data.
9. Higher accuracy is therefore expected when breeding values of dairy cows are calculated from records from experimental stations or central nucleus herds, than from field records.
10. Individual feed intake was estimated from test day records of ad libitum feed intake of cows during 1. lactation, and related to actual milk yield and cow weight. Heritability estimates of feed intake were low (0.03 to 0.11). Genetic correlations between milk yield and feed intake were also low, while high genetic correlations were found between feed intake and cow weight. Direct selection for high feed intake, based on test day records of individual feed intake cannot be recommended because of low accuracy.

Chapter 5 presents the results from the physiological performance tests of male and female calves. The main experiment involved more than 800 calves (males and females), which at an age of approx. 9 month were subjected to a test during which they were treated with a sequence of fasting, and injections with Growth hormone Releasing Factor (GRF), adrenaline, and glucose, and blood sampled with short intervals. Concentrations of free fatty acids, glucose, insulin and growth hormone were measured in the blood samples, and treatment-response curves were constructed for each individual animal. From each of these response

curves three parameters were derived, in order to describe individual variation between animals, namely *baseline, peak and degradation rate.* Heritabilities of these physiological parameters, and genetic correlations between these and milk production traits were estimated.

From these analyses it is concluded:
The most promising candidates for a physiological test of juvenile animals in regard to their expected breeding values for milk production are:

1. A glucose tolerance test where rate of glucose degradation and top of insulin concentration gives most information.
2. A growth hormone release test induced by injection of GRF, where rate of growth hormone degradation gives most information.
3. An adrenaline injection test, where base level and peak of free fatty acids gives most information.

By combining all the information from such a series of physiological tests in a selection index an accuracy corresponding to that obtained by recording the candidates own milk yield in a single lactation period might be obtained. The results of this investigations should, however, be verified by other experiments before individual selection based on results from a physiological challenge test is practised.

1 Indledning

Superovulation, ægtransplantation, fysiologiske funktionsprøver og kerneavlsplaner er ord og begreber, som nu indgår i mange kvægavleres overvejelser, men som var ukendte for de fleste i begyndelsen af 1980'erne. Allerede i 1970'erne var enkelte fremsynede avlsteoretikere imidlertid begyndt at tænke over ægtransplantationers potentielle betydning for kvægavlen (bl.a. Hansen & Neimann-Sørensen, 1974; Land & Hill, 1975; Nicholas, 1979). Det egentlige gennembrud kom i 1983 med publiceringen af en artikel af F.W. Nicholas og Charles Smith med titlen "Increased rates of genetic change in dairy cattle by embryo transfer and splitting", Nicholas and Smith (1983). Artiklen introducerede begrebet MOET-avlsplaner (Multiple Ovulation Embryo Transfer) og viste ved beregningseksempler, at man ved systematisk brug af superovulationer og ægtransplantationer i en lukket population på nogle få hundrede dyr, teoretisk set kunne opnå en avlsmæssig fremgang, som var fuldt på højde med det teoretisk opnåelige ved en konventionel avlsplan for malkekvæg. MOET-avlsplanerne afveg bl.a. fra konventionelle avlsplaner ved at tolerere lavere sikkerhed ved udvælgelsen af avlsdyr for at få meget kortere generationsintervaller.

I slutningen af 1970'erne var der udviklet laboratoriemetoder, som gjorde det overkommeligt at bestemme små koncentrationer af metabolitter og hormoner i blodprøver. Flere undersøgelser (bl.a. Joakimsen et al., 1971; Tilakaratne et al., 1980; Sørensen et al., 1981 og Sejrsen et al., 1984) sandsynliggjorde, at der kunne opnås betydelig viden om tyre- og kviekalves anlæg for mælkeydelse ud fra fysiologiske undersøgelser. MOET-avlsplaner, kombineret med fysiologiske funktionsprøver, kunne blive et stærkt alternativ til de konventionelle avlsplaner for malkekvæg. En vigtig forudsætning var imidlertid, at ægtransplantationsteknikken blev udviklet og forbedret, så der kunne opnås bedre og mere ensartede reproduktionsresultater. Derfor blev det i samråd med kvægbrugets organisationer besluttet at gennemføre et FYsiologisk-BIoteknologisk avlsforsøg.

Det overordnede formål med projektet var:
- at etablere kerneavlsbesætninger ved optimal anvendelse af ægtransplantationer
- at afprøve en åben MOET-avlsplan under kontrollerede betingelser
- at bidrage til en fortsat udvikling og forbedring af ægtransplantationsteknikken
- at udvikle og afprøve metoder til fysiologiske funktionsprøver.

Desuden skulle de aktuelle afprøvnings- og forsøgsstationer kunne fungere som rammen omkring mere specifikke avls- og produktionsbiologiske forsøg.

Avlsprogrammet var planlagt af Afd. for Forsøg med Kvæg og Får og udført i samarbejde med De danske Kvægavlsforeninger og raceforeningerne for henholdsvis RDM, SDM, Jersey og DRK. Det var en åben MOET-avlsplan, som årligt skulle producere ca. 200 kalve efter selekterede forældre. Tyrekalvene skulle individprøves og herefter afprøves i det nationale afprøvningsprogram for avlstyre, hvis de opfyldte raceforeningernes krav til ungtyre. Kviekalvene skulle også gennemgå en afprøvning, der omfattede både opdrætningsperioden og 1. laktation. I etableringsfasen skulle embryonerne tilvejebringes ved superovulation og skylning af tyremødreemner, udvalgt af de respektive raceforeninger (*eksterne* donorer). Fra 1987 skulle en stigende del af embryonerne produceres ved superovulation og skylning af de bedste kvier og 1. kalvs køer i den avlskerne, som blev opbygget i etableringsfasen og fremavlet i avlsprogrammet (*interne* donorer).

De Danske Kvægavlsforeninger indgik aftale med Kvægavlsforeningen for Ringkøbing Amt, Kvægavlsforeningen Vestjyden og Sønderjysk Kvægavlsforening om anvendelse af henholdsvis Moesgaard, Skølvad og Brøstrupgaard som forsøgsgårde. De tre gårde havde hver plads til ca. 80 malkekøer i en traditionel båsestald med mulighed for individuel fodring. Aftalen indebar bl.a., at De danske Kvægavlsforeninger overtog de eksisterende malkekvægsbesætninger på Moesgaard og Skølvad og indsatte en ny besætning på Brøstrupgaard. Forsøgsgårdene forpligtedes til at følge forsøgsledelsens anvisninger for avl, fodring, pasning og registrering. Der blev desuden indgået aftaler med institutionen EGTVED om individprøvning af tyrekalve på avlsstationen "Egtved" og individprøvning af kviekalve på "Ammitsbøl Skovgaard".

Mange af projektets resultater er løbende præsenteret i internationale tidsskrifter, ved kongresser og lign., og i denne beretning gives en sammenfattende beskrivelse af projektets gennemførelse og de opnåede resultater. I afsnit 2 beskrives det overordnede avlsprogram og arbejdets praktiske gennemførelse. Afsnit 3 omhandler henholdsvis de tekniske og produktionsmæssige aspekter ved superovulation og ægtransplantation og i afsnit 4 præsenteres genetiske parametre for produktionsegenskaber registreret på individprøvestationerne og FY-BI gårdene. De fysiologiske funktionsprøver er beskrevet i afsnit 5, som også indeholder resultater af genetiske analyser af udvalgte fysiologiske parametre og disses korrelationer til ydelsesegenskaber. Endelig er der i afsnit 6 givet en generel diskussion og konklusion.

2 Avlsplan for projektet

Torkild Liboriussen og Just Jensen

Avlsplanen for projektet var baseret på systematisk brug af ægtransplantation. Formålet var:

- at etablere en kerneavlsbesætning med høj avlsværdi;
- at fortsætte avlsarbejdet i denne ved stærkt udvalg af hunlige avlsdyr, baseret på tidlige informationer;
- at producere et betydeligt antal (200-250) avlstyre, som var kvalificerede til at indgå i det nationale afprøvningsprogram for AI-tyre.

2.1 UDGANGSMATERIALE OG FORSØGSBESÆTNINGER

De tre forsøgsgårde havde i perioden 1974 til 1985 været værter for et avlsforsøg med Holstein Friesian og SDM. Inden besætningen på Moesgaard blev købt af De Danske Kvægavlsforeninger og stillet til rådighed for FY-BI projektet, blev kvier med særlig høj avlsværdi frasolgt og erstattet med kælvekvier af middel avlsværdi. På Brøstrupgaard var den eksisterende besætning gennemsmittet med IBR og blev derfor udskiftet med indkøbte dyr af SDM og Jersey. Besætningen på Skølvad måtte i 1988 gennem en IBR-sanering, som indebar, at næsten alt opdræt og en del af køerne fra det tidligere forsøg blev slagtet. De indkøbte erstatningsdyr var hovedsagelig SDM kælvekvier af middel avlsværdi.

Udgangsmaterialet for projektet var således ca. 250 køer med opdræt, overvejende SDM, men også en del RDM og Jersey. Ingen af dyrene var af en avlsmæssig kvalitet, så de kunne godkendes som tyremødre, og i starten blev alle kvier og køer i forsøgsbesætningerne derfor udelukkende benyttet som recipienter.

Ifølge projektplanen skulle der årligt produceres 4-500 embryoner. I de første år blev disse tilvejebragt ved skylning af eksterne donorer (ED). Fra 1988 og frem blev en stigende andel af donorerne udvalgt i forsøgsbesætningerne som interne donorer (ID).

Den langsigtede plan for forsøgskøernes fordeling på race og station var som følger:

	RDM	SDM	JER	DRK
Brøstrupgaard	-	45	35	-
Moesgaard	-	70	-	10
Skølvad	45	35	-	-

Kostaldene på forsøgsgårdene var båsestalde med gødningsriste, hver med plads til opbinding af ca. 80 malkekøer. I de første år var køerne på stald hele året, men fra 1989 blev de lukket på græs i mindst 6 uger om året i perioden 15. juni - 15. september.

Malkekøerne blev fodret ad libitum med kløvergræs eller ensilage fremstillet af kløvergræs, byghelsæd eller roetop. Uanset ydelse fik alle dyr i de første 20 laktationsuger tildelt kraftfoder, roer og melasse i et omfang, som muliggjorde en samlet daglig optagelse på 18 FE for 1. kalvs køer og 19,5 FE for øvrige køer af de store racer. Fra 21. laktationsuge blev den individuelle tildeling af kraftfoder afstemt efter ydelse og huld. Ad libitum foderet udgjorde mindst 30% af den samlede dagsrations tørstof, og foderplanerne var optimeret m.h.t. protein-, fedt- og mineralindhold til en årsydelse på 9500 kg 4%-mælk.

Kalvene blev anbragt i enkeltbokse efter fødslen til ca. 2 måneders alder, hvor de blev fravænnet mælkefodringen. Fra 3 mdrs. til 12 mdrs. alder gik de i fællesbokse og blev fodret efter en plan, som tilsigtede en gns. daglig tilvækst på 650-700 g/dag (Jersey dog kun 450-500 g/dag). Fra 1989 til 1994 blev kviekalvene individprøvet på"Ammitsbøl Skovgaard". Fra 12-17 mdrs. alderen var kvierne på Skølvad opbundne, mens de gik i fællesbokse med spaltegulv på Moesgaard og Brøstrupgaard. Der blev tilstræbt ikælvning ved 16-17 mdrs. alder. Drægtige kvier var enten på græs eller gik i fællesbokse på spalter til ca. 1 måned før forventet kælvning. Den sidste måned før kælvning var kvierne opstaldet sammen med malkekøerne og blev tilvænnet fodringen.

Forsøgsaktiviteterne på gårdene har især været koncentreret om reproduktion, og de vil blive nærmere beskrevet i kapitel 3. Kontrolforeningerne har udført ydelseskontrol hver 2. uge, og afkomsinspektørerne har udført eksteriørbedømmelser af kvier og køer. Fra 1988 til 1993 har forsøgsteknikere fra Statens Husdyrbrugsforsøg registreret individuel foderoptagelse og vægt med 14 dages interval på alle 1. kalvs køer i perioden fra oktober til juni.

2.2 EKSTERNE DONORER

De eksterne donorer blev udvalgt af særlige FY-BI udvalg nedsat af de respektive raceforeninger. Aktuelle donorkandidater blev anvist af lokale avlskonsulenter. Kvalitetskrav og selektionskriterier svarede til de, som var gældende for traditionelle tyremødre. Efter FY-BI udvalgenes besigtigelse og godkendelse fik donorejeren tilbudt en kontrakt, som fastlagde de økonomiske betingelser for, at FY-BI projektet kunne foretage superovulering og skylning inden for en nærmere angivet periode. Samtidig blev det meddelt hvilken tyrefader, der skulle anvendes til inseminering.

Tabel 2.1 viser det totale antal godkendte donorer samt deres gennemsnitlige avlsværdital på godkendelsestidspunktet. Der blev i alt indgået 458 aftaler om skylninger, fordelt på 251 besætninger. Desuden blev der købt embryoner fra 11 SDM-kvier.

Tabel 2.1 Eksterne donorer og deres gennemsnitlige Y- og S-indekser
External donors and their mean breeding values for yield (Y-indeks) and total merit (S-indeks)

	RDM	SDM	JER	DRK
n	84	285	68	21
Y-indeks	113,6	115,3	113,7	113,9
S-indeks	113,9	111,7	112,7	111,1

2.3 INTERNE DONORER

De interne donorer blev udvalgt blandt dyr med godkendt afstamning. Betingelserne var, at moderen skulle være enten ekstern donor eller godkendt intern donor, og faderen en godkendt tyrefader. Forældreskabet blev kontrolleret ved blodtypetest.

Kviekalve efter godkendte forældre blev individprøvet i aldersintervallet fra 84-360 dage. Fra 1989 til 1994 foregik individprøven på "Ammitsbøl Skovgaard", og afprøvningen blev gennemført efter de samme retningslinier som var gældende for de ordinære individprøver af tyrekalve på Egtved. Der blev løbende beregnet avlsværdital for de kvier, som afsluttede individprøven, baseret på forældrenes aktuelle S-indekser og kviernes egne I-indekser. Disse kvieindekser svarede i princippet til de ungtyreindekser, som beregnes for individprøvede tyre. Desuden blev kvierne kåret af racernes afkomsinspektører ved en alder af 13-15 måneder.

Alle forsøgskøer blev ydelseskontrolleret hver 14. dag, og inden for de første 2 måneder efter kælvning kåret af racernes afkomsinspektører. Herefter blev der beregnet foreløbigt S-indeks. De bedste af kvierne og 1. kalvs køerne blev, ud fra avlsværditallene, indstillet som interne donorer. I Tabel 2.2 er der givet en oversigt over udvælgelsen af interne donorer frem til 1. marts 1994.

Tabel 2.2 Udvælgelse af interne donorer blandt henholdsvis kvier og 1. kalvs køer
Selection of internal donors among heifers and primiparous cows

	RDM	SDM	JER	DRK
Kvier (*Heifers*)				
Vurderet (*Evaluated*), n	96	291	51	22
Godkendte (*Selected*), n (%)	25 (26%)	75 (26%)	13 (25%)	3 (14%)
Køer (*Cows*)				
Vurderet (*Evaluated*), n	48	181	30	17
Godkendte (*Selected*), n (%)	8 (17%)	50 (28%)	12 (40%)	3 (18%)

2.4 FØDTE KALVE

I avlsprogrammet blev der skelnet mellem afkom efter godkendte forældre og afkom efter ikke-godkendte forældre. Den første gruppe omfattede afkom efter eksterne og interne donorer, og kun dyr fra denne gruppe blev individprøvet og kunne udvælges til interne donorer.

Der blev født i alt 2317 levende kalve frem til 1. juli 1995. Heraf var 770 efter eksterne donorer og 677 efter interne donorer. Tabel 2.3 viser antal tyre- og kviekalve født i de enkelte år, samt de enkelte årganges fordeling på henholdsvis eksterne og interne donorer og ikke-godkendte mødre. Siden 1987 er der årligt født omkring 250 kalve. Dette må betegnes som tilfredsstillende i betragtning af den høje andel af ET-kalve, og målsætningen med ca. 200 kalve efter godkendte forældre er opfyldt.

De forsøgsmæssige parringer blev indstillet pr. 1. marts 1994, hvorefter skylning af kvier næsten blev indstillet. Mange af kvierne blev i stedet insemineret med tyrefædre, og afkommet efter disse insemineringer er henregnet til avlsgruppen ikke-godkendte. Det er årsagen til, at denne gruppes andel øgedes til 38% i 1995.

Tabel 2.3 Antal tyre- og kviekalve født i de enkelte år samt deres fordeling på avlsgrupper
Distribution of calves on sex, breeding groups (ED = external donors, ID = internal donors, ikke godk. = unselected dams) and year of birth

Fødselsår *Year of birth*	♂	♀	ED, %	ID, %	Ikke-godkendt, %
1985	6	11	0	0	100
1986	65	57	23	0	77
1987	118	157	39	0	61
1988	117	113	49	2	49
1989	143	140	34	20	46
1990	128	125	51	19	30
1991	153	130	48	30	22
1992	151	107	38	42	20
1993	132	114	17	61	22
1994	113	127	9	66	25
1995*)	57	53	0	62	38
Total	1183	1134	33	29	38

*) til 1/7-1995.

2.4.1 Kviekalve efter godkendte forældre

Det hunlige afkom efter de eksterne donorer udgjorde udgangsmaterialet for det interne avlsprogram med selektion af interne donorer. Der blev i hele perioden født 374 kviekalve efter eksterne donorer, og af disse nåede 308 at få Y- og S-indekser baseret på minimum én laktation. Samtidig med døtrene efter de eksterne donorer var der 206 døtre af 1. generation efter ikke-godkendte mødre.

Tabel 2.4 viser en sammenligning af de to gruppers Y- og S-indekser, dels med og dels uden korrektion for fædrenes avlsværdital. Døtre efter eksterne donorer var 7,1 Y-indeksenheder og 5,8 S-indeksenheder bedre end døtre efter ikke-godkendte mødre. Korrigeres for forskelle i fædrenes avlsværdier, reduceres forskellene til 3,3 Y-indeksenheder og 4,0 S-indeksenheder. De eksterne donorer har således haft en reel avlsmæssig overlegenhed i forhold til ikke-godkendte mødre på 6,6 Y-indeksenheder og 8,0 S-indeksenheder. De ikke-godkendte mødres gennemsnitlige Y- og S-indeks var henholdsvis ca. 103 og ca. 101. Vurderet ud fra deres døtres præstationer i forsøgsbesætningerne burde de eksterne donorers gennemsnitlige Y- og S-indekser således have været ca. 110, hvilket er 4-5 enheder lavere end gennemsnittet af de indekser, de stod med, da aftalerne om skylning blev truffet (se Tabel 2.1). Vore resultater bekræfter således en tidligere undersøgelse (Pedersen, 1992), som også viste, at tyremødre generelt var overvurderet i 1980'erne.

Tabel 2.4 Sammenligning af Y- og S-indekser for døtre efter henholdsvis eksterne donorer og døtre efter samtidige ikke-godkendte mødre, med og uden korrektion for forskelle i fædrenes avlsværdital
Comparison of Y- and S-indices for daughters of external donors and daughters of contemporary unselected dams, with og without correction for differences in estimated breeding values of the sires

	Y-indeks (*Y-index*)		S-indeks (*S-index*)	
Korrekt. for fædre (*Correct. for sires*):	+	-	+	-
A: Døtre efter eksterne donorer *Daught. after external donors* n = 308, L-S means*)	109,0	109,5	108,4	109,3
B: Døtre efter ikkegodkendte mødre *Daught. after unselected dams* n = 206, L-S means*)	105,7	102,4	104,4	103,5
Difference A-B	3,3	7,1	4,0	5,8

*) Model: Y = Avlsgruppe + Race + Årgang + (b × Fars indeks) + e.
Breeding group + Breed + Year + (b × Sire's index) + e.

Blandt kviekalvene efter eksterne donorer fik 122 selv afkom. Heraf blev 70 skyllet som kvier (ID-kv), 34 som køer (ID-ko) og 18 som både kvier og køer (ID-kv+ko). Kvierne blev forsøgt skyllet én gang, og køerne to gange, hvorefter der blev foretaget inseminering. Tabel 2.5 viser det gennemsnitlige antal afkom pr. donor, samt mødrenes gennemsnitlige alder ved afkommets fødsel. Som det ses, kombinerer avlsgruppen ID-kv+ko et lavt generationsinterval med mange kalve pr. donor.

Tabel 2.5 Afkomsgruppestørrelse og generationsinterval for interne donorer
Family size and generation interval for donors flushed as either heifer (ID-kv), cow (ID-ko) or as heifer and cow (ID-kv+ko)

	Avlsgruppe (*Breeding group*)		
	ID-kv	ID-ko	ID-kv+ko
Antal donorer (*Number of donors*)	70	34	18
Afkom/donor (*Progeny/donor*) gns. (*mean*)	3,3	5,8	7,5
Generationsinterval (mor-afkom), mdr. (*Generation interval (Dam-progeny), mth*)	30,9	48,0	38,6

2.4.2 Tyrekalve efter godkendte forældre

I løbet af projektperioden er der indsat 665 tyrekalve til individprøve på avlsstationen "Egtved". I samme periode blev der afprøvet 2.917 andre potentielle avlstyre på "Egtved". Ved individprøven fastlægges dyrets avlsværdi for vækstevne (T-tal), muskelfylde (U-tal) og foderoptagelses-

evne (Ku-tal). Disse avlsværdital er udtrykt i procent af racens gennemsnit med 100 som reference. Endelig beregnes et samlet individprøveindeks (I-indekset) ved vægtning af de ovennævnte egenskaber i henhold til de enkelte raceforeningers prioritering af disse. I-indekset er standardiseret til et racegennemsnit på 100 og en spredning på 5. For nærmere oplysninger om afprøvningen og beregningsmetoden henvises til de årlige beretninger fra forsøgsstationer for kvægproduktion.

FY-BI kalvenes individprøveresultater er sammenholdt med de øvrige kalves ved en GLM-analyse efter følgende model:

	Effekt	Effekttype
Y =	Årgang	Systematisk
	+ Gruppe (FY-BI, øvrige)	Systematisk
	+ Race	Systematisk
	+ Gruppe × Race	Systematisk
	+ Restvariation	Tilfældig

Effekten af gruppe var signifikant for alle indekser med undtagelse af U-tallet. FY-BI kalvene har ca. 1 enhed lavere T-tal, Ku-tal og I-indeks end de øvrige, og som det fremgår af Tabel 2.6, er FY-BI kalvenes individprøveindekser lavere end øvrige kalves, uanset race.

Tabel 2.6 Individprøveindekser for henholdsvis FY-BI kalve og øvrige kalve, afprøvet på "Egtved" i perioden 1986-1996, LSmeans ± s.e.
Performance test indices for calves from the FY-BI project (FY-BI) and other potential breeding bulls (øvrige), respectively, tested at "Egtved" from 1986 to 1996, LSmeans ± s.e.

Race (*Breed*)	RDM	SDM	DJ	DRK
Antal dyr (*n*)				
Øvrige	731	1.381	359	7
FY-BI	109	387	57	29
T-tal (*Growth index*)				
Øvrige	100,6 ± 0,2	100,4 ± 0,1	99,9 ± 0,2	102,2 ±1,7
FY-BI	99,2 ± 0,4	99,7 ± 0,2	99,1 ± 0,5	100,5 ± 0,8
U-tal (*Muscle index*)				
Øvrige	99,6 ± 0,1	99,7 ± 0,1	-	102,0 ± 1,4
FY-BI	100,2 ± 0,4	100,0 ± 0,2	-	99,4 ± 0,7
Ku-tal (*Feed intake index*)				
Øvrige	100,4 ± 0,1	100,0 ± 0,1	100,3 ± 0,1	100,5 ± 1,0
FY-BI	99,2 ± 0,2	99,1 ± 0,1	99,4 ± 0,3	99,6 ± 0,5
I-indeks (*Performance test index*)				
Øvrige	100,3 ± 0,2	100,0 ± 0,2	100,6 ± 0,3	104,0 ± 2,1
FY-BI	99,0 ± 0,5	99,4 ± 0,3	98,6 ± 0,7	99,9 ± 1,0

FY-BI kalvenes dårligere individprøveresultater kan tilskrives, at de, i modsætning til øvrige kalve, gennemgik en fysiologisk funktionsprøve i aldersintervallet 8-9 mdr. Under denne afprøvning blev kalvene opbundet i et særligt staldafsnit i 9 døgn og fodret meget svagt i 4 døgn. Det blev der ikke korrigeret for ved beregningen af avlsværditallene, fordi der ikke kunne konstateres nogen negativ effekt i de første år. Den endelige opgørelse af individprøveresultaterne viser imidlertid, at den fysiologiske funktionsprøve har medført, at FY-BI kalvene fik lidt lavere tilvækst og foderoptagelse.

2.4.3 Afkomsundersøgte tyre

Af de individprøvede tyrekalve blev 220, eller ca. 1/3, indsat på tyrestationer med henblik på gennemførelse af sædopsamling, prøveinsemineringer og afkomsundersøgelse. Ved den seneste ajourføring af tyrekartoteket (foråret 1997) havde 150 FY-BI tyre fået beregnet Y-indekser og 147 havde også fået beregnet S-indekser. Deres avlsværdi, udtrykt ved disse to avlsværdital, er sammenholdt med alle øvrige afkomsundersøgte tyre fra samme periode ved hjælp af følgende model:

	Effekt	Effekttype
Y =	Årgang	Systematisk
	+ Gruppe (FY-BI, øvrige)	Systematisk
	+ Race	Systematisk
	+ Gruppe × Race	Systematisk
	+ Restvariation	Tilfældig

Effekten af gruppe og vekselvirkningen mellem race og gruppe var ikke signifikant for hverken Y- eller S-indeks. Af Tabel 2.7 fremgår da også, at FY-BI tyrenes gennemsnitlige avlsværdi er omtrent sammenfaldende med de øvrige avlstyres for alle fire racers vedkommende.

Tabel 2.7 Afkomsundersøgte FY-BI tyres Y- og S-indekser sammenholdt med øvrige samtidige avlstyres. LSmeans ± s.e.
Progeny tested bulls from the FY-BI project compared with other contemporary progeny tested AI-bulls. Y-index is breeding value for milk yield and S-index is breeding value for total merit. LSmeans ± s.e.

Race (*Breed*)	RDM	SDM	DJ	DRK
Antal dyr (*n*)				
Øvrige	574	3.689	726	61
FY-BI	24	81	43	2
Y-indeks				
Øvrige	97,6 ± 0,4	97,9 ± 0,3	96,4 ± 0,4	100,1 ± 0,8
FY-BI	96,9 ± 1,2	97,5 ± 0,7	97,4 ± 0,9	95,1 ± 4,2
S-indeks				
Øvrige	98,8 ± 0,5	98,0 ± 0,4	98,1 ± 0,4	101,7 ± 0,8
FY-BI	97,1 ± 1,1	96,8 ± 0,7	99,2 ± 0,9	100,6 ± 3,7

Resultaterne skal ses på baggrund af, at formålet med projektet var at undersøge nye metoder til afprøvning af tyremødre og ungtyre, og det krævede, at et betydeligt antal tyrekalve fra projektet blev afkomsundersøgt. Ved udvælgelsen af tyremødre og tyrefædre er det tilstræbt at opnå en kvalitet, som var tilstrækkelig høj til at sikre, at mindst 200 tyre kunne afkomsundersøges, uden at det fik en negativ effekt for de besætningsejere, som har lagt køer til. Tabel 2.7 viser, at dette er lykkedes.

Ved projektets afslutning d. 1/7-1995 var de fleste af køerne 2. generation efter eksterne donorer, og blandt opdrættet var der en del dyr af 3. og enkelte af 4. generation. De gennemsnitlige Y- og S-indekser for de hundyr, som stod i besætningerne, var:

RDM:	108,6 og 109,9
SDM:	112,5 og 110,9
DJ:	109,6 og 109,6
DRK:	110,3 og 116,4.

Avlsprogrammet har således fremavlet besætninger med et højt genetisk niveau i forhold til populationen.

3 Anvendelse af ægtransplantation

Henrik Callesen, Torkild Liboriussen og Anders Bak

Gennemførelse af FY-BI projektet betingede en systematiseret anvendelse af ægtransplantation i de involverede besætninger, idet samtlige dyr fungerede som enten donorer eller recipienter. Dette gav mulighed for at vurdere de valgte superovulations- og ægtransplantationsprocedurer under de praktiske forhold, der gælder i et MOET avlsprogram.

Ægtransplantationsaktiviteten i FY-BI projektet skulle gennemføres under særlige vilkår:

(1) der skulle opbygges og etableres et system, hvor donorer var placeret rundt om i Danmark, og hvor embryoner skulle transporteres til kernebesætningerne;

(2) de tre kernebesætninger skulle etableres, og et system til at gennemføre reproduktionsplanen skulle opbygges;

(3) efter den givne reproduktionsplan skulle der produceres et fast antal kalve om året (200 ET-kalve på 240 årskøer), hvilket førte til en højere prioritering af antal kalve end af drægtighedsprocenter.

Inden for disse rammer skulle der endvidere gennemføres en række forskningsmæssige aktiviteter til afklaring af forhold, som påvirker resultaterne af superovulation og ægtransplantation.

3.1 SUPEROVULATION OG SKYLNING

3.1.1 Materiale og metoder

I alt 596 donorer blev superovuleret, og af disse blev 70 donorer skyllet 2, 3 eller 4 gange. Fordelingen med hensyn til donorernes status som eksterne/interne samt de anvendte kvier og køers race fremgår af Tabel 3.1.

Planlægning

Ægtransplantationsprogrammet for de *eksterne donorer* blev fra 1/9-85 til 31/12-86 varetaget af De danske Kvægavlsforeninger via ægtransplantationsselskabet "Danova", hvis regionale dyrlæger stod for kontakt til donorejer, forundersøgelse af donor, superovulation og skylning. Fra 1/1-87 til ca. 1/11-89 stod "Embryoteknologisk Enhed" i Foulum for indsamling af oplysninger, -journaler fra de lokale praktiserende dyrlæger og brunstindberetninger fra donorejere. På baggrund heraf blev superovulationsplaner for normale donorer tilsendt og iværksat af den lokale praktiserende dyrlæge. Køer, der ikke blev anset for normale, overgik til "Danova"'s regionale dyrlæge. Endelig forestod donorejeren fra ca. 1/11-89 selv gennemførelse af superovulation og skylning i samarbejde med en ET-dyrlæge, som donorejeren selv valgte blandt 16 ET-dyrlæger, som var forhåndsgodkendte af FY-BI forsøgsledelsen.

For *interne donorer* blev ægtransplantationsprogrammet udført som en integreret del af reproduktionsarbejdet i kernebesætningerne, der blev varetaget af dyrlæge Anders Bak i hele forsøgsperioden.

Tabel 3.1 Eksterne (ED) og interne (ID) donorer. Fordeling på år, racer og paritet
External (ED) and internal (ID) donors. Distribution over years, breeds and parities (heifers vs cows)

År (*Year*)	85+86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	SUM
Total	86	109	66	59	72	64	56	42	28	14	596
Eksterne donorer (ED)*)	85	109	50	49	48	35	18	0	0	0	394
RDM	23	25	10	7	6	2	2				75
SDM	44	57	31	33	36	29	10				240
DJ	12	20	8	8	5	4	4				61
DRK	6	7	1	1	1		2				18
Interne donorer (ID)	1	0	16	10	24	29	38	42	28	14	202
køer (*cows*)	1		0	4	13	7	18	16	16	9	84
kvier (*heifers*)	0		16	6	11	22	20	26	12	5	118
RDM			2	3	6	4	5	6	1	2	29
SDM	1		11	5	16	20	29	28	18	8	136
DJ			1	2	2	4	3	6	7	4	29
DRK			2			1	1	2	2		8

*) alle eksterne donorer var køer (*all ED were cows*)

Superovulationsbehandling af donorer
Der blev anvendt enten et FSH- (FSH-P® eller Folltropin®) eller PMSG-præparat (Antex®). Til fremkaldelse af brunst fik donorerne en injektion af en prostaglandinanalog (Estrumat®) enten efter 2-3 døgns FSH behandling eller 60 timer efter PMSG injektionen. Donorerne blev insemineret to gange, dvs. ca. 60 og 72 timer efter prostaglandinbehandling, med strå fra samme tyr ved begge insemineringer. I tilfælde, hvor donorkoens brunst afveg fra det forventede, blev inseminingstidspunkterne indpasset herefter. For *interne donorer* blev der i 1991-92 gennemført en sammenlignende undersøgelse af befrugtningsresultatet ved en eller to insemineringer. Donorerne blev kun i særlige tilfælde behandlet ud over det nævnte.

Udskylning, isolation og bedømmelse af embryoner
Skylningerne blev gennemført ikke-kirurgisk 6-8 dage efter donoren viste stående brunst (dag 0). Gennem årene var i alt 15 dyrlæger involveret med skylninger af *eksterne donorer*, mens samtlige *interne donorer* blev skyllet af samme ET-team. Efter afsluttet skylning blev donoren i de fleste tilfælde behandlet med prostaglandin med henblik på at normalisere de superovulerede ovarier.

Principperne for embryonernes identifikation og bedømmelse; præparation mht. medier, temperatur og lysforhold; transport samt frysning var fastlagt i skriftlige retningslinier. Bedømmelse af embryonerne skete som hovedregel ved, at embryoner til frisk overførsel blev endeligt bedømt af recipient-dyrlægen efter transporten, mens embryoner til frysning blev bedømt før frysning af donordyrlægen og igen efter optøning af recipientdyrlægen.

3.1.2 Resultater og diskussion

Overordnede resultater

Resultaterne af superovulation og skylning i de enkelte år er vist i Tabel 3.2. Efter en "etableringsperiode" med relativt beskedne gennemsnitsresultater af superovulation og skylning gav donorerne gennem projektets sidste år ganske stabile resultater med omkring 6 godkendte embryoner pr. superovuleret donor. Fremgangen skyldes både lavere frafaldsprocent blandt de påbegyndte donorer pga. bedre selektionskriterier og højere godkendelsesprocent af de opsamlede æg. Andelen af donorer med mindst 3 overførbare embryoner steg således fra gennemsnitligt 55% i 1986-88 til 76% i 1993-95.

Brug af antistof mod PMSG

Ved superovulation med et PMSG-præparat har udenlandske undersøgelser vist, at indsprøjtning af et antistof mod PMSG omkring brunsttidspunktet kan have en gavnlig virkning på både skylleresultat og på donorens normalisering efter skylning. Denne teori blev afprøvet på 174 donorer, heraf 62 fra FY-BI, idet der blev brugt to typer antistof mod PMSG (Callesen et al., 1992a). Resultaterne viste, at antistof mod PMSG ved det her anvendte injektionsskema hverken forbedrede superovulationssvaret, kvaliteten af de transplanterede embryoner (udtrykt ved deres levedygtighed efter transplantation) eller donorens normalisering efter skylning (udtrykt ved tomdage, før donoren blev drægtig ved inseminering).

Tabel 3.2 Resultater af superovulation og skylning
Results of super ovulation treatment and flushing

	Behandlet *Treated*	Skyllet *Flushed*	Mislykkede[3] *Failures*	Æg (*Ova*)		Embryoner (*Embryos*)	
År (*Year*)	n	n	n %[1]	n	± sd.	n (%)[2]	± sd.
1985-86	86	83	24 (28)	562	6,5 ± 5,7	309 (54)	3,6 ± 4,6
1987	109	98	28 (26)	935	8,6 ± 7,6	475 (58)	4,4 ± 4,3
1988	66	64	15 (23)	571	8,7 ± 7,0	384 (65)	5,8 ± 5,7
1989	59	53	9 (15)	575	9,7 ± 7,7	397 (71)	6,7 ± 5,8
1990	72	67	12 (17)	567	7,9 ± 6,3	389 (69)	5,4 ± 4,9
1991	64	62	9 (14)	593	9,3 ± 7,3	396 (69)	6,2 ± 5,6
1992	56	55	3 (5)	468	8,4 ± 7,0	350 (78)	6,3 ± 6,1
1993	42	41	4 (10)	502	12,0± 7,3	320 (64)	7,6 ± 6,2
1994	28	27	4 (14)	310	11,1± 6,5	239 (77)	8,5 ± 6,0
1995	14	13	3 (21)	135	9,6 ± 6,7	85 (66)	6,1 ± 5,5
Total	596	563	111 (19)	5.218	8,8 ± 7,0	3.344 (66)	5,6 ± 5,4

[1] Pr. superovuleret donor *(Per treated donor)*.

[2] Embryoner/æg (godkendelses-%) *(Embryos/ova (acceptance rate))*.

[3] Behandlinger, som ikke gav godkendte embryoner *(Treatments resulting in no transferable embryos)*.

Én eller to insemineringer

Superovulerede donorer insemineres ofte to gange med ca. 12 timers mellemrum. For at undersøge nødvendigheden af denne procedure blev interne donorer igennem to år tilfældigt delt i to grupper. Den ene gruppe blev insemineret én gang ca. 3 døgn efter prostaglandinbehandling, svarende til ca. 24 timer efter brunstens begyndelse, mens den anden gruppe blev insemineret to gange ca. 2½ og 3 døgn efter prostaglandinbehandling.

Ved skylning blev der ikke fundet forskel i procent befrugtede æg efter én eller to insemineringer (Tabel 3.3). Det skal dog understreges, at brug af én inseminering kræver god og sikker brunstobservation, og er dette ikke muligt, må to insemineringer stadig anbefales for at opnå en høj befrugtningsprocent.

Tabel 3.3 Effekt af én eller to inseminationer i brunstperioden
Effect of one or two inseminations during heat (12 hours interval)

Ins./brunst *Ins./heat*	Donorer *Donors*	Æg *Ova*	Embryoner *Embryos*	Embryoner/æg *Embryos/ova*
1	35	344	244	73%
2	25	287	207	75%
Total	60	631	451	73%

Raceforskelle og forskelle mellem kvier og køer

Effekt af donors race og donors paritet (kvie eller ko) blev analyseret på 542 påbegyndte superovulationsbehandlinger, fordelt på 474 forskellige donorer (Liboriussen et al., 1995). Resultatet af behandlingen blev udtrykt ved antal æg og embryoner samt ved variablen "Respons", der blev konstrueret ved at tildele talværdien 1 til alle behandlinger som gav mindst 3 æg, mens alle øvrige behandlinger blev tildelt værdien 0. Tabel 3.4 viser de fundne forskelle mellem racerne og mellem kvier og køer. RDM og DRK gav 2-3 æg og ca. 2 embryoner mere pr. behandling end Jersey og SDM. Donaldson (1984) og Bruel et al. (1991) fandt også, at køer af forskellige racer reagerede forskelligt på behandling med follikelstimulerende hormoner.

Af Tabel 3.4 fremgår desuden, at køerne i gennemsnit har givet 1,9 embryon mere pr. behandling end kvierne. Derimod var der ingen forskel på kvier og køer, når reaktionen på behandlingen blev udtrykt som et kvalitativt mål i form af egenskaben "respons".

Tabel 3.4 Effekt af race og paritet på ydelse af æg og embryoner pr. skylning
Effect of breed and parity on yields of ova and embryos per flushing

	Æg (*Ova*)	Embryoner (*Embryos*)	"Respons"[1)]
RDM	0 ± 0,8	0 ± 0,6	0 ± 0,04
SDM	-2,8 ± 0,5	-1,7 ± 0,4	-0,13 ± 0,03
Jersey	-2,0 ± 0,9	-1,9 ± 0,7	-0,05 ± 0,05
DRK	1,1 ± 1,5	0,3 ± 1,1	0,05 ± 0,08
Signifikans	P ≤ 0,001	P ≤ 0,05	P ≤ 0,01
Kvier (*Heifers*)	0 ± 1,0	0 ± 0,7	0 ± 0,06
Køer (*Cows*)	1,2 ± 0,6	1,9 ± 0,5	0,02 ± 0,04
Signifikans	NS	P ≤ 0.05	NS

[1)] *Result expressed as a threshold character with threshold at 3 ova/flush.*

Effekt af kviers alder og udvikling

Betydningen af kviernes alder og udvikling er undersøgt på 103 kvier, som blev superovuleret med FSH i perioden 1988-1994. Kviernes vægt ved 365 dages alder (årsvægt) er benyttet som udtryk for deres udvikling.

Alder ved skylning var i gennemsnit 543 dage varierende fra 466 til 651 dage. Der indgik 13 Jersey kvier i materialet. De adskilte sig klart fra de øvrige racer i både årsvægt og skylleresultater. Beregningen af korrelationer mellem alder, årsvægt, antal æg og antal embryoner blev derfor gennemført for de store racer og Jersey hver for sig. Resultaterne er vist i Tabel 3.5.

Der var tendens til positiv sammenhæng mellem årsvægt og antal embryoner. Inden for de store racer var der desuden tendens til negativ korrelation mellem årsvægt og alder ved skylning. Kvier med høj årsvægt har således givet flere embryoner og har desuden kunnet skylles tidligere end kvier med lav årsvægt.

Korrelationerne mellem alder og henholdsvis antal æg og antal embryoner var lave og ikke signifikante.

Tabel 3.5 Korrelationer mellem kviers alder ved skylning, årsvægt, antal æg og antal embryoner pr. skylning (Jersey under diagonalen, øvrige racer over)
Correlations among age at flushing (1), yearling weight (2), number of ova (3) and number of embryos (4) per flush (Jerseys below the diagonal, other breeds above)

	1.	2.	3.	4.
1. Alder ved skylning	-	-0,21[(+)]	0,03	0,08
2. Årsvægt	0,00	-	0,10	0,21[(+)]
3. Æg/skylning	0,02	0,22	-	0,73***
4. Embryoner/skylning	-0,26	0,53[(+)]	0,42	-

[(+)] P ≤ 0,10; *** P ≤ 0,001.

Heritabilitet for æg- og embryoydelse

Liboriussen et al. (1995) beregnede heritabilitet for donorers reaktion på superovulation. Reaktionen på behandlingen var målt ved antal æg/behandling og antal godkendte embryoner/behandling. Hele materialet omfattede 542 behandlinger, hvoraf 426 havde givet mindst 3 æg. De sidstnævnte blev udskilt i et nyt datasæt, og den genetiske analyse blev udført på begge datasæt for at undersøge, hvorvidt en udelukkelse af mislykkede behandlinger påvirkede heritabiliteten. Det har interesse, fordi man i praksis ofte undlader at registrere de mislykkede behandlinger.

Heritabilitetsestimaterne varierede fra 0,15 til 0,31 (Tabel 3.6). Undersøgelsen viste desuden, at den genetiske variation kommer tydeligere til udtryk i antallet af æg end i antallet af godkendte embryoner. Udeladelse af data fra mislykkede superovulationer resulterede i lidt større heritabilitetsestimater.

Den genetiske korrelation mellem antal æg og antal godkendte embryoner var 0,90 og 0,94 ved analyse af henholdsvis alle data og data uden mislykkede behandlinger.

Critser et al. (1980) og Lohuis (1993) har fundet gentagelseskoefficienter på ca. 0,3 for antal embryoner pr. skylning ved analyse af gentagne skylninger på henholdsvis kvier og køer. Sammenholdes dette med heritabilitetsestimaterne i Tabel 3.6, kan det konkluderes, at antallet af æg og embryoner ved superovulation af kvæg er en egenskab med moderat arvbarhed.

Tabel 3.6 Heritabiliteter (h^2) for donorers reaktion på superovulationsbehandling
Heritabilities for measures of donors' reaction to super ovulation treatment

Egenskab (*Trait*)	$h^2 \pm$ s.e.
Æg/superovulation (*Ova/treatment*)	0,25 ± 0,06
Embryoner/superovulation (*Embryos/treatment*)	0,15 ± 0,05
Æg/donor med mindst 3 æg (*Ova/responder**)	0,31 ± 0,05
Embryoner/donor med mindst 3 æg (*Embryos/responder**)	0,22 ± 0,07

**Donors were considered as responders, when at least 3 ova were collected.*

Effekt på dags- og laktationsydelse

En mulig påvirkning af superovulation på donorernes mælkeydelse, fedt- og proteinprocent blev undersøgt i forbindelse med superovulation af 119 eksterne donorer (Bak et al., 1989a). Variationen i fedtprocent var større i perioden mellem superovulation og skylning end før og efter.

Behandlingens effekt på dagsydelse, fedtprocent og proteinprocent umiddelbart før, under og efter superovulationsbehandlingen blev analyseret nærmere for 89 interne donorer. Køerne var prøvemalket med ca. 14 dages interval, og analysen blev udført på data fra de to prøvemalkninger umiddelbart før og efter skylningen. Observationerne blev inddelt i 6 perioder efter kontroldatoens tidsmæssige placering i forhold til skylledatoen, og materialet blev analyseret efter følgende model:

	Effekt	Effekttype
Y =	Periode	Systematisk
	+ Ko	Systematisk
	+ Restvariation	Tilfældig

Prøvemalkningsdagenes placering i forhold til skylledagen havde signifikant effekt på både mælkemængde, fedtprocent og proteinprocent. Af Tabel 3.7 fremgår, at især køer, som blev kontrolleret i dagene umiddelbart efter skylningen, havde afvigende prøvemalkningsresultater i form af mere koncentreret mælk og forholdsvis lav mælkeydelse.

Tabel 3.7 Dagsydelser i perioden før, under og umiddelbart efter superovulationsbehandlingen (dag 0 = skylledato; LSmeans ± s.e.)
Milk yield (Mælk), fat (Fedt) and protein (Protein) content during treatment

Periode (*Period*) (kontroldato-skylledato)*)	Mælk, kg	Fedt-%	Protein-%
Før behandling (dag -19 til -12)	26,4 ± 1,7	4,86 ± 0,21	3,54 ± 0,06
Behandling indledt (dag -11 til -9)	25,8 ± 1,2	4,61 ± 0,14	3,49 ± 0,04
Brunstinduktion (dag -8 til -7)	25,0 ± 1,3	4,52 ± 0,16	3,39 ± 0,04
Før skylning (dag -6 til 0)	24,7 ± 0,8	4,67 ± 0,10	3,53 ± 0,03
Efter skylning (dag 1 til 4)	22,9 ± 1,5	5,43 ± 0,19	3,63 ± 0,05
Efter skylning (dag 5 til 18)	23,6 ± 0,6	4,74 ± 0,08	3,58 ± 0,02

Model: y = periode + donor + residual

*) *Distance in days between milk recording and flushing.*

En tysk undersøgelse (Schilling et al., 1980) viste et permanent fald i dagsydelsen som følge af behandlingen. Ydelsesfaldet afhang af afstand fra kælvning til superovulation, ydelsesniveau og antal ægløsninger. Den akkumulerede smørfedtydelse ved 100 og 200 dages laktation var imidlertid ikke påvirket. En amerikansk undersøgelse (Cowen & Sosnik, 1987) viste, at heller ikke 305 dages ydelsen var påvirket af superovulation.

Effekt på reproduktion og sygelighed

Med hensyn til reproduktionsforholdene efter superovulation viste en opgørelse på 104 eksterne donorer foretaget 5 måneder efter behandling (Bak et al., 1989b), at superovulation og skylning ikke havde nogen direkte negativ effekt på donorernes efterfølgende reproduktionsforhold og generelle sundhedstilstand. Tomperioden blev naturligt nok øget, mens antal inseminationer pr. drægtighed var inden for det normale for højtydende køer. Disse tal bekræfter tidligere observa-

tioner (Greve, 1981). Ni dyr udviklede cystisk ovarialdegeneration efter superovulationen, og alle undtagen én af disse køer blev drægtige efter én behandling.

3.2 EMBRYOUDVIKLING, -KVALITET OG -BEHANDLING

Embryonerne blev bedømt og behandlet som en integreret del af det praktiske arbejde uden at forsinke arbejdet væsentligt. Mere detaljerede undersøgelser, som kunne forventes at have negativ indvirkning på embryonernes overlevelseschancer såsom lysmikroskopi ved større forstørrelse, kernefarvning, kromosomundersøgelse eller andet, blev ikke anvendt.

3.2.1 Materiale og metoder

Vurdering og klassificering

Til beskrivelse af embryoner bruges traditionelt en række udviklingsstadier, der hver spænder over ca. 1 døgns udvikling, samt en kvalitetsinddeling, der er et udtryk for embryonernes forventede levedygtighed.

Grundlaget for udviklingsstadierne er, at kvægembryonet fra dag 4-5 efter brunst gennemgår følgende processer, som er synlige i et stereomikroskop ved 50-100x forstørrelse: moruladannelse (dag 4-5), kompaktion (organisation og differentiering, dag 5-6), blastulation (væskeakkumulering, dag 6-7), ekspansion (zona pellucida udvidelse, dag 7-8) og klækning (zonasprængning, dag 8-9). En nærmere beskrivelse er givet af Greve (1981) og Lehn-Jensen (1986).

Kvalitetsinddelingen er opdelt i 4 niveauer (1: optimal, 2: god, 3: nogenlunde, 4: dårlig; Greve, 1981; Lehn-Jensen, 1986), der hver især udtrykker embryonets udseende med f.eks. antal løstliggende celler og forekomsten af celleforandringer.

Frysning og optøning

Den dyrlæge, der stod for donorskylningen, var som hovedregel også ansvarlig for eventuel nedfrysning af embryoner. I de første år skete dette efter en transport, der kunne være langvarig (op til 5-6 timer), da tre dyrlæger dækkede alle eksterne donorer. Siden 1988 blev nedfrysning af embryoner gennemført hurtigst muligt efter skylning, dvs. inden for 1-2 timer.

Samtlige embryoner blev før frysning præpareret med 10% glycerol og herefter ladet enkeltvis i strå. Fra 1985-87 gennemførtes langsom nedkøling til +6 til +7°, mens stråene siden 1988 blev sat direkte i fryseren ved denne temperatur. Nedkølingshastigheden var +0,3 til +0,5°/min. indtil +32 til +35° efterfulgt af 0-15 min. pause, før embryonerne blev overført til lagring i flydende kvælstof.

Optøning foregik i 1985-86 i 37°C vandbad med gradvis glycerolekstraktion. Siden 1986 blev der udelukkende anvendt optøning frit i luft ved stuetemperatur. Embryonet blev derefter overført til 1,0 M sakkaroseopløsning i 8-15 min. ved stuetemperatur. Embryonet blev til sidst overført til andet medium og efter 10-15 minutter vurderet og karakteriseret ved 100 ganges forstørrelse og derefter ladet enkeltvis i strå til ilægning.

3.2.2 Resultater og diskussion

Overordnede resultater

I alt er der opsamlet 5.218 æg, hvoraf 3.344 (64%) er blevet godkendt som embryoner. Bedømmelsen af de opsamlede æg og afgørelsen om deres godkendelse til transplantation er blevet udført af i alt 16 dyrlæger; én af disse stod for den overvejende del af bedømmelserne. Af de godkendte embryoner er 3.089 overført (1.525 friske, 1.564 efter frysning og optøning).

Skylningerne er gennemført på enten dag 6 (dag 0 = dagen for brunst) for 36 dyr, dag 7 (396 dyr) eller dag 8 (131 dyr). Der var stor variation i såvel antallet af æg (0-39) som den del der blev godkendt (0-26) og procent godkendte embryoner af genfundne æg (0-100). Variationen gælder imidlertid også imellem godkendte embryoner fra samme donor, hvor der hyppigst isoleres forskellige udviklingstrin og kvaliteter.

Sammenhæng mellem udvikling og kvalitet

Den samlede vurdering af det enkelte embryon er baseret på en bedømmelse af både dets udviklingstrin og dets kvalitet. Embryonkvalitet er i bred forstand den enkeltegenskab, som har størst indflydelse på, om resultatet efter embryotransplantation bliver drægtighed eller omløbning.

Bedømmelsen af udviklingstrin og kvalitet hos 1.495 embryoner har vist en tendens til, at jo længere udviklet embryonet er på skylledagen, jo bedre kvalitet er det i gennemsnit (Callesen et al., 1995). Sammenhængen imellem udvikling og kvalitet skyldes for en stor del, at det gode embryon udvikler sig hurtigt, mens en ringere kvalitet ofte kan vise sig som forsinket celledeling. Herudover vil der imidlertid også være en tendens til, at svag udvikling tolkes som ringe kvalitet, mens det meget udviklede embryon, f.eks. den ekspanderende blastocyst, rent fysisk skjuler sine "problemer" i form af udstødte cellefragmenter, som klemmes flade i det trange perivitelline rum.

Udviklingshastighed

Der er fundet op til fire forskellige udviklingstrin fra samme donor (Callesen et al., 1992b). Disse forskelle i udviklingshastighed anses af nogle for at være kønsbestemt, idet in-vitro forsøg har vist, at tyre-embryoner udvikler sig hurtigere end kvie-embryoner (Avery et al., 1992). På 776 fødte kalve er embryonernes køn sammenholdt med forskellen i deres udviklingstrin ved udskylning (Callesen et al., 1992c; Tabel 3.8). Resultatet viser, at kønnet af embryonet ikke påvirker det udviklingstrin, som embryonet har nået ved udskylning. Detaljerede statistiske analyser har senere vist (Callesen et al., 1995), at embryonets kvalitet samt donoren selv er stærkt medvirkende til, at der i den superovulerede ko ikke kan påvises en kønsbestemt forskel i udviklingshastigheden af embryonerne på udskylningstidspunktet. Faktorer såsom insemineringstyr, år/sæson, paritet af donoren og superovulationspræparat er derimod ikke af væsentlig betydning.

Tabel 3.8 Kønsfordeling (% han) for embryoner med langsom, middel og hurtig udviklingshastighed (Callesen et al., 1992c)
Sex ratio (% males) of slow, intermediate and fast developing embryos

	langsom *(slow)*	mellem *(medium)*	hurtig *(fast)*	total
han *(males)*	133 (52)	162 (52)	111 (53)	406 (52)
hun *(females)*	122	149	99	370
Total	255	311	210	776

$Chi^2 = 0,6$; $P = 0,7$.

Kvalitet før og efter frysning
De påvirkninger, som embryonerne har været udsat for uden for uterus, har en stor indflydelse på embryonernes overlevelsesmuligheder. De har dog været vanskelige at kontrollere og måle under projektets praktiske forhold, særlig i etableringsfasen (1985-88).

Tiden, som embryonerne har tilbragt i laboratoriet fra udskylning til frisk ilægning har været 4-6 timer fra 1985-91 og 3-4 timer fra 1992-95. For frosne embryoner var tiden fra udskylning til nedfrysning 4-7 timer indtil 1988, mens den siden 1988 faldt til et niveau på 2-3 timer. En lang "in vitro"-tid er ikke nødvendigvis et problem under ideelle betingelser, men under mindre optimale forhold bliver tidsfaktoren afgørende for, hvor stærkt disse problemer slår igennem på drægtighedsresultatet.

Frysning og efterfølgende optøning må forventes at medføre nogen grad af kvalitetsforringelse. På 520 embryoner er der således observeret et gennemsnitligt fald på 0,6 kvalitetsenhed. Et fald i kvalitet antyder en beskadigelse ved frysning og optøning og bevirker et fald i drægtighedsprocenten. Et fald på 2 kvalitetsenheder eller mere under fryseprocessen reducerer således drægtighedschancen til 25% (51 embryoner), mens den er ca. 45%, hvis embryonet bevarer sin kvalitetskode (468 embryoner). Kvalitet efter optøning er derfor et bedre kriterie for at vurdere drægtighedschancen end kvalitet ved nedfrysning.

3.3 TRANSPLANTATION OG DRÆGTIGHED

3.3.1 Materiale og metoder

Reproduktionsplan
Den givne avlsplan stillede krav om en høj reproduktionsrate hos dyrene. Da værdien af embryonerne samtidig var stor, skulle sikkerheden i deres anvendelse og "skæbne" være optimal, og derfor valgtes et system med besøg på hver af de tre stationer hver 10.-11. dag. Ved hvert besøg gennemførtes (a) en gynækologisk undersøgelse af alle ikke-påbegyndte dyr (donorer og recipienter) mere end 30 dage fra kælvning; (b) en gynækologisk undersøgelse af alle dyr observeret i brunst 5-9 dage tidligere med henblik på ilægning; og (c) en drægtighedsundersøgelse af recipienter ilagt æg for mere end 30 dage siden eller insemineret for mere end 35 dage siden. Alle disse undersøgelser blev foretaget som klassisk manuel rektalundersøgelse.

Grundlaget for systemets effektivitet var en sikker brunstobservation kombineret med de kontinuerlige gynækologiske undersøgelser og notater. Intervallet på 10-11 dage indebar, at prostaglandinbehandlinger af recipienter til næste runde kunne gennemføres umiddelbart efter undersøgelsen, samt at observerede omløbere kunne genanvendes på dag 21 og øvrige ikke-drægtige recipienter ved dag 42.

Recipienter og ilægning
Dyr i kernebesætningen, der ikke havde status som enten donorer, donoremner eller udsætterkøer, var til rådighed som recipienter. Den aktuelle pulje af recipientemner var normalt køer, der havde kælvet for mindst 60 dage siden, samt kvier ældre end 15 måneder. Alle dyr, der havde vist brunst for 5 til 9 dage siden og som ikke tidligere i samme laktation havde været frasorteret pga. infektion, kronisk uregelmæssig cyklusaktivitet, omløbning eller ønske om snarlig udsætning, blev undersøgt for deres egnethed til ilægning.

I alt 3.089 recipienter fik overført et embryon. Aldersmæssigt var recipienterne fordelt på 40% kvier, 26% 1. kalvskøer, 30% 2-4. kalvskøer og 4% ældre køer. Ved den statistiske analyse blev der kun skelnet mellem kvier og køer. Racemæssigt fordelte recipienterne sig med 18% RDM, 71% SDM, 8% Jersey og 3% DRK. Transplantation af Jersey kvier med embryoner fra de store racer blev undgået på grund af risiko for kælvningsbesvær ved denne kombination, men ellers blev der ikke taget hensyn til racekombinationer ved ilægningerne.

Alle ilægninger blev udført ikke-kirurgisk. Kvie-recipienterne blev i 1985-86 rutinemæssigt bedøvet (Rompun®), men siden efteråret 1986 var den eneste medicinering en rygmarvsbedøvelse. Ilægningen blev normalt gennemført på recipientens sædvanlige plads i stalden, idet kvier i boks fikseredes i fanggitter. Samme dyrlæge gennemførte >90% af ilægningerne (før 01/09-88: 85%; derefter: > 99%).

Drægtighed, omløbning og abort
Al drægtighedsdiagnostik i kernebesætningen blev foretaget af samme person og var baseret på manuel rektalundersøgelse uden forudgående medicinering. Dyr, brunstige 12-16 dage efter ilægningen, blev undersøgt med henblik på genanvendelse som recipient 21 dage efter ilægningen. Inden ny ilægning kunne komme på tale, skulle der imidlertid stilles en negativ drægtighedsdiagnose, enten (a) en tydelig blødning mindst 10 dage efter ilægningen, eller (b) en tydelig brunst samtidig med, at corpus luteum var forsvundet fra det til ilægningen ipsilaterale ovarium. En brunstobservation alene var derfor ikke grundlag nok for en negativ drægtighedsdiagnose.

De fleste (>90%) af de egentlige drægtighedsundersøgelser gennemførtes 31-32 dage efter ilægningen, svarende til en embryoalder på 37-39 dage. Såfremt det aktuelle fund ikke svarede til det forventede mht. størrelse eller placering, gennemførtes en kontrolundersøgelse 10-11 dage senere. Hvis drægtigheden da havde udviklet sig normalt, blev den anset som normal. Havde den ikke udviklet sig videre, eller var en iøvrigt normal drægtighed mistet inden dag 42, brugtes be-

tegnelsen tidlig embryonal død. Ved tab af drægtighed efter dag 42 uden forudgående bemærkning ved drægtighedsundersøgelsen brugtes betegnelsen fosterdød. I lighed med den officielle kvægdatabase ved LEC, skelnedes mellem abort og fødsel ud fra, om et fostertab skete før eller efter dag 250 i drægtigheden.

Definitioner og modeller
Data vedrørende etableringen og gennemførelse af drægtighed er analyseret ved hjælp af GLM-proceduren i SAS.

Resultatet af transplantationen blev udtrykt i variablen "drægtighed", som enten fik værdien 100 eller 0 afhængig af, om drægtighed var opnået eller ej. Variation i *gennemførelse af drægtigheden* blev udtrykt i variablen "abort", som fik tillagt værdien 0, hvis recipienten blev drægtig og gennemførte drægtigheden normalt, og værdien 100, hvis fostret aborteredes. *Middelværdierne* for henholdsvis "drægtighed" og "abort" svarer helt til drægtighedsprocent og abortprocent, og ved præsentation af resultaterne er disse betegnelser benyttet. "Drægtighed" og "abort" blev analyseret med henblik på at beskrive effekter af forskelle i embryonernes *behandling* (frisk/frosset), *kvalitet* (fire kvalitetsniveauer fra optimal til dårlig), *udviklingstrin* (otte udviklingstrin fra morula til expanderet blastocyst) samt effekten af *synkroni* mellem donors og recipients brunstcyklus (11 klasser). Synkronien blev udtrykt som differencen i halve døgn mellem recipientens afstand fra sidste brunst og embryonets alder (skylledato - seneste inseminingsdato). Analysen blev udført på materiale indsamlet i perioden fra 1989-1995, som opfyldte kriterierne for følgende model:

	Effekt	Effekttype
Y =	År (1989-1995)	Systematisk
	+ Recipient-paritet (kvie/ko)	Systematisk
	+ Embryo-behandling (frisk/frosset)	Systematisk
	+ Embryo-kvalitet (klasse 1...4)	Systematisk
	+ Embryo-udvikling (klasse 1...8)	Systematisk
	+ Embryo-recipient-synkroni (klasse 1...11)	Systematisk
	+ Restvariation	Tilfældig

Datasættet indeholdt 1.987 observationer for drægtighedsprocent og 948 observationer for abortprocent.

Racekombinationens eventuelle effekt på drægtighedsprocent og abortprocent blev analyseret på materiale fra alle år. Da DRK ikke var benyttet som recipienter for embryoner af alle de øvrige racer, og der ønskedes testet for en eventuel vekselvirkning mellem embryonets og recipientens race blev observationer med DRK-embryoner eller DRK-recipienter udeladt. Desuden skulle observationerne opfylde betingelserne for følgende model:

	Effekt	Effekttype
Y =	År (1985-1995)	Systematisk
	+ Besætning (Moesgaard, Skølvad,	Systematisk
	Brøstrupgaard)	Systematisk
	+ Embryo-behandling (frisk/frosset)	Systematisk
	+ Recipient-paritet (kvie/ko)	Systematisk
	+ Embryo-race (RDM, SDM, DJ)	Systematisk
	+ Recipient-race (RDM, SDM, DJ)	Systematisk
	+ Embryo-race × Recipient-race	Systematisk
	+ Restvariation	Tilfældig

I alt indgik der 2.978 observationer i analysen af drægtighedsprocent og 1.268 i analysen af abortprocent.

3.3.2 Resultater og diskussion

Overordnede resultater

Tabel 3.9 viser ilægningernes fordeling på år for henholdsvis direkte overførte og frosne embryoner og de opnåede drægtighedsprocenter. Det bemærkes, at drægtighedsprocenten for frosne embryoner var lav i de første tre år, som kan betragtes som en indkøringsperiode. I 1995 var reproduktionskontrollen med besætningerne mindre intensiv på grund af projektets forestående afslutning. Data fra 1985-88 og 1995 blev derfor udeladt i analysen af drægtighed og abort i relation til embryonernes behandling og kvalitet samt synkroni mellem donor og recipient.

Tabel 3.9 Drægtighedsresultater efter transplantation af friske og frosne embryoner
Yearly transfers and pregnancies from fresh and frozen embryos

År (*Year*)	Friske embryoner (*fresh*)			Frosne embryoner (*frozen*)		
	ilagt *transferred*	drægtige *pregnancies*	%	ilagt *transferred*	drægtige *pregnancies*	%
1985-86	168	86	51	127	32	25
1987	238	115	48	197	39	20
1988	216	98	45	151	52	34
1989	176	88	50	215	96	45
1990	135	73	54	245	113	46
1991	145	81	56	237	121	51
1992	165	86	52	176	71	40
1993	149	77	52	128	55	43
1994	104	56	54	72	19	26
1995	29	14	48	16	7	44
Total	1.525	774	51	1.564	605	39

Udvælgelse og behandling af recipienter
Vurderingen af en recipients egnethed til ilægning baseres traditionelt på kvaliteten af dens gule legeme (corpus luteum). Dette viste sig dog kun at have ringe betydning for de opnåede drægtighedsresultater efter transplantation af embryoner: kvalitet 1 (n=773, 48%), 2 (n=1.131, 47%), 3 (n=295, 47%) og 4 (n=134, 41%). Dette skal blandt andet ses på baggrund af, at der var kun tale om recipienter, der var blevet godkendt på grund af eller på trods af deres corpus luteum kvalitet, og at gruppen af recipienter med lav corpus luteum kvalitet havde været udsat for en mere kritisk selektion efter andre kriterier.

Ca. 60% af ilægningerne blev foretaget efter en brunst, som var fremkaldt ved prostaglandinbehandling (induceret brunst), mens de resterende 40% ikke umiddelbart forud for brunsten havde været prostaglandinbehandlet (naturlig brunst). En sammenligning mellem drægtighedsresultaterne med de to former for brunst før transplantation viste ingen forskel i de opnåede drægtighedsprocenter (naturlig, 873 transplantationer, 48% drægtige; induceret, 964 transplantationer, 50% drægtige). Dette gjaldt også, hvis resultaterne blev opgjort separat for friske eller frosne/optøede embryoner og for kvier eller køer som recipienter.

Etablering og gennemførelse af drægtighed
Ansvaret for det opnåede drægtighedsresultat (drægtighed, abort (efter dag 42)) kan placeres hos enten donorkoen, selve embryonet, behandlingen af embryonet uden for livmoderen eller hos den endelige recipient.

Overordnet blev der fundet følgende gennemsnitsresultater: drægtighedsprocent: 47,9%; abortprocent: 5,0. Samme abortprocent (5,3%) blev fundet i en stor amerikansk undersøgelse (King et al., 1985). Der synes således ikke at være større abortrisiko efter embryotransplantation sammenlignet med inseminering, hvor der regnes med en abortfrekvens på 5-8% fra ca. 40 dage efter inseminering (Hyttel, 1990).

Variansanalysen vist, at embryonets behandling (frisk/frosset) og kvalitet (Tabel 3.10) samt synkroni mellem recipient-cyklus og embryo-alder (Tabel 3.11) var signifikante.

Der sås en stor forskel imellem den korrigerede drægtighedsrate for friske og frosne embryoner, hvilket er i overensstemmelse med andre opgørelser (f.eks. Weaver et al., 1986).

Embryonets kvalitet ved udskylning viste ingen betydende forskel mellem kvalitet 1 og 2, mens kvalitet 3 og især 4 gav en væsentlig lavere drægtighedsprocent. Det opfylder hensigten med kvalitetskoden, der netop skal udtrykke embryonets forventede levedygtighed. For begge faktorer gælder, at abortfrekvensen ikke er påvirket. Eventuelle skader resulterer ganske vist i en lavere initial drægtighedsprocent, men når drægtigheden er konstateret omkring dag 40 som i dette materiale, er den største forekomst af embryonal død overstået (Betteridge & Loskutoff, 1992).

Ved transplantationerne blev der tilstræbt en maksimal synkroni mellem recipient-cyklus (afstand fra brunst) og embryo-alder (donors afstand fra brunst = skylledag). Den opnåede synkroni viste sig dog at række fra at være negativ til positiv (donor i brunst hhv. før og efter recipient). Ved 57% af transplantationerne var synkronien inden for et interval på ± 0,5 døgn, og inden for dette interval kunne der ikke iagttages nogen systematisk afhængighed mellem denne synkroni og drægtighedsresultatet (Tabel 3.11). Når synkronien afveg mere end ± 1 døgn, faldt drægtighedsprocenten væsentligt.

Tabel 3.10 Drægtighedsprocent og abortprocent for friske og frosne embryoner samt embryoner af forskellig kvalitet (LSmeans ± s.e.)
Pregnancy and abortion rates of fresh and frozen embryos and between embryos of different quality grades (1 = excellent, 4 = poor) (LSmeans ± s.e.)

Embryo-behandling *Embryo treatment*	Drægtigheds-% *Pregnancy rate*	Abort-% *Abortion rate*
Friske (*Fresh*)	43,7 ± 2,3	7,4 ± 1,8
Frosne (*Frozen*)	28,0 ± 2,7	5,6 ± 2,1
P:	< 0,001	> 0,2
Embryo-kvalitet *Embryo quality*	Drægtigheds-% *Pregnancy rate*	Abort-% *Abortion rate*
1 Optimal (*Optimal*)	49,7 ± 2,3	4,7 ± 1,8
2	47,9 ± 2,2	6,2 ± 1,8
3	31,4 ± 3,5	7,9 ± 2,6
4 Dårlig (*Poor*)	14,4 ± 5,9	7,0 ± 5,2
P:	< 0,001	> 0,2

Tabel 3.11 Effekt af synkroni mellem recipients og donors cyklus på drægtighedsprocent (LSmeans ± s.e.)
Effect of syncrony between recipient and donor on pregnancy rate (LSmeans ± s.e.)

Synkroni (dage)*) *Syncrony (days)*	Drægtigheds-% *Pregnancy rate*	Abort-% *Abortion rate*
-2,5	5,6 ± 9,8	0,8 ± 12,8
-2,0	32,9 ± 4,8	9,2 ± 3,5
-1,5	34,4 ± 4,9	5,1 ± 3,4
-1,0	36,1 ± 3,0	5,7 ± 2,2
-0,5	48,1 ± 3,5	8,5 ± 2,4
0	46,3 ± 2,7	3,8 ± 1,9
0,5	41,8 ± 3,7	7,0 ± 2,6
1,0	35,8 ± 3,5	4,7 ± 2,6
1,5	34,5 ± 7,5	1,6 ± 5,1
2,0	46,3 ± 10,2	16,8 ± 6,4
2,5	32,7 ± 4,3	8,0 ± 3,3
P:	< 0,001	> 0,2

*) recipient (dage fra brunst) - donor (dage fra brunst).
recipient (days from heat) - donor (days from heat).

Transplantation af embryoner fra store racer til Jersey kvier søgtes undgået af hensyn til risiko for kælvningsbesvær, men ellers blev ikke taget hensyn til racekombination embryo-recipient. De korrigerede drægtighedsprocenter for de forskellige kombinationer af embryo- og recipientrace er vist i Tabel 3.12. Det fremgår, at kombinationen Jersey embryoner overført til Jersey recipienter har givet lav drægtighedsprocent. Vekselvirkningen var dog ikke signifikant. Når vekselvirkningen blev udeladt af modellen, var der signifikant effekt af embryonets race.

Tabel 3.12 Effekt af racekombination mellem embryon og recipient på drægtighedsprocent (kontraster mellem LSmeans ± s.e.)
Effect on pregnancy rate of various combinations of breed of embryos and breed of recipient

	Recipient-race		
Embryo-race	RDM	SDM	DJ
RDM	44,3 ± 3,6	38,4 ± 2,5	40,7 ± 12,7
SDM	41,0 ± 2,6	47,6 ± 1,3	46,1 ± 6,8
DJ	41,6 ± 6,3	41,4 ± 3,8	32,8 ± 3,7

Den ikke-drægtige recipient
Efter transplantation opfattes tegn på brunst eller blødning hos recipienten normalt som tegn på, at recipienten ikke er blevet drægtig. På 850 drægtigheder, der blev afsluttet med en kælvning, blev der imidlertid indberettet 71 brunster og/eller blødninger, svarende til ca. 8%. Disse observationer blev især gjort inden for de første tre uger efter transplantation og med lidt forskellig hyppighed på de tre forsøgsgårde. Brunsttegn alene er altså ikke en sikker negativ drægtighedsdiagnose.

Drægtighedsundersøgelsen af recipienterne blev foretaget 30-35 dage efter transplantation, og ikke-drægtige dyr blev anvendt til transplantation igen. Opnåedes ikke drægtighed efter 2. transplantation, blev dyret normalt kasseret som recipient og overgik til insemination. Drægtighedsresultaterne for 1. og 2. transplantation til samme dyr var ikke forskellige (Tabel 3.13). Frasorteringen var større før 2. ilægning, når det gjaldt køer end kvier. Dette skyldtes, at køer, der ikke ret hurtigt efter negativ drægtighedsundersøgelse igen kunne synkroniseres og/eller anvendes, oftest enten blev sat ud eller insemineret af hensyn til antal tomdage.

Tabel 3.13 Recipienter og drægtighedsresultater
Recipients and pregnancy rates

Recipientparitet *Recipient parity*	Forsøg[1] *Attempt*	Alder/dage[2] *Age/days*	n *n*	Genbrug, %[3] *Re-use, %*	Dr.-% *Pregn. %*
Kvier	1.	540	481		58
Heifers	2.	585	171	86	56
1. + 2. kalvs køer	1.	102	659		53
1. + 2. parity cows	2.	142	229	75	58
Ældre køer	1.	87	211		45
Older cows	2.	129	78	67	58

[1] Hvis første forsøg ikke gav drægtighed, blev recipienter ofte genbrugt.
If first transfer did not result in pregnancy, recipients were often re-used.
[2] Alder ved transplantation for kvier, for køer afstand fra seneste kælvning.
Age at transplantation for heifers, and distance from previous calving for cows.
[3] Andel af omløbere, som blev benyttet til ny transplantation.
Proportion of non-concievers which were re-used for a second transfer.

Strukturelle og infektiøse årsager til omløbning kunne tænkes at medføre, at ufrugtbare dyr ville opkoncentreres blandt omløbere og give lavere drægtighedprocenter ved 2. anvendelse. Dette var tilsyneladende ikke tilfældet (Tabel 3.13), men spørgsmålet blev alligevel yderligere undersøgt i en gruppe af recipienter, der ikke var drægtige efter ægtransplantation, og som herefter blev brugt til inseminering (Callesen et al., 1994). I alt blev 458 recipienter (298 køer, 160 kvier) brugt til en, to eller tre efterfølgende transplantationer, der ikke resulterede i drægtighed. Herefter blev insemineringer udført en til fem gange. Den overordnede drægtighedsrate efter første inseminering var 49% (n = 458). Efter i alt 765 inseminationer var 361 recipienter drægtige (79% af alle recipienter; 47% af alle inseminationer) efter i gennemsnit 1,6 ± 1,0 insemination pr. drægtighed (n = 361). Resultaterne af første inseminationerne er vist i Tabel 3.14. Ingen signifikante forskelle kunne påvises mellem drægtighedsraterne efter første insemination af recipient køer eller kvier, der tidligere ikke var blevet drægtige efter en, to eller tre transplantationer. Med den anvendte håndtering og udvælgelse af recipienter var årsagen til, at tilsyneladende højkvalitets embryoner ikke resulterede i drægtighed, således ikke en dårlig frugtbarhed hos de udvalgte recipienter.

Tabel 3.14 Drægtighedsprocenter efter første inseminering af recipienter som var forsøgt ikælvet én, to eller tre gange ved ægtransplantation
Pregnancy rates (Dr.-%) after first attempt with AI of recipients who had failed to concieve after one, two or three attempts with embryo transfer

	Kvier (*Heifers*)		Køer (*Cows*)	
ET-forsøg (*ET attempts*)	n	Dr.-%	n	Dr.-%
1	76	51	165	48
2	55	58	114	45
3	29	59	19	37

3.4 DRÆGTIGHEDSTID OG FØDSELSVÆGT

Med henblik på at undersøge ægtransplantationens eventuelle påvirkning af kalvens udvikling er ET-kalve og AI-kalve sammenlignet. Inden for gruppen af ET-kalve er det desuden undersøgt, om forskelle i embryonets kvalitet, udvikling og behandling samt recipientens race og paritet har haft betydning for drægtighedsperiodens længde, kalvenes fødselsvægt og årsvægt.

3.4.1 Definitioner og metoder

Kalvenes udvikling før og efter fødslen er beskrevet ved følgende (afhængige) variable:

Dr.-periode: For ET-kalve er denne beregnet som antal dage fra seneste inseminering af donor til skylning + antal dage fra ilægning til fødsel.

Fødselsvægt:

Årsvægt: For tyrekalve er benyttet vægt ved 336-dages alder, for kviekalve er det vægt ved 12 måneder.

Antal observationer samt middelværdi og spredning er vist i Tabel 3.15.

Tabel 3.15 Egenskaber analyseret for effekter af ægtransplantation og karakteristika ved embryonet og recipienten
Traits analysed for effects of embryo transfer and characteristics of embryos and recipients. Means and standard deviations

Egenskab (*Traits*)	n		s.d.
Dr.-periode, dage (*Prenatal period*)	1.903	280,4	7,5
Fødselsvægt, kg (*Birth weight*)	1.817	40,9	5,9
Årsvægt, kg (*Yearling weight*)	904	370,0	28,2

Alle analyser er udført med GLM-proceduren i SAS.

Sammenligningen af ET- og AI-kalve er gennemført efter følgende model:

	Effekt	Effekttype
Y =	Årgang (1986-1994)	Systematisk
	+ Station (Moesgaard, Skølvad, Brøstrupgaard)	Systematisk
	+ Kalvens køn (tyre, kvier)	Systematisk
	+ Kalvens race (RDM, SDM, DJ, DRK)	Systematisk
	+ Recipient-race (RDM, SDM, DJ, DRK)	Systematisk
	+ Recipient-paritet (kvier, køer)	Systematisk
	+ *AI-ET (AI-kalve, ET-kalve)*	*Systematisk*
	+ Restvariation	Tilfældig

I analysen indgik 1.903 observationer for drægtighedsperiode, 1.817 observationer for fødselsvægt og 904 observationer for årsvægt.

Effekten af frysning samt embryonernes kvalitet og udviklingstrin blev undersøgt med følgende model:

	Effekt	Effekttype
Y =	Årgang (1986-1994)	Systematisk
	+ Station (Moesgaard, Skølvad, Brøstrupgaard)	Systematisk
	+ Kalvens køn (tyre, kvier)	Systematisk
	+ Kalvens race (RDM, SDM, DJ, DRK)	Systematisk
	+ Recipient-race (RDM, SDM, DJ, DRK)	Systematisk
	+ Recipient-paritet (kvier, køer)	Systematisk
	+ *Embryo-behandling (frisk, frosset)*	*Systematisk*
	+ *Embryo-kvalitet*	*Systematisk*
	+ *Embryo-udvikling (5,0 ... 7,5)*	*Systematisk*
	+ Restvariation	Tilfældig

Analysen omfattede 1.086 observationer på drægtighedsperiode, 1.053 observationer på fødselsvægt og 756 observationer på årsvægt.

Race og specielt recipient-racens effekt på længden af drægtighedsperioden, fødselsvægt og årsvægt blev undersøgt på et materiale, hvori kun indgik RDM, SDM og Jersey som henholdsvis donorer og recipienter. Modellen svarede til den, som blev benyttet til sammenligning af ET- og AI-kalve, blot med den forskel, at effekten af AI-ET var byttet ud med effekt af frysning. Modellen blev desuden udvidet med vekselvirkning mellem race og recipient-race for at få beregnet LSmeans for kombinationerne af embryo- og recipient-race.

3.4.2 Sammenligning af ET- og AI-kalve

Ægtransplantationens effekt på kalvene fremgår af Tabel 3.16. Drægtighedsperioden er 1,8 dage længere for ET-kalve end for AI-kalve. Det tyder på, at ægtransplantationsproceduren medfører en generel forsinkelse af embryonets og/eller fosterets udvikling. Forskellene i fødsels- og årsvægt er ikke signifikante og kan derfor ikke tillægges større betydning.

Vore resultater bekræfter således en tidligere undersøgelse (King et al., 1985), som viste, at ET-kalve ikke afveg fra andre kalve.

Tabel 3.16 Forskelle mellem AI- og ET-kalve (LSmeans ± s.e.)
Contrasts between AI- and ET-calves (LSmeans ± s.e.)

	Dr.-periode, dage *Prenatal periode, days*	Fødselsvægt, kg *Birth weight, kg*	Årsvægt, kg *Yearling weight, kg*
AI	280,5 ± 0,5	38,6 ± 0,4	341,6 ± 3,9
ET	282,3 ± 0,4	38,0 ± 0,3	340,1 ± 2,1
P:	< 0,001	< 0,2	> 0,2

3.4.3 Effekt af embryonets behandling, kvalitet og udviklingstrin

Ved sammenligning af længden af drægtighedsperioden for friske og frosne embryoner (Tabel 3.17) sås ingen forskel i drægtighedsperioden, mens fødselsvægt og årsvægt var højere for kalve, som havde været frosset som embryoner.

Tabel 3.17 Forskelle mellem friske og frosne embryoner (LSmeans ±s.e.)
Contrasts between fresh and frozen embryos (LSmeans ±s.e.)

	Dr.-periode, dage *Prenatal period, days*	Fødselsvægt, kg *Birth weight, kg*	Årsvægt, kg *Yearling weight, kg*
Friske (*Fresh*)	282,2 ± 0,4	36,8 ± 0,4	338,5 ± 2,7
Frosne (*Frozen*)	282,8 ± 0,5	38,1 ± 0,5	343,6 ± 3,1
P:	< 0,2	< 0,001	< 0,05

Hverken embryonernes kvalitet (Tabel 3.18) eller udviklingstrin (Tabel 3.19) havde nogen effekt på drægtighedsperiode, fødselsvægt og årsvægt. Dette svarer til resultaterne fra undersøgelsen af King et al. (1985).

Tabel 3.18 Forskelle mellem embryoner af forskellig kvalitet (LSmeans ± s.e.)
Contrasts among embryos of various quality grades (LSmeans ±s.e.)

Klasse *Class*	Dr.-periode, dage *Prenatal period, days*	Fødselsvægt, kg *Birth weight, kg*	Årsvægt, kg *Yearling weight, kg*
1 (bedste)	282,2 ± 0,5	37,2 ± 0,5	338,6 ± 3,0
2	282,6 ± 0,5	37,3 ± 0,5	342,7 ± 2,9
3	282,7 ± 0,6	37,8 ± 0,6	341,8 ± 3,8
P:	> 0,2	> 0,2	< 0,2

Tabel 3.19 Forskelle mellem embryoner af forskellige udviklingstrin (LSmeans ± s.e.)
Contrasts among embryos of various developmental stages (LSmeans ±s.e.)

Klasse *Class*	Dr.-periode, dage *Prenatal period, days*	Fødselsvægt, kg *Birth weight, kg*	Årsvægt, kg *Yearling weight, kg*
5,0 (morula)	281,8 ± 1,0	35,4 ± 1,0	335,8 ± 5,8
5,5	283,1 ± 0,9	38,5 ± 1,0	343,5 ± 5,7
6,0	282,5 ± 0,4	37,8 ± 0,4	342,3 ± 2,7
6,5	283,2 ± 0,5	37,4 ± 0,5	340,9 ± 3,2
7,0	282,2 ± 0,6	37,7 ± 0,6	339,4 ± 3,6
7,5 (exp. blast.)	282,2 ± 0,8	37,7 ± 0,8	334,3 ± 5,0
P:	> 0,2	< 0,2	> 0,2

3.4.4 Effekt af henholdsvis kvier eller køer som recipienter

Kalve født efter transplantation til kvier havde lige så lang drægtighedsperiode som kalve overført til køer, mens fødselsvægt og årsvægt var signifikant højere for kalve født af køer (Tabel 3.20). Begge forhold svarer til resultaterne fundet af King et al. (1985).

Tabel 3.20 Forskelle mellem henholdsvis kvier og køer som recipienter (LSmeans ± s.e.)
Contrasts between heifer and cow recipients (LSmeans ± s.e.)

Klasse *Class*	Dr.-periode, dage *Prenatal periode, days*	Fødselsvægt, kg *Birth weight, kg*	Årsvægt, kg *Yearling weight, kg*
Kvier (*Heifers*)	282,5 ± 0,4	36,5 ± 0,4	337,8 ± 2,6
Køer (*Cows*)	282,4 ± 0,4	38,7 ± 0,4	342,2 ± 2,4
P:	> 0,2	< 0,001	< 0,05

3.4.5 Effekt af race af embryon og recipient

Der blev fundet en stærk signifikant effekt af embryonets race på længden af drægtighedsperioden (Tabel 3.21). Recipientens race havde derimod ingen effekt, og vekselvirkningen mellem embryonets og recipientens race var heller ikke signifikant. Det er således kalvens race, som afgør, hvornår fødslen går i gang, hvilket bekræfter tidligere undersøgelser (King et al., 1985).

Tabel 3.21 Effekt af racekombination embryon/recipient, på drægtighedsperiodens længde (LSmeans ± s.e.)
Prenatal period, contrasts among breeds of embryos and breeds of recipients (LSmeans ± s.e.)

	Recipient-race (*Recipient breed*)		
Embryo-race (*Embryo breed*)	RDM	SDM	DJ
RDM	285,0 ± 0,7	286,0 ± 0,5	282,7 ± 2,4
SDM	279,4 ± 0,5	279,7 ± 0,2	278,5 ± 1,3
DJ	284,7 ± 1,1	283,5 ± 0,7	283,7 ± 0,8

Da Jersey indgik i materialet, er der naturligvis en meget stærk raceeffekt på fødselsvægten. Raceeffekten var imidlertid helt overvejende knyttet til embryonets race. Når racerne blev bedømt som recipienter, var forskellene små og ikke signifikante. Af Tabel 3.22 fremgår dog, at Jersey-kalve født af RDM- og SDM-recipienter tenderer til at have lidt højere fødselsvægt end Jersey-kalve født af Jersey-recipienter. Tilsvarende havde RDM- og SDM-kalve født af Jersey-recipienter lidt lavere fødselsvægt end RDM- og SDM-kalve født af RDM- og SDM-recipienter.

Tabel 3.22 Effekt af racekombination embryon/recipient, på fødselsvægt (LSmeans ± s.e.)
Birth weight, contrasts among breeds of embryos and breeds of recipients (LSmeans ± s.e.)

	Recipient-race (*Recipient breed*)		
Embryo-race (*Embryo breed*)	RDM	SDM	DJ
RDM	42,4 ± 0,7	42,2 ± 0,5	39,6 ± 3,2
SDM	42,6 ± 0,5	42,6 ± 0,2	39,5 ± 1,4
DJ	26,0 ± 1,2	26,2 ± 0,8	24,5 ± 0,9

Den ringe indflydelse af recipientens race på ET-kalves fødselsvægt er bemærkelsesværdig, fordi fødselsvægten for Jersey afviger markant fra de øvrige racer. Det er dog tidligere påvist, at recipientens race har ringe eller ingen effekt på ET-kalves fødselsvægt (f.eks. King et al., 1985; Humes et al., 1987). Risikoen for kælvningsbesvær vil derfor være betydelig, hvis der anvendes recipienter af små racer til embryoner af store racer.

3.5 SAMMENFATNING OG KONKLUSION

Efter en etableringsperiode kom reproduktionsplanen med superovulation af donorer og med transplantation af embryoner i FY-BI projektet til at fungere tilfredsstillende. Derved sikredes, at de stillede målsætninger stort set kunne opfyldes, og det antal ET-kalve, der var nødvendigt for at gennemføre avlsplanen, blev således produceret de fleste år.

Der blev gennemført en række forsøg for at videreudvikle og optimere rækken af teknikker, der indgår i superovulation og ægtransplantation. Herved blev der blandt andet afprøvet forskellige forbedringer og forenklinger af den anvendte superovulationsbehandling, variationen i embryonernes udviklingstrin ved udskylning blev beskrevet, og metoder til udvælgelse og anvendelse af recipienter blev afprøvet.

Resultaterne kan sammendrages i følgende konklusioner:

1. Anvendelse af antistof med PMSG ved superovulering med PMSG var uden betydning for superovulationssvar eller kvaliteten af embryonerne.
2. Ingen effekt af at benytte 2 insemineringer, forudsat at 1. inseminering sker rettidigt.
3. Køer gav ca. 2 embryoner mere pr. skylning end kvier.
4. RDM og DRK gav ca. 2 embryoner mere end SDM og Jersey.
5. Alderen havde ingen betydning for kviers ægydelse.
6. Ægydelse hos kvæg er en egenskab med moderat arvbarhed.
7. Superovulation påvirker dagsydelse og mælkens fedt- og proteinprocent i dagene umiddelbart efter skylningen.
8. Superovulation medfører ingen uheldige følgevirkninger på donorernes frugtbarhed.
9. Embryonernes udviklingstrin ved udskylning er ikke påvirket af deres køn.

10. Drægtighedsprocenten påvirkes negativt med op mod 20 procentenheder ved frysning.
11. Drægtighedsprocenten falder betydeligt, hvis donors og recipients brunstcyklus afviger mere end 1 døgn.
12. ET-kalve har lidt længere (1,8 dag) drægtighedsperiode end AI-kalve, men adskiller sig ellers ikke fra AI-kalve hvad angår abortfrekvens, fødselsvægt og étårsvægt.
13. Recipienternes race har ringe eller ingen betydning for drægtighedsprocent, drægtighedsperiode, fødselsvægt og årsvægt.

4 Genetiske parametre for produktionsegenskaber

Jette H. Jakobsen, Torkild Liboriussen og Just Jensen

Ved at gennemføre en afprøvning på stationer forventes en mere sikker avlsværdivurdering. Dette skyldes, at miljøet kan standardiseres, således at genetiske forskelle kommer tydeligere til udtryk end i almindelige produktionsbesætninger. Desuden er der ved en stationsafprøvning mulighed for at inddrage egenskaber, som kræver mere detaljerede registreringer.

Formålet med analysen, der præsenteres i dette kapitel, var at fastlægge den genetiske variation for produktionsegenskaber, når de måles under stationsforhold.

4.1 GENETISKE ANALYSER AF INDIVIDPRØVEEGENSKABER MÅLT HOS TYRE OG KVIER

4.1.1 Baggrund

Hovedformålet med at etablere en individafprøvning af kvier født i FY-BI forsøget har været:

1) at standardisere kviernes opdrætning for at reducere miljøvariationen for den efterfølgende avlsværdivurdering for ydelse;
2) at skabe de bedst mulige rammer for en fysiologisk funktionsprøve på kvier (kapitel 5);
3) at afprøve kvierne for foderoptagelse, vækstevne og muskelfylde;
4) at beregne de genetiske korrelationer mellem samme egenskaber målt på henholdsvis kvier og tyre.

4.1.2 Materiale og metoder

Individprøvetyre og FY-BI kvier

På individprøvestationerne afprøves potentielle avlstyre fra 42 til 336 dages alderen. Kviekalvene fra FY-BI forsøget har været afprøvet i aldersperioden fra 84 til 364 dage. I disse perioder registreres kalvenes vægte med 28 dages intervaller og kalvenes foderoptagelse som summen af den daglige foderoptagelse i hvert interval. Ud fra disse tal beregnes total energioptagelse (FE-ialt), bruttotilvækst (BT), foderoptagelseskapacitet (Ku), slutvægt (SVGT) og foderudnyttelse (FUD). På RDM, SDM, og DRK tyrekalvene ultralydscannes den lange rygmuskel ved 9, 9½ og 10 måneders alderen for at få et indirekte mål for slagtekvaliteten af det levende dyr. Den lange rygmuskel er ultralydscannet på kviekalve af alle fire racer ved 10, 10½ og 11 måneders alderen.

Hos ungdyr øges Ku-værdien (foderoptagelsen udtrykt i fyldeenheder) lineært med logaritmen til dyrets kropsvægt (Ingvartsen et al., 1986). Individuelle Ku-værdier kan estimeres ved regression af daglig foderindtag på kropsvægten i måleperioden ved brug af en formel udviklet af Madsen et al. (1990):

$$FFu_{ij} = u_i + b_i * \ln(wt_{ij}) + e_{ij} \qquad [1]$$

hvor:

FFu_{ij} = summen af dagligt indtag af FE * fylde faktor (FFu) for hvert fodermiddel til dyr *i* i måleperiode *j*,

u_i = intercept for dyr *i*,

b_i = regressionskoefficient for dyr *i*,

$ln(wt_{ij})$ = naturlig logaritme til dyr *i*'s gennemsnitsvægt i måleperiode *j*,

e_{ij} = tilfældig effekt for dyr *i* i periode *j*.

$Var(e_{ij}) = \sigma_i^2$, $Cov(e_{ij}, e_{ij-1}) = r_i\ \sigma_i^2$, hvor σ_i^2 er variansen af tilfældige effekter for dyr *i*, og r_i er førsteordens autokorrelationen for dyr *i*.

Ku beregnes på grundlag af de individuelle u_i og b_i værdier ved anvendelse af formel 2 ved 400 kg legemsvægt for RDM, SDM, og DRK tyre og 300 kg legemsvægt for Jersey tyre. Kvierne fra FY-BI forsøget har fået beregnet Ku ved 300 kg legemsvægt for RDM, SDM og DRK kvier samt ved 200 kg legemsvægt for Jersey kvier.

$$Ku_i = u_i + b_i * ln(vægt) \qquad [2]$$

Foderudnyttelse (FUD) er udtrykt som foderenheder pr. kg tilvækst.

Materialet omfatter i alt 9.264 tyre individafprøvet i perioden 1984 til 1996 (heraf 584 FY-BI tyre). Desuden indgår der 371 individafprøvede FY-BI kviekalve.

4.1.3 Statistiske modeller

Der er benyttet forskellige modeller ved analysering af henholdsvis alle individprøvetyre og ved analysering af FY-BI tyre og kvier. I alle tilfælde er analysen gennemført på tværs af racer. Effekten af genimport blev inddraget i modellerne som regressioner på raceandele og heterozygoti. Definition af raceandele og heterozygoti for hver af de fire racer beskrives i det følgende.

For RDM populationen indgik "oprindelig RDM", ABK og "øvrige røde racer". Dyr af "oprindelig RDM" har racebetegnelsen RD. Følgende raceandele indgik i modellen for SDM-populationen: Andel af HF arveanlæg og andel af "oprindelig SDM". Følgende raceandele indgik i modellen for Jersey-populationen: Andel af USJ arveanlæg, andel af NZJ arveanlæg samt andel af "oprindelig DJ" arveanlæg. For DRK populationen indgik "oprindelig DRK" og "øvrige rødbrogede racer".

Proportioner af heterozygoti for hver racekombination (RD*ABK, RD* "øvrige røde racer", ABK* "øvrige røde racer", SDM*HF, DJ*USJ, DJ*NZJ, USJ*NZJ, DRK* "øvrige rødbrogede racer") indgik i modellen. Det antages at heterosis skyldes dominansafvigelser.

Foderoptagelseskapacitet (Ku), bruttotilvækst (BT), foderudnyttelse (FUD), foderenheder ialt (FE-ialt) og slutvægt (SVGT) målt på individprøvetyre blev analyseret med følgende enkeltdyr model:

	Effekt	Effekttype
Y =	Station * År * Sæson	Systematisk
	+ Population	Systematisk
	+ b * Leveringsalder	Regression
	+ $\Sigma(b_m * Race_m)$	Regression
	+ $\Sigma(b_n * Heterozygoti_n)$	Regression
	+ Dyr	Tilfældig
	+ Restvariation	Tilfældig

De tre ultralydmålinger pr. dyr blev analyseret i en enkeltdyr model, hvor det antages, at UT-målingerne er gentagne målinger af den samme egenskab.

	Effekt	Effekttype
Y =	Station * Måledag	Systematisk
	+ Population	Systematisk
	+ b_1 * Vægt ved måling	Regression
	+ b_2 * (Vægt ved måling)^2	Regression
	+ $\Sigma(b_m * Race_m)$	Regression
	+ $\Sigma(b_n * Heterozygoti_n)$	Regression
	+ Permanent miljø	Tilfældig
	+ Dyr	Tilfældig
	+ Restvariation	Tilfældig

Foderoptagelseskapacitet (Ku), bruttotilvækst (BT), foderudnyttelse (FUD), foderenheder ialt (FE-ialt) og slutvægt (SVGT) målt på FY-BI kvierne blev analyseret med følgende enkeltdyr model:

	Effekt	Effekttype
Y =	År * Sæson	Systematisk
	+ Besætning	Systematisk
	+ Population	Systematisk
	+ $\Sigma(b_m * Race_m)$	Regression
	+ $\Sigma(b_n * Heterozygoti_n)$	Regression
	+ Dyr	Tilfældig
	+ Restvariation	Tilfældig

De tre ultralydmålinger pr. dyr blev analyseret i en enkeltdyr model, hvor det antages, at UT-målingerne er gentagne målinger af den samme egenskab.

	Effekt	Effekttype
Y =	År	Systematisk
	+ Besætning	Systematisk
	+ Population	Systematisk
	+ b_1 * Vægt ved måling	Regression
	+ b_2 * (Vægt ved måling)^2	Regression
	+ $\Sigma(b_m$ * Race$_m)$	Regression
	+ $\Sigma(b_n$ * Heterozygoti$_n)$	Regression
	+ Måledag	Tilfældig
	+ Permanent miljø	Tilfældig
	+ Dyr	Tilfældig
	+ Restvariation	Tilfældig

Genetiske korrelationer mellem individprøveegenskaber målt på henholdsvis tyre og kvier blev estimeret i en bivariat enkeltdyr model.

Varians og covarians komponenterne blev estimeret med Average Information Restricted Maximum Likelihood (AI-REML) algoritmen (Madsen et al., 1994), som er inkluderet i DMU-programpakken (Jensen & Madsen, 1994).

4.1.4 Resultater og diskussion

I Tabel 4.1 er vist gennemsnit, fænotypisk spredning og heritabilitet for egenskaber målt og beregnet på alle malkeracetyre, som har gennemført individprøven i perioden fra 1984 til 1996. I Tabel 4.2 ses genetiske og fænotypiske korrelationer mellem de samme egenskaber. Korrelationer på 0,96, 0,74, og 0,79 blev estimeret mellem hhv. BT og SVGT, BT og FE-ialt, SVGT og FE-ialt, hvilket indikerer at BT og SVGT stort set er den samme egenskab. Genetiske korrelationer mellem hhv. Ku og BT, Ku og UT samt BT og UT er 0,10, -0,14 og -0,06, hvilket stemmer godt overens med litteraturestimater for SDM på 0,15, -0,15 og -0,10 (Pedersen et al, 1995b).

Tabel 4.1 **Gennemsnit (Gns.), fænotypisk spredning (σ_p) og heritabilitet (h^2±s.e.) for foderoptagelseskapacitet (Ku), bruttotilvækst (BT), foderudnyttelse (FUD), slutvægt (SVGT), muskelareal (UT) og foderenheder i alt (FE-ialt) for alle individprøvetyre N=9.264**

Average across breeds (Gns.), phenotypic standard deviation (σ_p) and heritability (h^2 ± s.e.) for feed intake capacity (Ku), average daily gain (BT), feed efficiency (FUD), weight at end of test (SVGT), muscle area (UT) and total feed intake in Scandinavian feed units (FE-ialt) for all performance test bulls N=9.264

Egenskab (*Trait*)	Gns.	σ_p	h^2 ± s.e.
Ku	11,0	0,62	0,32 ± 0,02
BT, g/dag	1203	96	0,40 ± 0,02
FUD, FE/kg tilv.	4,57	0,27	0,35 ± 0,02
SVGT, kg	415	32	0,46 ± 0,02
UT, cm^2	51,4	5,11	0,47 ± 0,02
FE-i alt	1610	105	0,42 ± 0,02

Tabel 4.2 **Genetiske (r_A±s.e.) og fænotypiske (r_p) korrelationer mellem foderoptagelseskapacitet (Ku), bruttotilvækst (BT), foderudnyttelse (FUD), slutvægt (SVGT), muskelareal (UT) og foderenheder i alt (FE-ialt) målt på individprøvetyre[2)]**

Genetic (r_A±s.e.) and phenotypic (r_p) correlations between feed intake capacity (Ku), average daily gain (BT), feed efficiency (FUD), weight at end of test (SVGT), muscle area (UT) and total feed intake in Scandinavian feed units (FE-ialt) measured on performance test bulls[2)]

	Ku	BT	FUD	SVGT	UT[1)]	FE-ialt
Ku		0,10 ± 0,05	0,59 ± 0,04	0,09 ± 0,05	-0,14 ± 0,06	0,61 ± 0,03
BT	0,16		-0,54 ± 0,04	0,96 ± 0,01	-0,06 ± 0,05	0,74 ± 0,02
FUD	0,42	-0,59		-0,41 ± 0,04	-0,03 ± 0,06	0,15 ± 0,05
SVGT	0,15	0,97	-0,52		-0,07 ± 0,05	0,79 ± 0,02
UT[1)]	-0,05	0,00	-0,03	-0,03		-0,12 ± 0,05
FE-ialt	0,57	0,70	0,14	0,73	-0,06	

[1)] Muskelareal ikke målt på Jersey (*Muscle area not measured on Jersey*)
[2)] Genetiske korrelationer over og fænotypiske korrelationer under diagonal
Genetic correlations above and phenotypic correlations below the diagonal

I Tabel 4.3 ses simple gennemsnit for egenskaber målt på individafprøvede tyre født i FY-BI forsøget.

Tabel 4.3 **Gennemsnit pr. race for foderoptagelseskapacitet (Ku), bruttotilvækst (BT), foderudnyttelse (FUD), slutvægt (SVGT), foderenheder ialt (FE-ialt), samt muskelareal ved første (UT1), anden (UT2) og tredie måling (UT3), målt på FY-BI tyre**
Breed average for feed intake capacity (Ku), average daily gain (BT), feed efficiency (FUD), weight at end of test (SVGT), total feed intake in Scandinavian feed units (FE-ialt), and muscle area at first (UT1), at second (UT2) and at third measurement (UT3), measured on FY-BI bulls

	Race (*Breed*)			
	RDM	SDM	Jersey	DRK
Egenskab (*Trait*)	N=109	N=375	N=72	N=28
Ku	10,9	11,4	8,9	11,3
BT, g/dag	1.264	1.238	948	1.330
FUD, FE/kg tilv.	4,38	4,51	4,60	4,44
SVGT, kg	432	437	303	459
FE-i alt	1.622	1.664	1.277	1.730
UT1, cm^2	51,4	45,3		49,3
UT2, cm^2	53,8	47,9		51,7
UT3, cm^2	56,2	50,9		55,0

I Tabel 4.4 ses simple gennemsnit for egenskaber målt på individafprøvede kvier født i FY-BI forsøget.

Tabel 4.4 **Gennemsnit pr. race for foderoptagelseskapacitet (Ku), bruttotilvækst (BT), foderudnyttelse (FUD), slutvægt (SVGT), foderenheder ialt (FE-ialt) samt muskelareal ved første (UT1), anden (UT2) og tredie måling (UT3), målt på FY-BI kvier**
Breed average for feed intake capacity (Ku), average daily gain (BT), feed efficiency (FUD), weight at end of test (SVGT), total feed intake in Scandinavian feed units (FE-ialt), and muscle area at first (UT1), at second (UT2) and at third measurement (UT3), measured on FY-BI heifers

	Race (*Breed*)			
	RDM	SDM	Jersey	DRK
Egenskab (*Trait*)	N=62	N=261	N=36	N=12
Ku	5,28	5,59	4,27	5,61
BT, g/dag	650	705	516	743
FUD, FE/kg tilv.	4,44	4,38	4,73	4,23
SVGT, kg	273	296	210	309
FE-i alt	801	855	675	871
UT1, cm^2	21,1	19,6	14,3	20,1
UT2, cm^2	21,4	20,5	14,6	21,3
UT3, cm^2	22,8	21,4	15,2	21,8

I Tabel 4.5 ses gennemsnit, fænotypisk spredning og heritabiliteter for individprøveegenskaber målt på FY-BI kvier. I Tabel 4.6 er vist korrelationer mellem egenskaber målt på kvier. I denne

undersøgelse var arvbarhederne for hhv. BT, SVGT og FUD 0,76, 0,61 og 0,52, hvilket er i overensstemmelse med eller højere end estimater opnået i et hollandsk forsøg, hvor heritabilitetsestimater på hhv. 0,3, 0,77 og 0,18 var opnået for BT, SVGT og FUD (Korver et al., 1991).

Den genetiske korrelation mellem BT og SVGT var høj (0,97), hvilket er af samme størrelsesorden som korrelationen mellem de samme to egenskaber målt på tyre. Korrelationerne mellem BT og FE-ialt samt SVGT og FE-ialt er høj hos såvel kvier som tyre. Korrelationsestimaterne mellem BT og SVGT samt FUD og BT målt på kvier var hhv. 0,39 og -0,77 i en hollandsk undersøgelse (Korver et al., 1991). Korrelationer mellem individprøveegenskaber målt inden for køn adskiller sig især for Ku og FUD, Ku og UT, BT og UT, SVGT og UT, FUD og FE-ialt samt UT og FE-ialt, som er -0,25, 0,46, 0,67, 0,65, -0,80 og 0,92 for kvier og 0,59, -0,14, -0,06, -0,07, 0,15 og -0,12 for tyre.

Tabel 4.5 **Gennemsnit (Gns.), fænotypisk spredning (σ_p) og heritabilitet (h^2±s.e.) for foderoptagelseskapacitet (Ku), bruttotilvækst (BT), foderudnyttelse (FUD), slutvægt (SVGT), foderenheder ialt (FE-ialt) og muskelareal (UT) for FY-BI kvier**
Average (Gns.), phenotypic standard deviation (σ_p) and heritability (h^2 ± s.e.) for feed intake capacity (Ku), average daily gain (BT), feed efficiency (FUD), weight at end of test (SVGT), total feed intake in Scandinavian feed units (FE-ialt) and muscle area (UT) for FY-BI heifers

Egenskab (*Trait*)	Gns.	σ_p	h^2 ± s.e.
Ku	5,41	0,33	0,56 ± 0,12
BT, g/dag	679	66	0,76 ± 0,10
FUD, FE/kg tilv.	4,42	0,30	0,52 ± 0,11
SVGT, kg	285	21	0,61 ± 0,11
UT, cm^2	20,2	2,02	0,34 ± 0,07
FE-i alt	830	57	0,35 ± 0,11

Tabel 4.6 **Genetiske (r_A±s.e.) og fænotypiske (r_p) korrelationer mellem foderoptagelseskapacitet (Ku), bruttotilvækst (BT), foderudnyttelse (FUD), slutvægt (SVGT), muskelareal (UT) og foderenheder i alt (FE-ialt) målt på FY-BI kvier[1)]**
Genetic (r_A±s.e.) and phenotypic (r_p) correlations between feed intake capacity (Ku), average daily gain (BT), feed efficiency (FUD), weight at end of test (SVGT), muscle area (UT) and total feed intake in Scandinavian feed units (FE-ialt) for FY-BI heifers[1)]

	Ku	BT	FUD	SVGT	UT	FE-ialt
Ku		0,22 ± 0,15	-0,25 ± 0,17	0,25 ± 0,16	0,46 ± 0,22	0,21 ± 0,21
BT	0,27		-0,94± 0,04	0,97 ± 0,01	0,67 ± 0,05	0,93 ± 0,05
FUD	0,14	-0,74		-0,84 ± 0,07	0,04 ± 0,24	-0,80 ± 0,14
SVGT	0,31	0,94	-0,60		0,65 ± 0,15	0,95 ± 0,05
UT	0,12	0,30	-0,09	0,25		0,92 ± 0,19
FE-i alt	0,60	0,71	-0,11	0,76	0,12	

[1)] Genetiske korrelationer over og fænotypiske korrelationer under diagonal
Genetic correlations above and phenotypic correlations below the diagonal

I Tabel 4.7 ses gennemsnit, fænotypisk spredning og heritabilitet for egenskaber målt og beregnet på FY-BI tyre. Der er her anvendt den samme model som ved beregning af heritabiliteter for FY-BI kvier.

Tabel 4.7 Gennemsnit (Gns.), fænotypisk spredning (σ_p) og heritabilitet (h^2±s.e.) for foderoptagelseskapacitet (Ku), bruttotilvækst (BT), foderudnyttelse (FUD), slut-vægt (SVGT), foderenheder i alt (FE-ialt) og muskelareal (UT) for FY-BI tyre
Average (Gns.), phenotypic standard deviation (σ_p) and heritability (h^2 ± s.e.) for feed intake capacity (Ku), average daily gain (BT), feed efficiency (FUD), weight at end of test (SVGT), total feed intake in Scandinavian feed units (FE-ialt) and muscle area (UT) for FY-BI bulls

Egenskab (*Trait*)	Gns.	σ_p	h^2 ± s.e.
Ku	10,99	0,55	0,30 ± 0,09
BT, g/dag	1.225	99	0,77 ± 0,10
FUD, FE/kg tilv.	4,49	0,27	0,84 ± 0,10
SVGT, kg	423	31	0,66 ± 0,10
UT, cm^2	48,4	5,10	0,51 ± 0,11
FE-i alt	1.611	97	0,66 ± 0,09

Heritabiliteter for tilvækst og slutvægt er væsentlig højere end opnået ved de ordinære individprøver (Tabel 4.1). Årsagen til dette er ikke helt klarlagt. Der er således ingen principiel forskel mellem individafprøvning af tyre fra FY-BI projektet og de ordinære individprøvetyre. Formodentlig er heritabiliterne fra FY-BI materialet overvurderet, fordi adskillelsen af miljømæssige og genetiske effekter er mere usikker, bl.a. fordi FY-BI tyrene stammer fra kun 3 besætninger, hvorimod de ordinære individprøvetyre stammer fra mange forskellige besætninger. Middelfejlen (s.e.) er desuden væsentlig større på heritabiliteterne beregnet på FY-BI tyrene alene end på de heritabiliteter, som er beregnet på alle individprøvede tyre.

I Tabel 4.8 ses genetiske korrelationer mellem individprøveegenskaber målt på samtlige tyre, som har været på individprøve i perioden fra 1984 til 1996, og henholdsvis FY-BI kvier og køer. Korrelationerne er generelt lave mellem egenskaber målt på de to køn. En af årsagerne til de lave genetiske korrelationer for egenskaber relateret til vækst og foderudnyttelse kan være det meget forskellige tilvækstniveau for de to køn. Kvierne blev fodret med en meget mere energifattig blanding for at undgå en for høj tilvækst i den periode, der er kritisk for den senere mælkeydelse. En lav genetisk korrelation mellem tyre fodret ad lib. med blandinger med forskellige energiindhold blev også fundet i HH-forsøget (Jensen et al., 1995). En af undtagelserne er korrelationen mellem muskelareal målt på kvier og muskelareal målt på tyre, som er 0,99. Derudover skal nævnes moderate sammenhænge mellem Ku og FE-ialt målt på kvier og BT, SVGT og FE-ialt målt på tyre. Korrelationerne mellem egenskaber målt på de to køn er lavere end opnåede korrelationer i en tilsvarende hollandsk undersøgelse, hvor hhv. 0,52, -0,25 og 0,21 var opnået mellem SVGT, BT og FUD (Nieuwhof et al., 1992). En genetisk korrelation på 0,97 blev estimeret mellem UT målt på tyre og kvier i H-H forsøget (Jensen et al., 1995). Dette stemmer overens med opnåede korrelationer for muskelareal i denne undersøgelse.

Tabel 4.8 Genetiske korrelationer (r_A) for individprøveegenskaber målt på alle individafprøvede tyre, FY-BI kvier og FY-BI køer

Genetic correlations (r_A) for performance traits measured on all performance tested bulls, FY-BI heifers and FY-BI cows

	Tyre (*Bulls*)					
	Ku	BT	FUD	SVGT	UT	FE-i alt
Kvier (*Heifers*)	r_A ± s.e.	r_A ± s.e.	r_A ± s.e.	r_A ± s.e.	r_A ± s.e.	r_A ± s.e.
Ku	**0,15±0,15**	0,48±0,14	-0,13±0,15	0,49±0,14	-0,05±0,14	0,45±0,15
BT	0,06±0,13	**0,08±0,13**	0,05±0,13	0,02±0,12	-0,20±0,12	0,13±0,13
FUD	0,12±0,15	0,11±0,15	**-0,03±0,16**	0,20±0,15	0,24±0,15	0,07±0,15
SVGT	0,05±0,14	0,31±0,14	-0,07±0,14	**0,28±0,14**	-0,26±0,12	0,31±0,14
UT	-0,01±0,16	0,20±0,16	-0,12±0,17	0,20±0,16	**0,99**	0,09±0,19
FE-ialt	0,21±0,17	0,46±0,18	-0,03±0,17	0,46±0,19	-0,11±0,15	**0,49±0,19**
Køer (*Cows*)						
Vægt	0,43±0,15	0,58±0,14	-0,40±0,16	0,52±0,15	-0,07±0,16	0,43±0,15
Ydelse	0,07±0,15	-0,37±0,13	0,19±0,14	-0,43±0,12	0,18±0,14	-0,35±0,14
Optagelse	0,53±0,55	0,34±0,52	-0.93	0,35±0,51	0,41±0,43	0,42±0,51

Resultaterne antyder en positiv genetisk sammenhæng mellem individprøvetyrenes foderoptagelse og tilvækst og køernes foderoptagelse og vægt, med genetiske korrelationer mellem 0,42 og 0,58, men specielt for korrelationerne til køernes foderoptagelse gælder, at middelfejlene på estimaterne er meget store. Andersen (1977) fandt hos RDM en høj positiv genetisk korrelation mellem tyrekalves tilvækst og køers brystomfang (0,79), mens han for SDM fandt en genetisk korrelation på nul. Senere analyser (Jensen et al., 1995) tyder også på, at der er en positiv genetisk sammenhæng mellem tyrekalves tilvækst og køers vægt.

Af tabel 4.8 fremgår desuden, at der i denne analyse er fundet en tydelig negativ genetisk sammenhæng mellem tyres tilvækst og køers ydelse. Dette resultat er overraskende, fordi en række tidligere analyser af såvel danske som hollandske data har antydet en svagt positiv sammenhæng mellem tyrekalves tilvækst og køers mælkeydelse. Kun fremtiden kan vise, hvorvidt den negative sammenhæng, som er fundet i denne analyse, skyldes en reel ændring i den genetiske relation mellem vækstevne og ydelse, eller må tilskrives særlige forhold ved dyrematerialet, anvendt i denne undersøgelse.

4.1.5 Konklusion

Ud fra analyserne af individprøveegenskaber målt på tyre og FY-BI kvier kan følgende konklusioner trækkes frem:

- Analysen af hele datasættet af individprøvede tyre resulterede i heritabiliteter og øvrige genetiske parametre, som var meget lig estimater fra tilsvarende beregninger fra tidligere undersøgelser.

- Analyserne af FY-BI tyre og FY-BI kvier viste højere heritabilitet for specielt tilvækst og foderoptagelsesevne.
- Genetiske korrelationer mellem egenskaber målt på de to køn var generelt lave med undtagelse af korrelationen mellem muskelareal målt hos kvier og muskelareal målt hos tyre, som var 0,99.
- Positive genetiske korrelationer mellem kviers vægt og individprøvetyres tilvækst, 11 mdr.s vægt og optagelseskapacitet.
- Negative genetiske korrelationer mellem individprøvetyres tilvækst og køers ydelse.

4.2 GENETISKE ANALYSER AF 305-DAGES YDELSE OG EKSTERIØREGENSKABER

4.2.1 Baggrund

Formålet med denne delundersøgelse var at fastlægge heritabilitet og variation for 305-dages ydelse og udvalgte eksteriøregenskaber på baggrund af registreringer på FY-BI stationerne. Arbejdshypotesen har været, at disse egenskaber havde en højere arvbarhed, når de blev målt under stationsforhold. Herved kan dyrenes avlsværdi fastlægges med en højere sikkerhed, end det er muligt i almindelige produktionsbesætninger. Et yderligere formål var at estimere egenskabernes sammenhæng både inden for og på tværs af paritet.

4.2.2 Materiale og metoder

Ydelsesdata

De registrerede ydelser bestod af 2.444 laktationer af henholdsvis RDM, SDM, Jersey og DRK køer, som havde lakteret på en af FY-BI gårdene. Afstamningsoplysninger så langt tilbage som muligt blev trukket fra kvægdatabasen på LEC. Laktationer med færre end 250 laktationsdage blev slettet fra datasættet, ligesom køer, der var flyttet i laktationsperioden, blev udeladt. Der var mange køer med meget korte laktationer i datasættet. Dette var køer, der blev anvendt som recipienter og derefter udsat kort efter kælvning p.g.a. manglende staldkapacitet. Kun laktationer i sekvens, startende med en første laktation i projektperioden, blev inkluderet i beregningerne. Køer med mindst 250 malkedage og mindre end 305 malkedage fik deres laktation forlænget efter følgende princip: Ydelsen ved den sidste kontrollering inden afgang blev forlænget lineært til en forventet 305-dages ydelse. I alt 1.474 af laktationerne var af en længde på mindst 250 dage, og de er derfor inkluderet i beregningerne med enten en fuldendt 305-dages ydelse eller en beregnet 305-dages ydelse. Tabel 4.9 viser fordeling på race og paritet for det datasæt, som indgik i analyserne.

Tabel 4.9 Laktationer med min. 250 dage fordelt på race og paritet
No. of cows with min. 250 days in lactation by breed and parity

Paritet *Parity*	Race (*Breed*):	RDM	SDM	DJ	DRK	Total
1		158	529	58	21	766
2		77	309	37	14	437
3		27	132	13	3	175
4		14	42	5	3	64
5		6	14	4	1	25
6		0	6	1	0	7
		282	1.032	118	42	**1.474**

Eksteriørdata
Køer i første laktation blev på FY-BI gårdene eksteriørbedømt af afkomsinspektører fra de respektive raceforeninger. Derudover er en del kåret i senere laktationer og enkelte flere gange inden for den samme laktation. Hundyr født i FY-BI projektet er desuden kåret som kvier ved en alder af ca. 15 måneder. Trods overgang til lineær kåring i 1993 er langt hovedparten af kåringerne foretaget efter 10*10 skalaen for så vidt muligt at bibeholde det samme kåringssystem gennem hele forsøgsperioden.

De 10 bedømte egenskaber er følgende:
1. Forpart
2. Ryg
3. Krydsform
4. Lår og skank
5. Lemmer og klove (LK)
6. Yverform og -kvalitet (YK)
7. Pattestørrelse og -form (PF)
8. Pattestilling og -placering (PP)
9. Type
10. Størrelse (ST)

Hver af de 10 egenskaber blev bedømt på en skala fra 1 til 10. Kåringerne foretaget efter den lineære skala vil ikke indgå i beregningerne. I Tabel 4.10 er vist fordelingen af eksteriørbedømmelser på paritet. For de vigtigste egenskaber er en forkortelse angivet i parentes, og det er kun disse egenskaber, der indgår i analyserne.

Tabel 4.10 Antal dyr kåret som hhv. kvie og i første laktation
No. of animals classified for type traits

Paritet (*Parity*)	Antal observationer (*No. of records*)
Kvie (*Heifer*)	363
1. laktation (1^{st} *lactation*)	554

Statistiske modeller

Analyserne er foretaget samlet for de fire populationer (RDM, SDM, Jersey, DRK). Effekten af genimport blev inddraget i modellerne som regressioner på raceandele og heterozygoti. Definition af raceandele og heterozygoti for hver af de fire populationer er beskrevet i afsnit 4.1.3.

Køernes ydelsesegenskaber blev først analyseret med følgende enkeltdyr model (animal model) inden for hver laktation.

	Effekt	Effekttype
Y =	Besætning * Kælvningsår	Systematisk
	+ Population	Systematisk
	+ Besætning * Population	Systematisk
	+ Tidligere Kælvningsinterval/Kælvningsalder * Population	Systematisk
	+ Nuværende Kælvningsinterval	Systematisk
	+ $\Sigma (b_m * Race_m)$	Regression
	+ $\Sigma (b_n * Heterozygoti_n)$	Regression
	+ Dyr	Tilfældig
	+ Rest variation	Tilfældig

For at undersøge hvorvidt de samme gener påvirker ydelsen i forskellige laktationer blev ydelsesegenskaberne også analyseret med følgende enkeltdyr model, hvor efterfølgende laktationer betragtes som gentagne målinger af den samme egenskab:

	Effekt	Effekttype
Y =	Besætning * Kælvningsår	Systematisk
	+ Population	Systematisk
	+ Besætning * Population	Systematisk
	+ Laktationsnummer	Systematisk
	+ Tidligere Kælvningsinterval/Kælvningsalder * Population	Systematisk
	+ Nuværende Kælvningsinterval	Systematisk
	+ $\Sigma (b_m * Race_m)$	Regression
	+ $\Sigma (b_n * Heterozygoti_n)$	Regression
	+ Permanent miljø	Tilfældig
	+ Dyr	Tilfældig
	+ Rest variation	Tilfældig

Eksteriøregenskaber bedømt på kvier blev analyseret med følgende enkeltdyr model:

	Effekt	Effekttype
Y =	År * Sæson	Systematisk
	+ Population	Systematisk
	+ Alder ved kåring	Systematisk
	+ Population * År	Systematisk
	+ Besætning	Systematisk
	+ $\Sigma (b_m * Race_m)$	Regression
	+ $\Sigma (b_n * Heterozygoti_n)$	Regression
	+ Dyr	Tilfældig
	+ Rest variation	Tilfældig

Eksteriøregenskaber bedømt på køer blev analyseret med følgende enkeltdyr model:

	Effekt	Effekttype
Y =	År * Sæson	Systematisk
	+ Population	Systematisk
	+ Alder ved kælvning	Systematisk
	+ Afstand fra kælvning	Systematisk
	+ Population * År	Systematisk
	+ Besætning	Systematisk
	+ $\Sigma (b_m * Race_m)$	Regression
	+ $\Sigma (b_n * Heterozygoti_n)$	Regression
	+ Dyr	Tilfældig
	+ Rest variation	Tilfældig

Genetiske korrelationer mellem ydelsesegenskaber, ydelsesegenskaber målt i forskellige pariteter, eksteriøregenskaber og eksteriøregenskaber målt hos kvier og hos køer blev estimeret i bivariate enkeltdyrmodeller. Fænotypiske varianser for ydelse for RDM-, DJ- og DRK-køer blev standardiseret til SDM-niveau.

4.2.3 Resultater og diskussion

Heritabilitet og variation for ydelse

I Tabel 4.11, 4.12 og 4.13 er vist gennemsnit, fænotypisk spredning og heritabilitet for henholdsvis mælke-, fedt- og proteinydelse i hver laktation for sig samt for alle laktationer samlet. Heritabiliteten i første laktation er 0,42 for alle tre ydelsesegenskaber. Til sammenligning fandt Jakobsen et al. (1995) heritabilitetsestimater omkring 0,3 i første laktation ved analyse af feltdata med en lidt enklere model. Anvendelsen af en afprøvningsstation har således betydet, at genetiske forskelle i ydelse er mere fremtrædende end i mere almindelige produktionsbesætninger. En del af forskellen kan dog muligvis skyldes, at Jakobsen et al. (1995) anvendte en far-model, som tenderer til at give lavere heritabilitetsestimater end en enkeltdyrmodel.

Generelt er heritabiliteten også høj i senere laktationer, men resultaterne er mere varierende, idet datagrundlaget er mindre end for første laktation.

Ved den samlede analyse på tværs af laktationer er heritabilitetsestimatet lavere end gennemsnittet af laktationerne hver for sig. Årsagen til dette er ikke helt klar. En mulig årsag er genetiske korrelationer mellem laktationer, som er væsentlig lavere end 1,0. Dette spørgsmål vil blive belyst i det følgende afsnit. En anden årsag er, at modellen ved gentagne laktationer indeholder en permanent miljøeffekt. Denne effekt er vanskelig at adskille fra den additivt genetiske effekt, og dette kan påvirke heritabilitetsestimatet i nedadgående retning.

Tabel 4.11 Gennemsnit (Gns.), fænotypisk spredning (σ_p), interklassekorrelation (r) og heritabilitet ($h^2 \pm$ s.e.) for mælkeydelse
Average (Avg.), phenotypic standard deviation (σ_p), heritability ($h^2 \pm$ s.e.) and intraclass correlation (r) for milk yield

Paritet (*Parity*)	Gns. (*Avg.*)	σ_p	$h^2 \pm$ s.e.	r
1. laktation	6.939,2	1.018,8	0,42 ± 0,08	
2. laktation	7.877,6	1.079,4	0,36 ± 0,11	
3. laktation	8.358,0	1.165,4	0,41 ± 0,22	
1.-6.[1)]		1.081,5	0,32 ± 0,06	0,47
1., 2., 3.[2)]		1.072,1	0,33 ± 0,06	0,48

[1)] beregnet som gentagne målinger af den samme egenskab (laktation 1-6)
analyzed as repeated measures of the same trait (lactation 1-6)
[2)] beregnet som gentagne målinger af den samme egenskab (1., 2. og 3. laktation)
analyzed as repeated measures of the same trait (1., 2. and 3. lactation)

Tabel 4.12 Gennemsnit (Gns.), fænotypisk spredning (σ_p), interklassekorrelation (r) og heritabilitet ($h^2 \pm$ s.e.) for fedtydelse
Average (Avg.), phenotypic standard deviation (σ_p), heritability ($h^2 \pm$ s.e.) and intraclass correlation (r) for butterfat yield

Paritet (*Parity*)	Gns. (*Avg.*)	σ_p	$h^2 \pm$ s.e.	r
1. laktation	308,5	44,56	0,42 ± 0,07	
2. laktation	355,6	52,15	0,47 ± 0,11	
3. laktation	381,3	56,85	0,14 ± 0,25	
1.-6.[1)]		48,36	0,32 ± 0,05	0,46
1., 2., 3.[2)]		48,28	0,33 ± 0,06	0,48

[1)] [2)] se Tabel 4.11 - *see Table 4.11*

Tabel 4.13 Gennemsnit (Gns.), fænotypisk spredning (σ_p), interklassekorrelation (r) og heritabilitet (h^2 ± s.e.) for proteinydelse

Average (Avg.), phenotypic standard deviation (σ_p), heritability (h^2 ± s.e.) and intraclass correlation (r) for protein yield

Paritet (*Parity*)	Gns. (*Avg.*)	σ_p	h^2 ± s.e.	r
1. laktation	232,8	29,22	0,42 ± 0,07	
2. laktation	265,0	34,29	0,54 ± 0,11	
3. laktation	277,8	36,04	0,35 ± 0,24	
1.-6.[1)]		32,22	0,34 ± 0,06	0,48
1., 2., 3.[2)]		31,88	0,37 ± 0,06	0,42

[1)] [2)] se Tabel 4.11 - *see Table 4.11*

Sammenhænge mellem ydelse i forskellige laktationer

I Tabel 4.14 er de genetiske og fænotypiske korrelationer mellem samme ydelsesegenskab målt i forskellige laktationer vist. Alle genetiske korrelationer er meget høje og ikke signifikant forskellige fra 1,0. Det kan derfor antages, at under stationsmiljøet er det de samme gener, som kontrollerer mælkeydelsen i de tre første laktationer.

Tabel 4.14 Genetiske (r_A) og fænotypiske (r_P) korrelationer mellem ydelsesegenskaber målt i hhv. 1., 2. og 3. laktation

Genetic (r_A) and phenotypic (r_P) correlations between production traits in 1., 2. and 3. lactation, respectively

	1-2 lakt. (*lact.*)		1-3 lakt. (*lact.*)		2-3 lakt. (*lact.*)	
Egenskab (*Trait*)	r_A	r_P	r_A	r_P	r_A	r_P
Mælk (*Milk*)	0,99 ± 0,14	0,52	0,99 ± 0,30	0,52	0,99 ± 0,31	0,50
Fedt (*Fat*)	0,94 ± 0,12	0,53	0,83 ± 0,44	0,50	0,93 ± 0,31	0,48
Protein (*Protein*)	0,90 ± 0,11	0,50	0,90 ± 0,23	0,56	0,93 ± 0,22	0,57

Sammenhænge mellem ydelsesegenskaberne

I Tabel 4.15 er de genetiske og fænotypiske sammenhænge mellem ydelsesegenskaberne dels i første laktation og dels på tværs af laktationer vist. Estimater af de genetiske korrelationer mellem mælk-fedt, mælk-protein og fedt-protein var henholdsvis 0,69, 0,88 og 0,82. I en lignende analyse fandt Visscher & Thompson (1992) estimater på 0,75, 0,91 og 0,82, og resultaterne er således i god overensstemmelse. Den samlede analyse på tværs af laktationer gav praktisk taget de samme korrelationer som ved analysen på første laktation alene.

Tabel 4.15 Genetiske (r_A) og fænotypiske (r_P) korrelationer mellem ydelsesegenskaberne i 1. laktation og på tværs af laktationer
Genetic (r_A) and phenotypic (r_P) correlations between production traits in 1.lactation and across several lactations

Paritet (*Parity*)	mælk-fedt *milk-fat*		mælk-protein *milk-protein*		fedt-protein *fat-protein*	
	r_A	r_P	r_A	r_P	r_A	r_P
1.	0,69 ± 0,07	0,76	0,88 ± 0,03	0,92	0,82 ± 0,04	0,85
1.-6.	0,61 ± 0,08	0,76	0,87 ± 0,03	0,91	0,82 ± 0,04	0,86
1., 2.,3.	0,63 ± 0,07	0,76	0,87 ± 0,03	0,91	0,82 ± 0,04	0,85

Heritabilitet og variation for eksteriøregenskaberne
I Tabel 4.16 og 4.17 er vist gennemsnit, fænotypisk spredning og heritabilitet for udvalgte eksteriøregenskaber bedømt hos henholdsvis kvier og køer. For kvier er heritabiliteten for bedømmelsen af lemmer og klove 0,29, hvilket er lidt højere end niveauet for denne karakter ved den normale eksteriørbedømmelse af køer i første laktation i almindelige besætninger (Pedersen et al., 1995a). Heritabiliteten for karakteren for kviernes størrelse var 0,31. Dette er lavere end normalt for størrelse, dette skyldes formodentlig, at det er den bedømte karakter i stedet for et højdemål, der er anvendt i projektet.

Heritabiliteten for eksteriørbedømmelsen i første laktation varierer fra 0,39 for lemmer og klove til 0,49 for bedømmelserne vedrørende patter. Dette er væsentligt højere end heritabiliteten for de lignende egenskaber, når de er lineært bedømt i almindelige produktionsbesætninger, hvor heritabilitetsestimaterne varierer fra 0,17 til 0,32, udtrykt som gennemsnit på tværs af lignende egenskaber og på tværs af racer (Pedersen et al., 1995a). Det standardiserede miljø på stationerne betyder således, at de genetiske forskelle i eksteriøregenskaberne kommer tydeligere frem.

Tabel 4.16 Gennemsnit (Gns.), fænotypisk spredning (σ_p) og heritabilitet (h^2 ± s.e.) for eksteriøregenskaber hos kvier
Average (Avg.), phenotypic standard deviation (σ_p) and heritability (h^2 ± s.e.) for type traits in heifers

Egenskab (*Trait*)	Gns. (*Avg.*)	σ_p	h^2 ± s.e.
Lemmer og klove (*Legs and hooves*)	7,0	1,00	0,29 ± 0,10
Størrelse (*Size*)	8,7	1,24	0,31 ± 0,12

Tabel 4.17 Gennemsnit (Gns.), fænotypisk spredning (σ_p) og heritabilitet ($h^2 \pm$ s.e.) for eksteriøregenskaber hos 1. laktations køer
Average (Avg.), phenotypic standard deviation (σ_p) and heritability ($h^2 \pm$ s.e.) for type traits in 1. lactation cows

Egenskab (*Trait*)	Gns. (*Avg.*)	σ_p	$h^2 \pm$ s.e.
Lemmer og klove (*Legs and hooves*) - (LK)	6,6	1,06	0,39 ± 0,09
Yverform og kvalitet (*Udder form and quality*) - (YK)	7,7	1,09	0,43 ± 0,10
Pattestørrelse og -form (*Teat size and shape*) - (PF)	7,6	1,26	0,49 ± 0,10
Pattestilling og -placering (*Teat placement*) - (PP)	7,7	1,27	0,49 ± 0,11
Størrelse (*Size*) - (ST)	9,1	1,04	0,43 ± 0,10

Sammenhænge mellem udvalgte eksteriøregenskaber
I Tabel 4.18 er de genetiske og fænotypiske sammenhænge mellem egenskaber bedømt på kvier og de tilsvarende egenskaber bedømt på køer i første laktation vist. For lemmer og klove er det klart den samme egenskab, der registreres i begge pariteter, idet den genetiske korrelation er 0,90. For størrelse er korrelationen noget lavere. Det skyldes formentlig, at kvierne har en betydelig tilvækst mellem de to bedømmelser.

Tabel 4.18 Genetiske (r_A) og fænotypiske (r_P) korrelationer mellem eksteriøregenskaber målt hos kvier og hos 1. laktations køer
Genetic (r_A) and phenotypic (r_P) correlations between type traits recorded on heifers and 1. lactation cows

Egenskab (*Trait*)	Kvier-køer (*Heifers-cows*)	
	r_A	r_P
Lemmer og klove (*Legs and hooves*)	0,90 ± 0,22	0,42
Størrelse (*Size*)	0,75 ± 0,20	0,33

I Tabel 4.19 er vist de genetiske og fænotypiske korrelationer mellem eksteriøregenskaber bedømt på køer i første laktation. De fænotypiske korrelationer er generelt lave, hvorimod specielt de genetiske korrelationer mellem yver- og patteegenskaber er høje. Således blev den genetiske korrelation mellem yveregenskaber og pattestilling og -placering estimeret til 0,93.

Tabel 4.19 Genetiske korrelationer (over diagonal) og fænotypiske korrelationer (under diagonal) for eksteriøregenskaber målt på 1. laktationskøer
Genetic correlations (above the diagonal) and phenotypic correlations (below the diagonal) for type traits recorded on first lactation cows

	LK	YK	PF	PP	ST
LK[1)]		0,18 ± 0,18	-0,24 ± 0,19	0,61 ± 0,16	0,27 ± 0,17
YK[1)]	0,14		0,44 ± 0,15	0,93 ± 0,07	0,33 ± 0,18
PF[1)]	0,07	0,26		0,58 ± 0,14	0,08 ± 0,18
PP[1)]	0,13	0,52	0,25		-0,16 ± 0,18
ST[1)]	0,12	0,10	0,00	0,04	

[1)] Se Tabel 4.17 for forkortelser (*See Table 4.17 for abbreviations*)

Generelt er de genetiske korrelationer mellem eksteriøregenskaberne positive, således at selektion for de enkelte eksteriøregenskaber ikke modvirker hinanden.

Sammenhænge mellem eksteriøregenskaber og ydelse
I Tabel 4.20 er de genetiske og fænotypiske korrelationer mellem ydelse og eksteriøregenskaber vist. De fænotypiske korrelationer er alle tæt på nul. De genetiske korrelationer er enten tæt på nul eller svagt positive.

Tabel 4.20 Genetiske (r_A) og fænotypiske (r_P) korrelationer mellem eksteriør- og ydelsesegenskaber målt på 1. laktationskøer
Genetic (r_A) and phenotypic (r_P) correlations between type and production traits in first lactation cows

	Mælk (*Milk*)		Fedt (*Fat*)		Protein (*Protein*)	
Egenskab (*Trait*)	r_A	r_P	r_A	r_P	r_A	r_P
LK[1)]	-0,03 ± 0,17	0,06	0,02 ± 0,16	0,12	0,07 ± 0,17	0,10
YK[1)]	-0,04 ± 0,17	-0,11	0,07 ± 0,16	-0,10	0,12 ± 0,17	-0,09
PF[1)]	0,34 ± 0,15	0,10	0,12 ± 0,15	0,01	0,28 ± 0,15	0,06
PP[1)]	0,10 ± 0,18	-0,02	0,18 ± 0,16	-0,02	0,24 ± 0,17	0,00
ST[1)]	0,26 ± 0,16	0,13	-0,03 ± 0,16	0,13	0,22 ± 0,16	0,17

[1)] Se Tabel 4.17 for forkortelser (*See Table 4.17 for abbreviations*)

4.2.4 Konklusion

Ud fra analyserne af ydelses- og eksteriøregenskaber kan følgende konklusioner trækkes frem:

- Heritabiliteten for ydelse var højere ved stationsafprøvning end ved feltafprøvning.
- De genetiske korrelationer mellem laktationer var høje.
- Ydelsesegenskaberne var indbyrdes højt korrelerede (0,65 til 0,88).
- Heritabiliteten for eksteriøregenskaberne var højere end fundet i tilsvarende feltundersøgelser.
- Der opnås en højere sikkerhed på avlsværdital for ydelse og eksteriør ved stationsafprøvning end ved feltafprøvning.

4.3 GENETISKE ANALYSER AF ENKELTKONTROLLERINGER AF LAKTERENDE KØERS FODEROPTAGELSE, YDELSE OG VÆGT

Højtydende malkekøer skal optage og omsætte store fodermængder for at dække deres energibehov. Det er derfor vigtigt, at optagelseskapaciteten øges sideløbende med avlsmæssige ydelsesstigninger.

Registrering af individuel foderoptagelse er forbundet med store omkostninger. I avlsarbejdet med malkekvæg er køernes optagelsesevne derfor hidtil forsøgt tilgodeset indirekte, bl.a. ved selektion for størrelse, type eller tyres foderoptagelseskapacitet under individprøven.

I en avlsstruktur, hvor avlstyrene produceres i nogle få kerneavlsbesætninger, vil det være økonomisk overkommeligt at registrere de potentielle tyremødres foderoptagelse direkte. Såfremt det derved er muligt at fastlægge de enkelte køers avlsværdi for optagelsesevne, vil det formodentlig være en avlsforanstaltning, som vil være værd at inddrage i avlsarbejdet med malkekvæg.

I FY-BI projektet har vi registreret 1. kalvs køernes foderoptagelse ved hjælp af en-dagesfoderkontrol med ca. 14 dages interval. Formålet var primært at undersøge, hvor sikkert avlsværdien for foderoptagelse kan bestemmes ud fra enkeltregistreringer af dagsoptagelsen. Dette er gjort ved beregning af gentagelseskoefficient og heritabilitet. I forbindelse med foderkontrolleringerne blev køerne desuden vejet, og i den efterfølgende uge blev de ydelseskontrolleret. Materialet gav derfor også mulighed for at beregne genetiske korrelationer mellem foderoptagelse, ydelse og vægt.

4.3.1 Materiale og metoder

Foderkontrollen blev gennemført i vinterfodringssæsonerne 1989-90, 1990-91, 1991-92 og 1992-93. Fra ca. 1. oktober til ca. 1. juni besøgte en forsøgstekniker fra Statens Husdyrbrugsforsøg forsøgsgårdene hver anden uge og registrerede foderoptagelsen over 24 timer på alle 1. kalvs køerne. I det døgn foderregistreringen fandt sted blev der opsat specielle krybbeskillerum, som effektivt forhindrede køerne i at æde foder fra hinanden. Fodermidlerne blev udfodret enkeltvis mor-

gen og aften i følgende rækkefølge: melasse, kraftfoder, roer, ensilage og halm. Kraftfoder og roer blev udvejet i de mængder, som den aktuelle foderplan foreskrev, mens der blev udvejet 15% mere ensilage, end dyret forventedes at kunne optage. Ved afslutningen af kontroldøgnet blev levnet foder tilbagevejet, og den tilbagevejede mængde blev skønsmæssigt fordelt på de forskellige foderemner. Såfremt der var levnet mindre end 10% af ensilagen, blev tildelingen af ensilage til den pågældende ko forøget med 10% ved den efterfølgende kontrollering. I forbindelse med kontrolleringerne blev der udtaget prøver af roer og ensilage til bestemmelse af tørstofindhold og tørstoffets fordøjelighed. Desuden blev køerne vejet på et fastlagt tidspunkt i forhold til fodringen.

De optagne mængder af hvert enkelt fodermiddel blev udtrykt i tørstof, FE og FYLDE, og den samlede dagsoptagelse blev beregnet som summerne af hhv. tørstof (TS), FE og FYLDE af de enkelte fodermidler. Ved præsentationen af resultaterne er FYLDE anvendt, fordi det bedst udtrykker dyrenes optagelsesevne (OPTAGELSE).

Køernes dagsydelse ved ydelseskontrollen ugen efter foderkontrollen er udtrykt i kg energikorrigeret mælk efter følgende formel:

$$\text{YDELSE} = (0{,}349 + 0{,}107 \times \text{fedt-\%} + 0{,}067 \times \text{prot.-\%}) \times \text{kg mælk.}$$

Ved den statistiske behandling er udeladt registreringer på køer, som var syge på kontroldagen. Det samme gælder kontrolleringer, som fandt sted inden for de første 7 dage efter kælvning eller efter 305 dage fra kælvning.

I alt 344 dyr har haft foderoptagelsen kontrolleret mindst én gang i første laktation, og efter de ovenfor nævnte udeladelser var der 2.961 enkeltkontrolleringer. Antal kontrolleringer pr. ko varierede fra 1 til 16, og kontrolleringerne var fordelt på 150 foderkontroldatoer.

Den genetiske analyse er udført på alle racer samlet og på SDM data alene. SDM-datasættet omfattede 2.113 kontrolleringer fordelt på 240 køer. De analyserede egenskabers middelværdier og spredninger i de to datasæt fremgår af Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Middelværdier og spredninger
Means and standard deviations of analyzed traits

	Alle racer (n = 2.961)		SDM-data (n = 2.113)	
	$\bar{x}$	s.d.	$\bar{x}$	s.d.
TS (*Dry matter/day*)	17,8	2,5	18,0	2,3
FE (*Sc. Feed units/day*)	17,2	2,5	17,4	2,3
FYLDE (*Fill units/day*)	5,59	0,86	5,67	0,81
YDELSE, kg (*Yield/day*)	25,9	5,0	27,1	4,7
VÆGT, kg (*Weight*)	539	73	535	54

Raceeffekter er beregnet efter en model, som foruden år, station og race inddrog følgende systematiske effekter:

Ka_i: Kælvningsalder, i=1-5, med opdeling i intervaller på 2-4 måneder, startende ved 22 mdr. og sluttende ved 40 mdr.

La_j: Laktationsafsnit, j=1,2,3, hvor j=1 er laktationsafsnittet fra 7 til 42 dage, j=2 er fra 43 til 140 dage, og j=3 er fra 141 til 305 dage.

DAGE: Regression af afstand fra kælvning inden for laktationsafsnit ($b_j \times$ DAGE).

Heritabiliteter, genetiske og fænotypiske korrelationer er baseret på varianskomponenter, beregnet med DMU programpakken. Modellen inddrog regressioner på raceandele og heterosis som beskrevet i afsnit 4.1.3 og estimerede varianskomponenter for kontroldato (σ^2_d), permanent miljø (σ^2_{pe}), additiv geneffekt (σ^2_a) samt tilfældigt temporært miljø (σ^2_e). I skematisk fremstilling kan modellen beskrives således:

	Effekt	Effekttype
Y =	Kælvningsalder (Ka_i)	Systematisk
	+ Laktationsafsnit (La_j)	Systematisk
	+ Race	Systematisk
	+ Afstand fra kælvning inden for laktationsafsnit ($b_j * La_j$)	Regression
	+ Σ ($b_m * Race_m$)	Regression
	+ Σ ($b_n * Heterozygoti_n$)	Regression
	+ Kontroldato	Tilfældig
	+ Permanent miljø	Tilfældig
	+ Dyr	Tilfældig
	+ Restvariation	Tilfældig

4.3.2 Raceforskelle

Foderoptagelsen var stærkt påvirket af år, aldersgruppe, laktationsafsnit og kontroldato. Der blev også konstateret meget tydelige raceforskelle, og disse er vist i Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Foderoptagelse, mælkeydelse og vægt (LSmeans ± s.e.) for 1. kalvs køer af forskellige racer

Feed intake, milk yield and body weight (LSmeans ± s.e.) for 1st parity cows of different breeds

Egenskab	Race (*breed*)			
	RDM	SDM	DJ	DRK
Tørstofoptagelse, kg/dag *Dry matter intake, kg/day*	17,40 ± 0,10	18,00± 0,06	15,87 ± 0,15	16,96 ± 0,19
Foderenheder/dag *Sc. feed units/dag*	16,81 ± 0,10	17,48 ± 0,06	15,60 ± 0,15	16,40 ± 0,19
Fyldeenheder/dag *Fill units/day*	5,50 ± 0,04	5,62 ± 0,02	4,75 ± 0,05	5,34 ± 0,07
Ydelse, P.F.C. Mælk kg/dag *Yield, P.F.C. Milk, kg/day*	23,19 ± 0,21	26,82 ± 0,12	24,02 ± 0,31	20,35 ± 0,40
Ko-vægt, kg *Body weight, kg*	535,6 ± 2,2	534,7 ± 1,3	385,1 ± 3,3	593,0 ± 4,2

Foderoptagelsen var størst hos SDM, lidt mindre for RDM og tydeligt lavere for DRK. Jerseys foderoptagelse var 15% lavere end SDM's, 14% lavere end RDM's og 11% lavere end DRK's. SDM-køerne i FY-BI projektet var alle mindst 75% Holstein-Friesian (HF). Et hollandsk forsøg (Oldenbroek, 1989), hvor forskellige racers foderoptagelse blev sammenlignet, viste, at i 1. laktation havde Holstein Friesian 2-6% større foderoptagelse end Hollandsk Frisisk Kvæg (DF) og Hollandsk Rødbroget (DRW). Det er i god overensstemmelse med de forskelle, som vi fandt mellem SDM, RDM og DRK. I ovennævnte hollandske forsøg var Jerseys foderoptagelse 23-26% lavere end Holstein Friesians i 1. laktation og 18-23% lavere end Holstein Friesians i 3. laktation.

De danske normer for foderoptagelsesevne går ud fra, at RDM, SDM og DRK har samme foderoptagelsesevne, og at Jerseys foderoptagelsesevne er 88% af de store racers (Strudsholm et al., 1992). SDM og RDM har således i FY-BI projektet haft klart større foderoptagelsesevne i forhold til DRK og Jersey end i de forsøg og opgørelser, som har ligget til grund for de eksisterende danske normer. Resultatet af denne opgørelse er imidlertid i god overensstemmelse med nyere forsøg, hvor RDM og SDM køers foderoptagelse er sammenholdt med Jerseys ved fodring med fuldfoder efter ædelyst, Foldager og Haarbo (1994), Ingvartsen og Weisbjerg (1993).

Ydelsen i energikorrigeret mælk var tydeligt højest for SDM, omtrent ens for RDM og Jersey og lavest for DRK. Den gennemsnitlige årsydelse af fedt + protein af kontrollerede køer i hele landet var i 1995-96: RDM 541 kg, SDM 566 kg, Jersey 534 kg og DRK 502 kg (ydelseskontrollen 1995-96, rapport nr. 68 fra Landbrugets Rådgivningscenter). Relativt er forskellen mellem racerne og specielt mellem SDM og DRK - mindre i praksis, end de som kan afledes af ydelsestallene i tabel 4.22. De DRK køer, som indgik i denne opgørelse, var efter tyre af dansk/tysk/hollandsk afstamning, og det har påvirket deres ydelse og foderoptagelse negativt, og deres vægt positivt, i forhold til de DRK køer af Red Holstein afstamning, som dominerer i den nuværende bestand af DRK køer.

Der er betydelige forskelle på de fire racer, når man ser på relationerne mellem optagelse og ydelse og mellem optagelse og vægt, således som det fremgår af Tabel 4.23. Gennem det avlsarbejde, som har skabt disse racer med hver deres karakteristika, har det således været muligt at ændre disse relationer.

Tabel 4.23 Raceforskelle (LSmeans i forhold til RDM = 100)
Breed differences (LSmeans relative to RDM = 100)

	OPTAGELSE *Intake*	YDELSE *Yield*	VÆGT *Weight*	OPTAGELSE/ YDELSE	OPTAGELSE/ VÆGT
RDM	100	100	100	100	100
SDM	102	116	100	89	102
DJ	86	104	72	84	120
DRK	97	88	111	111	88

4.3.3 Gentagelseskoefficienter og heritabiliteter

Den fænotypiske varians er beregnet som $\sigma_p^2 = \sigma_{pe}^2 + \sigma_a^2 + \sigma_e^2$. Gentagelseskoefficienten (r) er beregnet som $(\sigma_{pe}^2 + \sigma_a^2) / \sigma_p^2$. Den udtrykker sammenhængen mellem gentagne målinger på samme individ, og i dette tilfælde inden for samme laktationsafsnit. Resultaterne af analyserne er vist i Tabel 4.24.

Tabel 4.24 Middelværdier ($\bar{x}$), fænotypisk spredning (σ_p), gentagelseskoefficienter (r) og heritabiliteter ($h^2 \pm$ s.e.)
Means ($\bar{x}$), phenotypic variation (σ_p), repeatabilities (r) and heritabilities ($h^2 \pm$ s.e.)

	$\bar{x}$	σ_p	r	h^2
ALLE RACER				
OPTAGELSE (*Intake*)	5,59	0,59	0,40±0,05	0,03±0,05
YDELSE (*Yield*)	26,0	4,36	0,81±0,11	0,58±0,11
VÆGT (*Weight*)	523,8	44,3	0,93±0,11	0,48±0,11
SDM				
OPTAGELSE (*Intake*)	5,67	0,57	0,41±0,06	0,11±0,07
YDELSE (*Yield*)	27,3	4,58	0,82±0,14	0,62±0,12
VÆGT (*Weight*)	535,3	45,66	0,94±0,14	0,73±0,12

Heritabiliteten for OPTAGELSE er beregnet til 0,03 på hele materialet, og 0,11 på SDM materialet alene. Det er noget lavere, end man har fundet i en række tidligere undersøgelser, hvor man har analyseret data for lakterende køers foderoptagelse fra forsøgsstationer, hvor foderoptagelsen blev registreret dagligt, og den analyserede egenskab var en gennemsnitlig daglig foderoptagelse i en længere sammenhængende periode af laktationsforløbet. Dette gælder således for heritabiliteter offentliggjort af Hooven et al. (1972) 0,26, Gravert (1985) 0,16, Svendsen et al. (1990) 0,25-0,55, Persaud et al. (1991) 0,37-0,52, van Arendonk et al. (1991) 0,31 og Jensen et al. (1995) 0,16.

Vore resultater er imidlertid i god overensstemmelse med de heritabiliteter, som Moore et al. (1992) fandt ved analyse af enkeltkontrolleringer af foderoptagelse, 0,05-0,16.

Heritabiliteten for dagsydelse var 0,58 på hele materialet og 0,62 på SDM-materialet. Det er usædvanligt høje heritabiliteter for ydelse, og de er da også højere end de heritabiliteter, som er beregnet for 305 dages ydelse (se Tabel 4.13). Resultatet viser, at "Kontroldags-modellen" er bedre end de modeller, som anvendes ved analysering af 305 dages ydelser. Dette var forventet, fordi "Kontroldags-modellen", i modsætning til de traditionelt anvendte modeller, kan korrigere for miljøbetingede forskelle i besætningernes dagsydelse, som måtte skyldes dag til dag variationer i fodring, vejrlig, malketider m.m.

Heritabiliteten for køernes vægt i laktationsperioden er 0,48 på tværs af alle racerne og 0,73 for SDM. Det er høje heritabiliteter, men heritabiliteter for vægt og størrelse er ofte høje.

4.3.4 Genetiske og fænotypiske korrelationer

Undersøgelsen viser moderate positive genetiske og fænotypiske sammenhænge mellem OPTAGELSE og YDELSE og VÆGT og YDELSE (Tabel 4.25). Det er i overensstemmelse med tidligere danske undersøgelser, bl.a. Jensen et al. (1995).

De genetiske korrelationer mellem OPTAGELSE og VÆGT er høje, 0,66 og 0,92, men der er også i tidligere danske undersøgelser fundet en forholdsvis stærk genetisk sammenhæng mellem disse to egenskaber. Jensen et al. (1995), fandt således en genetisk korrelation mellem vægt, målt umiddelbart efter kælvning, og foderoptagelse, på 0,48.

Tabel 4.25 Genetiske (over diagonalen) og fænotypiske (under diagonalen) korrelationer
Genetic (above the diagonal) and phenotypic (below the diagonal) correlations

	OPTAGELSE	YDELSE	VÆGT
ALLE RACER			
OPTAGELSE (*Intake*)	-	0,34±0,30	0,66±0,46
YDELSE (*Yield*)	0,32	-	0,32±0,16
VÆGT (*Weight*)	0,20	0,13	-
SDM			
OPTAGELSE (*Intake*)	-	0,25±0,24	0,92±0,25
YDELSE (*Yield*)	0,23	-	0,38±0,14
VÆGT (*Weight*)	0,22	0,14	-

4.3.5 Sammenhæng mellem kviers og køers foderoptagelse

Af kvierne, som blev individprøvet på "Ammitsbøl Skovgaard", nåede 88 at få registreret foderoptagelse i 1. laktation. Materialet er ikke stort nok til en genetisk analyse af sammenhængen mellem dyrenes optagelse som henholdsvis kvier og køer. Vi har imidlertid beregnet korrelatio-

ner mellem individprøveresultaterne for hhv. vækstevne (T-tal) og kødfylde (U-tal) og foderoptagelse (Ku-tal) og køernes OPTAGELSE, udtrykt som den gennemsnitlige FYLDE-optagelse, korrigeret for alle miljømæssige effekter og race. Resultaterne var:

OPTAGELSE ~ T-tal	0,37
OPTAGELSE ~ U-tal	0,08
OPTAGELSE ~ Ku-tal	0,22

Korrelationen mellem OPTAGELSE og Ku-tal på 0,22 tyder på, at der kun er en svag til moderat positiv genetisk sammenhæng mellem køers og kviers foderoptagelsesevne. Dette er skuffende, men det understøttes desværre af en tidligere dansk undersøgelse (Jensen et al., 1995), hvor man fandt en genetisk korrelation på 0,14 mellem køers og kviers foderoptagelse.

4.3.6 Konklusion

Direkte selektion for større foderoptagelsesevne på grundlag af registrering af foderoptagelsen på enkelte dage gennem 1. laktation vil være ineffektiv på grund af lav arvbarhed for dette mål. Hvis man ønsker at selektere direkte for større optagelsesevne hos lakterende køer, vil det derfor være nødvendigt at forbedre registreringsmetoden og eventuelt ændre fodringsbetingelserne.

Selektion af kvier med stor foderoptagelsesevne kan ikke anbefales som middel til at forbedre foderoptagelsesevnen hos lakterende køer på grund af lav genetisk korrelation mellem kviers og køers foderoptagelsesevne.

Sikkerheden på køers avlsværdi for ydelse kan forbedres ved at analysere på dagsydelser og inddrage kontroldagen i modellen.

4.4 SAMMENFATNING OG KONKLUSION

Analyserne af kødproduktionsegenskaberne målt hos henholdsvis tyre og kvier viste, at disse egenskaber kan registreres med en høj målesikkerhed, udtrykt ved heritabilitetsskøn, når de måles på station under standardiserede forhold. For egenskaber med relation til vækst og foderudnyttelse var der lave genetiske korrelationer mellem de to køn, hvorimod genetiske korrelationer mellem muskelarealer målt på de to køn var højere. Disse resultater svarer godt til resultater fra HH-forsøget, som tidligere er blevet gennemført på "Ammitsbøl Skovgaard" og Egtved. De fundne sammenhænge mellem individprøveegenskaber og produktionsegenskaber hos lakterende køer var forholdsvis små og bekræfter tidligere undersøgelser af Jakobsen et al. (1995). Selektion for foderoptagelseskapacitet hos ungtyrene vil med det nuværende simple registreringssystem for foderoptagelse kun i begrænset omfang kunne ændre de lakterende køers foderoptagelseskapacitet.

De genetiske analyser af ydelses- og eksteriøregenskaber viste, at der ved stationsafprøvning opnås en højere målesikkerhed for disse egenskaber. Dette ses ved, at heritabiliteten er højere end fra tilsvarende feltundersøgelser. Resultaterne viser således, at der opnås en mere sikker

avlsværdivurdering for disse egenskaber ved en stationsafprøvning under standardiserede forhold.

Gennem en fireårig periode blev der gennemført en-dages-foderkontrol på enkeltdyrniveau for at fastlægge de lakterende køers foderoptagelse og foderudnyttelse. Resultaterne viste, at det anvendte meget enkle registreringssystem for foderoptagelse ikke gav målinger med en tilstrækkelig sikkerhed.

5 Fysiologiske funktionsprøver

Peter Løvendahl og Just Jensen

5.1 INDLEDNING OG LITTERATUR

Muligheder for anvendelse af indikatoregenskaber

Den genetiske fremgang i mælkeydelse hos malkekvæg er væsentligt begrænset af køernes lave reproduktionsevne, det sene tidspunkt i køernes liv hvor mælkeydelse kan måles første gang, og endelig at ydelse kun udtrykkes hos det ene køn. Anvendelse af superovulering og embryotransplantation kan medvirke til at øge reproduktionsevnen. Hvis der hos unge dyr findes en målelig egenskab, der på et tidligt tidspunkt kunne hjælpe ved forudsigelsen af dyrenes avlsværdi (en indikatoregenskab), ville anvendelsen af en sådan bidrage til en væsentlig forøgelse af den genetiske fremgang. Hvor stor forøgelse, der kan forventes, afhænger af arvbarheden af indikatoregenskaben og den genetiske sammenhæng mellem indikatoregenskab og mælkeydelse. Beregninger over forventede genetiske fremgange i forskellige avlsplaner viser, at det optimale udbytte opnås i en ungdyr-MOET-plan, hvor generationsintervallet er kort, omkring 2 år for begge køn. Yderligere forkortelse af generationsintervallet ved ekstrem anvendelse af in vitro embryoproduktion på 2-4 måneder gamle kviekalve giver ikke øget genetisk fremgang uden anvendelse af meget gode indikator-egenskaber (Pedersen og Løvendahl, 1994).

Der kan specificeres en række krav og ønsker til en velegnet indikatoregenskab. Heraf kan nævnes:

- Målelig tidligt i dyrets alder
- Målelig hos begge køn
- Uden bivirkninger for senere reproduktion og produktion
- Uden væsentlig smerte og belastning af dyrene
- Høj arvbarhed og gentagelighed
- Sammenhæng til ydelse eller anden produktionsegenskab
- Simpel afprøvningsprotokol
- Prisbillig gennemførelse og analyse
- Bør bygge på en kendt biologisk proces
- Selektion for egenskaben bør ikke have negative biologiske/fysiologiske virkninger.

En nærmere redegørelse for den forsøgsmæssige baggrund for forskellige fysiologiske indikatoregenskaber findes i en oversigtsartikel af Woolliams og Løvendahl (1991).

Fysiologisk baserede indikatoregenskaber

Reguleringen af koens næringsstofomsætning er det mest oplagte målområde for de fysiologiske mekanismer, der påvirker eller påvirkes af ydelse. Ved sammenligninger af fysiologiske regule-

ringsmekanismer hos køer med henholdsvis høj og lav genetisk betinget ydelse er det især fordelingen af næringsstofferne mellem mælkeproduktion og øvrige kropsvæv, der er forskellig. Disse forhold er belyst i flere forsøg (Hart et al., 1978; Hart, 1983). Resultaterne peger på, at væksthormon, tyroxin, insulin, og en række næringsstoffer der iblandt β-OH-smørsyre, frie fedtsyrer, urea og glukose, indgår som regulatorer eller produkter af reguleringen. Resultaterne støttes af senere undersøgelser med sammenligning af højt og lavere ydende køer (f.eks. Johke et al., 1994).

Fysiologiske målinger ved faste og mobilisering

Mobilisering af energi og næringsstoffer kendetegner den højtydende ko. Ved at bringe kalve i en fysiologisk tilstand af energiunderskud (faste) har det været forsøgt at måle på nogle af de samme karakteristika, som kendes fra de højtydende køer, nemlig forhøjede plasmakoncentrationer af frie fedtsyrer (FFA), acetoacetat og β-hydroxybutyrat, samt ændret ureakoncentration (protein catabolisme). Ændringer i glukose forventes derimod at være meget små. Ved at udsætte kalve for en længere tids total faste, eller meget svag fodring, oftest i form af lang halm, blev der i flere forsøg fundet indikationer af, at urea blev påvirket i negativ retning ved selektion for højere mælkeydelse (Tabel 5.1). Næringsstofmålene er ofte kombineret med målinger af nogle af de før omtalte regulerende hormoner, væksthormon, Insulinlike Growth Factor-1 (IGF-1), insulin, thyroxin og tri-iodthyronin.

Tabel 5.1 Reaktioner i næringsstoffer og hormoner under faste og efterfølgende fodring hos kalve med høj (H) og lav (L) avlsværdi, fra forskellige racer, og afprøvet ved forskellig alder (måneder)

Metabolite and hormone response to fasting and subsequent refeeding in dairy calves of high (H) and low (L) genetic merit, of various breeds tested at different ages (months)

	Dyr *Animals*			"Korrelationer" til avlsværdi *Associations to dairy merit*				
Kilde* *Source*	Race# *Breed*	Alder *Age*	Antal/Type *No./Proof*	Glukose *Glucose*	Urea *Urea*	FFA *FFA*	Insulin *Insulin*	Væksthormon *Growth hormone*
1	Br.Fr.	3½	21H+21L	0	-	+		
2	RDM	3½	10H+6L	0	-	+	+	
		7		0	-	0	-	
3	Br.Fr.	3½	17H+15L	0	-	0	0	
4	NZF	8	7H+6L	0	0	-		+
5	NZF	<1	19H+20L	+			+	0
6	NZF	6-8	6H+6L	0	-/0	0	0	
7	Br.Fr.	4	40H+40L	0	0	0		0
8	NZF	3½	15H+15L	0	0	0	0	
		7		0	0	0	0	
9	USHF	1-9	12H+12L					+
10	RDM	4	38H+23L	0	+			
		10		0	+♀/-♂	0	0	0
11	Aust.Fr.	12-72	213 Afk.pr.	-	-	0	0	+

* Kilder (*Sources*): 1) Tilakaratne et al., 1980; 2) Sejrsen et al., 1984; 3) Sinnett-Smith et al., 1987; 4) Mackenzie et al., 1988; 5) Xing et al., 1988; 6) Xing et al., 1991; 7) Woolliams et al., 1992; 8) Min et al., 1993; 9) Parchuri et al., 1993; 10) Skrzypek et al. 1993.; 11) Robinson et al., 1994.

Race (*Breed*): Br. Fr., Britisk Friesian; RDM, Rød Dansk Malkerace; NZF, New Zealand Friesian; USHF, Amerikansk Holstein Friesian; Aust. Fr., Australsk Friesian.

Senere gennemførte forsøg ved Roslin Institute i Skotland har ikke kunnet bekræfte sammenhængen mellem urea og ydelsesanlæg (Woolliams et al., 1992). Endvidere er der fundet højere urea koncentration hos høj-linje kalve i danske undersøgelser (Skrzypek et al., 1993), og i flere andre undersøgelser har der ikke været nogen tydelig sammenhæng mellem avlsværdi og urea (Tabel 5.1). Det har endnu ikke været muligt at finde forklaringer på de yderst forskellige resultater. Imidlertid er fortsatte undersøgelser af urea interessante, omend resultaterne er mindre lovende end oprindelig antaget.

Blodets indhold af frie fedtsyrer (FFA) antages at udtrykke den løbende nedbrydning af fedtvæv. Under faste stiger nedbrydningen så meget, at niveauet af frie fedtsyrer er sammenligneligt med,

hvad der kan måles hos højtydende køer tidligt i laktationen (~ 1,00 mmol/l), mod normal niveauer på 0,10-0,20 mmol/l under ad libitum fodring. Kalve med høj avlsværdi for ydelse har i forhold til kalve med lav avlsværdi haft højere FFA koncentrationer under faste, men resultaterne er noget inkonsistente, da sammenhængen ikke har kunnet påvises i alle undersøgelser (Tabel 5.1). Sammenfattende må der antages at være en svag positiv sammenhæng, der endnu ikke er tilstrækkeligt belyst.

Glukose medtages her hovedsagelig som en kontrolvariabel. Der er ikke påvist klare og entydige sammenhænge mellem avlsværdi for ydelse og glukosekoncentrationer under faste.

Væksthormonkoncentrationer falder i løbet af en fremadskridende total faste. Dette er modsat, hvad der ses hos lakterende køer, hvor væksthormonkoncentrationen er høj under laktation og ved negativ energibalance. De fundne sammenhænge til avlsværdi for ydelse hos kalve er enten svagt positive eller nær nul (Tabel 5.1). Som målevariable er dels anvendt gennemsnitlige koncentrationer i én eller flere plasma prøver, og dels variable til beskrivelse af den pulserende udskillelse. De pulsbeskrivende variable har dog ikke givet mere ensartede resultater end variable baseret på simplere gennemsnit. Således er der ikke væsentlige argumenter for at anvende væksthormon måling under faste, udover at det falder naturligt forud for en afprøvning af stimuleret væksthormon udskillelse til bestemmelse af udgangskoncentrationen.

Insulin like growth factor-1 (IGF-1) er en del af væksthormonaksen og menes at påvirke yveret direkte og dermed stimulere mælkedannelsen. IGF-1 påvirkes stærkt af energi og især protein forsyningen. Sammenhængene til mælkeydelse har været undersøgt af flere, men uden at entydige forskelle mellem selektionslinjer har kunnet påvises. Faste og fodring ser på denne baggrund ud til at være utilstrækkelige stimuli for påvisning af ydelsesbetingede genetiske forskelle mellem kalve.

Akutte målinger af mobilisering

Som et alternativ til faste som fysiologisk funktionsprøve for mobilisering, har injektion af adrenalin (eller nor-adrenalin) været afprøvet. Det giver en akut forøgelse af blodets glukose og FFA koncentration, og en efterfølgende stigning i insulinindholdet. Denne metodik er forsøgsmæssigt ringere belyst end de øvrige.

Resultaterne tyder dog på en positiv sammenhæng mellem avlsværdi for ydelse og FFA og glukose respons på stimulering. Anvendelsen af adrenalin-testen var ud fra kendte resultater lovende og dermed oplagt til videre undersøgelser i FY-BI projektet.

Væksthormon

Udskillelsen af væksthormon er episodisk, hvilket giver stor variation gennem døgnet. Der er udviklet algoritmer til at foretage en sådan karakterisering af hormonmålinger fra blodprøver, der er udtaget hyppigt (hver 5. - 20. minut) gennem hele døgn (Klindt, 1988; Woolliams et al., 1993). De episodiske sekretionspulser kan stimuleres med intravenøst indgivne hormoner

"growth hormone releasing factor", (GRF) eller "thyrotropin releasing hormone", (TRH), eller næringsstoffer (arginin). Resultater på dette område er opnået i løbet af de senere år (Tabel 5.2).

Tabel 5.2 Resultater fra publicerede undersøgelser af væksthormonudskillelse hos kalve fra linjer selekteret for høj (H) og lav (L) avlsværdi for ydelse
Published results on growth hormone release in calves of lines selected for high (H) and low (L) dairy merit

	Dyr *Animals*				Sammenhæng til ydelse *Association with dairy merit*		
Kilde* *Source*	Race# *Breed*	Alder (mdr) *Age (mo)*	Antal *No.*	Stimulering *Stimulation*	Pulser *Pulsing*	Før *Baseline*	Top *Peak*
1	USHF	>29	26	Nej/No	-		
2	USHF	10	19	Nej/No	-		
3	USHF	72	16	Nej/No	-		
4	USHF	9	105	Nej/No	+		
5	Simmental	>29	21	Nej/No	0		
6	Br.Fr.	4	28H+27L	Nej/No	0		
				GRF		0	+
				TRH		0	+
7	USHF	7	8H+8L	GRF		0	+
8	Br.Fr.	4	40H+40L	GRF		0	+
				TRH		0	+
				GRF+TRH		0	(+)
				Arginin		0	(+)
9	RDM	4	16H+10L	TRH		0	0
			13H+8L	Arginin		0	0
		10	15H+10L	TRH		+	+
			19H+10L	Arginin		+	+
10	USHF	>29	12H+12L	GRF		0	+

* Kilder (*Sources*): 1) Land et al., 1983; 2) Kazmer et al., 1990; 3) Kazmer et al., 1991; 4) Kazmer et al., 1992; 5) Olbrich-Bludau et al., 1993; 6) Woolliams et al., 1993; 7) Massri et al., 1985; 8) Løvendahl et al., 1991; 9) Løvendahl & Sejrsen, 1993; 10) Zinn et al., 1994.

Race (*Breed*): USHF, Amerikansk Holstein Friesian; Br. Fr., Britisk Briesian; RDM, Rød Dansk Malkerace.

Selektion for ydelse kan således påvirke den hormonelle regulering, ligesom terapi med ét eller flere hormoner også påvirker ydelsesniveauet. Velkendt er BST/væksthormon, som kan give ydelsesstigning og en række påvirkninger af andre stofskiftehormoner, herunder udskillelse af insulin (Kerr et al., 1991; McGuire et al., 1992). Endvidere er det påvist, at ydelsesstigningen kan udløses ved at stimulere hypofysens egensekretion af væksthormon med hypotalamus hormonet GRF (Lapierre et al., 1990; Dahl et al., 1991). Der er således flere forhold, der samlet peger på væksthormon som centralt i den fysiologiske baggrund for variation i ydelse. Endvidere peger resultater fra de samme undersøgelser også på betydningen af glukose-insulin reguleringen.

Resultaterne fra undersøgelserne af Løvendahl et al. (1991) og Woolliams et al. (1993) er udført på kalve fra samme population, tilhørende Roslin Institute, Skotland, og er derfor ikke uafhængige. Basale niveauer af væksthormon ses generelt at være upåvirkede af selektionslinje. Karakteristika for tilfældig episodisk udskillelse af væksthormon er ligeledes upåvirket af selektionslinje. Derimod er det stimulerede respons større hos kalve fra linjer selekteret for høj end for lav ydelse, hvilket er vist i flere af undersøgelserne og både ved stimulering med GRF og TRH, men ikke ved anvendelse af arginin. Måling af stimuleret væksthormon respons som udtryk for hypofysens følsomhed var således en oplagt mulighed for nærmere undersøgelse i FY-BI projektet.

Glukose-insulin stofskiftet

Omdannelsen af den flygtige fedtsyre propionsyre til glukose og opretholdelsen af glukoseniveauet i blodbanen er af stor betydning for flere væv, der for nogles vedkommende har snævre tolerancer for glukose koncentrationen. Reguleringen sker via hormonet insulin og til dels glucagon, som begge dannes i pankreas. Målinger af blodets insulin indhold er påvirket af hurtige ændringer i energistofskiftet f.eks. fodring, og har desuden en stor tilfældig variation (Moriya et al., 1988; Hart et al., 1981). Målinger af blodets indhold af insulin efter stimulering med næringsstoffer, især glukose, har været anvendt til diagnostik af pankreasfunktionen ved diabetes, og til kvantificering af ændringer i pankreasfunktionen i forhold til fysiologiske tilstande som faste, fodring og laktation hos kvæg. Selektion for mælkeydelse har i nogle undersøgelser påvirket insulinsvaret på en glukose stimulering hos ungdyr (Tabel 5.3).

Tabel 5.3 Publicerede resultater for insulin udskillelse og glukose nedbrydning hos kalve selekteret for høj (H) og lav (L) avlsværdi for mælke- og mælkefedtydelse
Published results on insulin secretion and glucose clearance in calves of lines selected for high (H) and low (L) dairy merit

				Avlsværdi for ydelse korreleret til *Association to dairy merit*			
	Dyr *Animals*			Glukose *Glucose*		Insulin *Insulin*	
Kilde* *Source*	Race# *Breed*	Alder (mdr) *Age (mo)*	Antal/Type *No./Proof*	Før *Baseline*	Nedbrydning *Clearance*	Før *Baseline*	Top *Peak*
1	Br.Fr.	4	21H+21L			0	0
2	Br.Fr.	3½	17H+15L			-/0	0
3	NZF	8	7H+6L	0	+	0	+
4	NZF	6-8	6H+6L	0	0	0	+
5	NZF	6	8H+8L	0	0	0	+
6	RDM	4	38H+23L	0	0	0	0
		10		0	0	0	+

* Kilder (*Sources*): 1) Land et al., 1983; 2) Sinnett-Smith et al., 1987; 3) Mackenzie et al., 1988; 4) Xing et al., 1991; 5) Xing et al., 1993; 6) Løvendahl, 1997.

Race (*Breed*): Br.Fr., Britisk Friesian; NZF, New Zealandsk Friesian; RDM, Rød Dansk Malkerace.

Undersøgelserne 3, 4 og 5 er baseret på samme dyr fra et selektionsforsøg på New Zealand, og er derfor ikke helt uafhængige.

Der er således fundet et højere insulinsvar hos kalve fra høj-ydelseslinjer, såvel i New Zealandske undersøgelser, som i data fra RDM-selektionsforsøget (Løvendahl, 1997). Derimod er de ustimulerede insulin-koncentrationer og glukose-koncentrationer generelt ikke forskellige mellem selektionslinjerne. Glukosestimuleret insulinudskillelse var på denne baggrund et oplagt emne for videre undersøgelser.

Undersøgelser af tyroxin-akse hormoner

Hormoner fra tyroxin-aksen har vigtige regulerende funktioner på stofskiftet, ikke mindst i forbindelse med laktation. Tyroxin-aksen får impulser fra hypotalamus i form af thyrotropin releasing hormon (TRH), der påvirker hypofysen til at udskille thyroidea stimulerende hormon (TSH). Dette påvirker igen skjoldbruskkirtlen til at udskille tyroxin (T4) og tri-iodthyronin (T3). I blodbanen findes tyroxinet bundet til bindingsproteiner, der begrænser dets biologiske effekt, idet kun den ubundne "frie" del er biologisk aktiv.

Undersøgelser af sammenhænge mellem tyroxin-akse hormoner og avlsværdi for ydelse omfatter målinger af plasma koncentrationer hos dyr, der enten var i fodret eller fastet tilstand. Disse undersøgelser har generelt ikke kunnet påvise selektionsbetingede ændringer i plasmaets T4 indhold. Et andet aspekt er produktionen af tyroxin. Et mål for dette er udskiftningshastigheden af radioaktivt mærket tyroxin. Metoden har med held været anvendt i flere undersøgelser og givet overensstemmende sammenhænge til ydelse (Sørensen et al., 1981; Joakimsen et al., 1971). Det er dog en væsentlig ulempe, at metoden kræver brug af åbne (høj)radioaktive kilder på levende dyr. En tredje metode har anvendt TRH til stimulation af TSH for at måle dette, men datagrundlaget er endnu begrænset til en norsk undersøgelse, som med sit positive resultat opfordrer til en fortsat indsats ad denne vej (Tveit et al., 1990).

Konklusion på litteratur gennemgang

Resultater fra publicerede og enkelte upublicerede undersøgelser af fysiologiske egenskaber med tilknytning til regulering af køers stofskifte har vist, at der er forskelle blandt unge dyr af begge køn, som kan relateres til forskelle i dyrenes anlæg for ydelse. Nogle af disse egenskaber er oplagte kandidater som mulige indikatoregenskaber baseret på såkaldte "fysiologiske funktionsprøver". Dette gælder for:

1) Mobilisering målt under faste
2) Mobilisering målt ved intravenøs adrenalinstimulering
3) Væksthormon respons på intravenøs stimulation
4) Glukose og insulin respons på intravenøs stimulering med glukose.

Andre fysiologiske egenskaber er også interessante, men dokumentationen var svagere, eller afprøvningen kræver anvendelse af teknikker, der kan rejses forskellige indvendinger imod

f.eks. radioaktivitet. De var dermed ikke egnede til undersøgelse i dette forsøg. Desuden måtte der træffes et valg af praktiske grunde.

5.2 FORMÅL MED GENNEMFØRELSE AF FYSIOLOGISKE FUNKTIONSPRØVER

Fra litteraturen kendes et antal fysiologisk baserede indikatoregenskaber for mælkeydelse. For samtlige mangler imidlertid genetiske parametre bestemt under de forhold, en MOET avlsplan vil kunne gennemføres under. Det overordnede formål med FY-BI projektet var derfor at finde genetiske parametre for et udvalgt panel af fysiologiske funktionsprøver. Det er i praksis udført ved at lade FY-BI ungdyr af begge køn gennemgå fysiologiske afprøvning i løbet af opdrætningsperioden. Relationer til ydelse er skabt ved at udnytte kviernes egenydelse.

De fysiologiske funktionsprøver blev primært gennemført med henblik på at udvikle indikatoregenskaber for mælkeproduktion. Imidlertid indgår de samme hormonelle mekanismer også i reguleringen af tilvækst med videre. Tidligere undersøgelser har således påvist sammenhænge mellem væksthormonniveauer og både tilvækst og spæktykkelse hos grise (Lund-Larsen & Bakke, 1975). Derimod er genetiske sammenhænge mellem næringsstofkoncentrationer og vækst tilsyneladende ubetydelige hos lam (Bishop et al., 1992). De nævnte undersøgelser var ret små og omfattede ikke stimulationstest. En undersøgelse på såvel fænotypisk som genetisk niveau kunne dermed bringe fornyet viden på dette felt. Undersøgelserne gennemførtes ved at kombinere de statistiske modeller anvendt i afsnit 4 med modellerne for fysiologiske variable i dette afsnit i bivariate analyser.

I projektperioden har afprøvningen af FY-BI-dyr været suppleret med metodestudier og undersøgelser af dyr i andre populationer. Dyrematerialet og blodprøver herfra indgår desuden i andre projekter vedrørende DNA-markører og ikke specifik immunitet via "Collektiner". Resultater fra nogle af disse undersøgelser vil blive omtalt summarisk.

5.3 MATERIALE OG METODER

I projektet indgår et indledende forsøg, hovedforsøget og en række metodestudier. Hovedforsøget er anvendt til beregning af genetiske parametre.

De enkelte forsøg

Forsøg A

Indledende forsøg omfattende ca. 80 FY-BI tyrekalve afprøvet 5 og 8 måneder gamle efter en protokol, der omfattede faste og genfodring, glukose tolerancetest og insulin tolerancetest. Udtagning af blodprøver afveg fra hovedforsøget (B) ved at have længere tidsinterval mellem blodprøverne og ved, at glukose og insulin tolerancetesten blev udført efter en fodring, hvor hovedforsøget benyttede fastende dyr.

Forsøg B
Hovedforsøget omfattende et panel af fysiologiske funktionsprøver gennemført på over 800 FY-BI kalve ved 9 måneders alderen. De fysiologiske funktionsprøver var udvalgt efter de tidligere beskrevne kriterier og omfattede: faste, adrenalinstimulationstest, væksthormon sekretionstest og glukose tolerancetest.

Metodestudie C
Belysning af dosis-respons sammenhænge for væksthormonudskillelse hos tyrekalve efter forudgående svag fodring og total faste og stimulering med tre niveauer af GRF og TRH. Resultaterne anvendtes til at finde en egnet dosis af GRF til brug i hovedforsøget.

Metodestudie D
Betydningen af genfodring af fastende kvier forud for væksthormon sekretionstest med GRF. Forsøget påviste klart betydningen af en forperiode med faste og den uønskede påvirkning, der sker fra fodring, og som må undgås forud for GRF stimuleringstest.

Metodestudie E
Sammenligning af væksthormon sekretion hos kvier af Norsk Rødt Fe (NRF) fra linjer selekteret for høj og lav mælkeydelse og stimuleret med GRF i fire doser dækkende hele følsomhedsområdet. Kvierne blev testet under ad libitum fodring. Forsøget blev udført på Norges Landbohøjskole, Ås.

Metodestudie F
Sammenligning af væksthormon sekretion hos kalve af NRF fra linjer selekteret for høj og lav mælkeydelse og stimuleret med GRF (to doser) og TRH (en dosis). Kalvene havde inden testen gennemgået en forberedelse svarende til forsøg B. Forsøget blev gennemført på Norges Landbohøjskole, Ås.

Metodestudie G
Undersøgelse af mulighederne for at gennemføre fysiologiske funktionsprøver efter en reduceret protokol. Forsøget omfattede GRF stimuleret væksthormon sekretion og glukose tolerancetest. Betydningen af forberedelse i form af stigende grad af faste indgik i forsøget, der udførtes med tyrekalve.

Metodestudie H
Undersøgelse af sammenhænge mellem stærkt forenklede fysiologiske funktionsprøver og funktionsprøver efter den protokol, som anvendtes i FY-BI projektet. Forsøget er gennemført med tyrekalve. Resultater afventer statistiske analyser. Prøverne omfattede GRF stimuleret væksthormon sekretion og glukose tolerancetest.

Metodestudie I

Den fysiologiske del af det danske FY-BI forsøg gennemføres også i det hollandske DELTA projekt. Resultater med ydelsessammenhænge fra dette forsøg er endnu ikke afsluttet. Tidligere fælles opgørelser på de to forsøg har i flere tilfælde bekræftet de danske resultater, men har også påpeget forskelligheder.

I det følgende er kun forsøg B omtalt i detaljer.

Dyremateriale

Kalvene er alle FY-BI kalve født på de tre gårde i perioden juli 1988 til februar 1994, og derefter flyttet til Egtved Avlsstation eller Ammitsbøl Skovgård for at gennemgå individprøve for tilvækst, kødfylde og foderoptagelse, som beskrevet i kapitel 4. Materialet omfattede i alt 823 kalve, af fire racer og af begge køn. Den fysiologiske afprøvning skete så tæt som muligt på 9 måneders alderen, idet kalvene blev afprøvet i små hold af 6 til 12 stk. pr. prøvedag på hver station. I alt anvendtes 104 prøvedage. Kalvenes aktuelle alder og vægt ved afprøvningen fremgår af Tabel 5.4.

Kalvenes afstamning blev sporet så langt tilbage som muligt, og slægtskabet anvendtes ved beregning af genetiske parametre. Blandt kvier, der selv gennemgik fysiologisk afprøvning, optrådte 64 som mødre og en som bedstemor til afprøvede kalve.

Tabel 5.4 Antal kalve pr. race og køn-station, deres alder (dage) og vægt ved afprøvning
Number of calves distributed on breed and sex-station; their age (days) and live weight at testing

Race* (*Breed*)	RDM	SDM	Jersey	DRK
Tyre / Egtved				
N	83	301	50	18
Alder, gns. (s.d.)	271 (11)	270 (11)	267 (11)	275 (16)
Alder, interval	246 - 291	245 - 299	250 - 289	250 - 292
Vægt, gns. (s.d.)	342 (32)	343 (30)	245 (23)	359 (27)
Vægt, interval	271 - 422	224 - 430	178 - 283	308 - 402
Kvier / Skovgård				
N	60	261	37	13
Alder, gns. (s.d.)	270 (11)	271 (12)	273 (10)	271 (10)
Alder, interval	249 - 290	242 - 311	250 - 289	260 - 288
Vægt, gns. (s.d.)	206 (19)	221 (20)	158 (18)	227 (23)
Vægt, interval	170 - 254	155 - 292	104 - 190	182 - 263

* Race (*Breed*): RDM, Rød Dansk Malkerace (Red Dane); SDM, Sortbroget Dansk Malkerace (Danish Friesian); Jersey, Dansk Jersey (Danish Jersey); DRK, Dansk Rødbroget Kvæg (Danish Red and White).

Fodring og opdrætning har været forskellige for kvie- og tyrekalve. Fodringsintensiteten forud for fysiologisk afprøvning forventes at kunne påvirke de fysiologiske målinger. Derfor vil eventuelle forskelle mellem køn også kunne tolkes som en effekt af forskelle i fodring. Endvidere var kalvene af de to køn opstaldet på forskellige forsøgsstationer. De tre faktorer, køn, fodring og forsøgsstation er dermed faktisk samlet i en fælles faktor, hvis effekt ikke entydigt kan tilskrives en af delfaktorerne.

Afprøvningsprotokol

Afprøvningen strakte sig over 9 dage og indledtes på dag 1 med vejning. Vægten omregnedes til metabolsk vægt (MBV) som MBV = Vægt$^{0.75}$, og dosering af restriktivt foder blev givet i forhold til metabolsk vægt. På dag 1 blev kalvene flyttet til den bås hvori funktionsprøverne foregik. Fodringen fortsatte uændret indtil dag 5, hvor der ikke blev fodret. På dag 6 og 7 tildeltes et foder beregnet til at dække vedligeholdelsesbehovet. Rationsfoderet blev tildelt kl. 7.00 og 15.00 i ens portioner. På dag 8 blev kun morgenportionen givet. Senere på dagen blev kalvene forsynet med kateter i halsvenen. På dag 9, prøvedagen, blev kalvene ikke fodret, førend prøverne var afsluttet om eftermiddagen. Efter endt afprøvning blev kalvene forebyggende behandlet med et antibiotikum for at mindske risikoen for infektioner fra prøveudtagningen.

Der blev udtaget blodprøver fra kateter i forhold til funktionsprøverne således:

1) Morgenfaste 8.00, 8.15, 8.30, 8.45 og 9.00
2) GRF stimulering (9.00), 8.45, 8.55, 9.00, 9.05, 9.10, 9.15, 9.20, 9.30, 9.45, 10.00
3) Adrenalin stimulering (12.00), 11.45, 11.55, 12.05, 12.10, 12.15, 12.20 og 12.30
4) Glukose tolerance (14.00), 13.30, 13.45, 13.55, 14.05, 14.10, 14.15, 14.20, 14.30, 14.45, 15.00.

Funktionsprøverne gennemførtes altid i den viste rækkefølge for at mindske effekten af den mulige påvirkning fra den ene prøve til den næste. Til stimuleringen anvendtes følgende doser:

- GRF-test: 2µg hpGRF 1-29 NH_2/MBV
- Adrenalinstimulering: 4 µg/MBV
- glukose tolerancetest: 0.8 g/MBV.

Blodprøverne blev kølet med isvand, og plasma fraskilt ved centrifugering (2000 x g, 4°C, 20 min.) og derefter opbevaret nedfrosset (-20°C) indtil analyse i laboratoret.

Plasmaanalyser

Næringsstofferne, glukose, frie fedtsyrer og urea blev analyseret med kommercielle assay-kit baseret på enzymatisk-colorimetriske metoder. Analyser for væksthormon udførtes med radioimmunoassay. Insulin blev i starten analyseret med et kommercielt radioimmunoassay (RIA). Dette havde imidlertid utilstrækkelig nøjagtighed og ringe følsomhed for de lave koncentrationer, der findes hos fastende drøvtyggere. Derfor blev et nyt assay udviklet og valideret. Dette assay er baseret på tidsforsinket fluoroscens (TR-FIA) og monoklonale antistoffer. Koncentrationer af insulin målt med RIA blev konverteret til skalaen for det nye assay (TR-FIA) inden statistisk analyse.

Fra hver prøveserie udvalgtes specifikke plasmaprøver til analysering for en eller flere af ovennævnte næringsstoffer og hormoner. I enkelte tilfælde har det ikke været muligt at analysere prøver fra samtlige dyr, og det reducerede antal vil da fremgå af tabellerne med resultater.

Variable

Koncentrationerne i enkelte plasmaprøver blev logaritmisk transformeret inden videre beregning for at stabilisere variansen og opnå en tilnærmelsesvis normal fordeling af residualer. Koncentrationerne blev derefter samlet i variable, der generelt beskriver en "før" og en "respons" tilstand (Top) til det tildelte stof. Respons tilstanden blev i flere tilfælde suppleret med en "Nedbrydningshastighed" til beskrivelse af, hvorledes "respons" tilstanden aftog efter at have passeret sit maksimum. Variablene er beskrevet i Tabel 5.5.

De statistiske analyser er som nævnt udført i logaritmisk skala, men til brug for figurer og tabeller er værdier herfra vist re-transformeret som geometriske gennemsnit i den målte skala.

Tabel 5.5 Variable anvendt til beskrivelse af fysiologisk respons
Variables used to describe physiological response

Prøve *Test*	Tilstand* *Status*	Hormon/Næringsstof *Hormone/Metabolite*	Forkortelse *Abbreviation*	Indgående plasmaprøver *Sampling time*
Faste	24 timers faste	Glukose	Glu-Faste	8^{00} 8^{30} 8^{55}
		Urea	Urea-Faste	8^{00} 8^{30} 8^{55}
		FFA	FFA-Faste	8^{00} 8^{30} 8^{55}
		Væksthormon	VH-Faste	8^{00} 8^{15} 8^{30} 8^{45} 9^{00}
		Insulin	Ins-Faste	8^{00} 8^{15} 8^{30} 8^{45} 9^{00}
Adrenalin	Før	Glukose	Glu-Før-Adr	11^{45} 11^{55}
	Top		Glu-Top-Adr	12^{05} 12^{10} 12^{15}
	Før	FFA	FFA-Før-Adr	11^{45} 11^{55}
	Top		FFA-Top-Adr	12^{10} 12^{15}
	Før	Insulin	Ins-Før-Adr	11^{45} 11^{55}
	Top		Ins-Top-Adr	12^{10} 12^{15}
GRF	Før	Væksthormon	VH-Før	8^{45} 8^{55} 9^{00}
	Top		VH-Top	9^{10} 9^{15} 9^{20}
	Nedbr.		VH-Nedbr.	9^{10} 9^{15} 9^{20} 9^{45} 10^{00}
Glukose	Før	Glukose	Glu-Før-GTT	13^{30} 13^{45} 13^{55}
	Top		Glu-Top-GTT	14^{10} 14^{15} 14^{20}
	Nedbr.		Glu-Nedbr.-GTT	14^{10} 14^{15} 14^{20} 14^{45} 15^{00}
	Før	Insulin	Ins-Før-GTT	13^{30} 13^{45} 13^{55}
	Top		Ins-Top-GTT	14^{10} 14^{15} 14^{20}
	Nedbr.		Ins-Nedbr.-GTT	14^{10} 14^{15} 14^{20} 14^{45} 15^{00}

* Tilstand (*Status*): Før, *Baseline*; Top, *Peak*; Nedbr., *Clearance rate*.

Ydelsesdata

En detaljeret beskrivelse af ydelsesdata er givet i kapitel 4, hvor de genetiske analyser af ydelsesdata også er vist. Der anvendtes samme statistiske model som i kapitel 4. Fællesskabet mellem ydelsesdata og fysiologiske data fremkommer derfor dels via dyr, der både har ydelses- og fysiologiske data, og dels gennem fælles slægtskab. Der var i alt 247 af de fysiologisk afprøvede kvier, der havde opnået en første laktationsydelse.

Blandt de individafprøvede tyrekalve er 163 igangsat som ungtyre. Heraf havde 72 (marts '96) opnået avlsværdital, men flere er foreløbige.

Tilvækstegenskaber og ultralydmål

Daglig tilvækst, foderoptagelse og foderudnyttelse er beskrevet i kapitel 4 med tilhørende genetiske analyser. De samme modeller er anvendt her i bivariate analyser for at belyse genetiske og fænotypiske sammenhænge mellem fysiologiske mål og tilvækstegenskabene, på tilsvarende måde som sammenhængen til ydelsesegenskaberne er beregnet.

Statistiske modeller

Det er tidligere nævnt, at faktorerne køn, forsøgsstation og fodringsintensitet var fuldstændigt konfunderede. De indgik derfor i modellerne som en fælles systematisk faktor. Af øvrige systematiske faktorer indgik "race" (RDM, SDM, DRK og Jersey) og fødselsår. Alder i dage ved afprøvning anvendtes som co-variat for at justere for afvigelser fra den planlagte prøvealder. Sæsonvariation indgik via prøvedag (hold) som en tilfældig effekt. Prøvedagsvariabiliteten (c^2) blev udtrykt som en koefficient beregnet som forholdet mellem variansen for prøvedage og den fænotypiske varians. Til test af systematiske effekter i univariate modeller indgik dyrenes far og prøvedage som tilfældig effekter. Univariate modeller blev analyseret med "The Mixed Procedure" i SAS (SAS, 1992). De genetiske analyser gennemførtes som bi-variate analyser med enkeltdyr modellen og DMU-program pakken (Jensen & Madsen, 1994; Madsen et al., 1994). Ved hjælp af bi-variate analyser blev det undersøgt, i hvor høj grad en egenskab målt på "tyrekalve" var den samme som egenskaben målt på "kviekalve". Bi-variate analyser anvendtes desuden til at beregne korrelationer mellem forskellige egenskaber (variable). I de tilfælde, hvor egenskaber var højt korrelerede mellem køn og dermed kan anses for at være samme egenskab, blev de analyseret som sådan, efter udvidelse af modellen med en "køn-station-fodrings" faktor. For nemheds skyld vil "kvier" og "tyre" referere til den kombinerede faktors to niveauer.

5.4 RESULTATER OG DISKUSSION

5.4.1 Næringsstoffer og hormoner i plasma efter 24 timers faste

FFA plasmakoncentrationen af frie fedtsyrer (FFA-Faste) var i gennemsnit 0,713 mmol/l hos tyre og 0,622 mmol/l hos kvier (P>0,1; ns) uden tydelige raceforskelle. Niveauet svarer til, hvad der er opnået i andre forsøg med kalve under faste (Sinnett-Smith et al., 1987; Tilakaratne et al., 1980; Woolliams et al., 1992), og hos højtydende køer i tidlig laktation og negativ energibalance (Hart et al., 1978). Heritabiliteten af FFA var høj hos tyre og lidt lavere hos kvier. Den genetiske korrelation på 0,45 viser, at FFA-Faste ikke er samme egenskab hos "tyre" og "kvier". Dette kan

meget vel skyldes forskelle i foderrationen, inden funktionsprøven indledtes. Heritabilitetsestimaterne i denne undersøgelse er noget højere end hvad der tidligere er fundet hos lam, (Cameron & Cienfuegos-Rivas, 1994), hvilket til dels kan skyldes den her anvendte statistiske metode, som er bedre egnet til at isolere genetisk variation end en traditionel halvsøskende analyse. En anden årsag kan være, at estimaterne gælder for variable, som er et gennemsnit af tre enkelt-prøver, hvilket mindsker den tilfældige variation i forhold til variable, som er baseret på enkeltvis udtagne prøver. Endelig betyder anvendelsen af kateter, at stress fra gentagen udtagning af prøver med nål undgås. Stress er kendt for at påvirke blodets FFA indhold.

Tabel 5.6 **Genetiske og fænotypiske parametre for plasmakoncentrationer af næringsstoffer og hormoner hos kvier og tyrekalve efter 24 timers faste. Resultater er gennemsnit i log-e enheder med tilhørende spredning og geometriske gennemsnit (GM)**
Genetic and phenotypic parameters for plasma metabolites and hormones in male (Tyre) and female (Kvier) calves following 24 h fasting. Results are in log-e units with corresponding standard deviations and geometric means (GM)

Egenskab (*Trait*)	Køn (*Sex*)	N	$\bar{x}$	S.D.	*GM*	h^2±s.e.	c^2±s.e.	r_A Tyr-kvie
Glukose	Tyre	451	1,476	0,095	*4,38*	0,22±0,08	0,23±0,08	0,74±0,21
	Kvier	371	1,431	0,092	*4,18*	0,28±0,09	0,14±0,09	
Urea	Tyre	304	1,257	0,181	*3,51*	0,22±0,10	0,11±0,10	0,36±0,23
	Kvier	280	1,176	0,203	*3,24*	0,49±0,10	0,29±0,11	
FFA	Tyre	198	6,574	0,189	*716*	0,52±0,16	0,10±0,19	0,45±0,30
	Kvier	190	6,412	0,205	*609*	0,32±0,14	0,13±0,15	
Insulin	Tyre	334	3,211	0,482	*28,4*	0,04±0,08	0,12±0,08	*(1,00±1,08)*
	Kvier	300	2,779	0,462	*16,1*	0,43±0,11	0,21±0,12	
Væksthormon	Tyre	450	1,046	0,452	*2,85*	0,18±0,07	0,17±0,07	0,88±0,17
	Kvier	371	1,124	0,482	*3,08*	0,48±0,09	0,23±0,10	

Ureakoncentrationen var 3,51 mmol/l hos tyre og 3,24 mmol/l hos kvier (P>0,1, ns). RDM kalve af begge køn havde højest koncentration, fulgt af SDM og DRK, mens Jersey havde lavest koncentration (P<0,001), dog var SDM og Jersey kvier på samme niveau. Arvbarheden af urea var høj (0,49) hos kvier men mindre (0,22) hos tyre (Tabel 5.6). En ret lav genetisk korrelation (r_A = 0,36) viser, at det ikke er den samme egenskab der er målt hos kvier og tyre. Arvbarheden af urea hos kalve er i andre undersøgelser kun beregnet på målinger under fodring, og er fundet til h^2 = 0,12 (Bishop et al., 1992). Der findes ikke andre publicerede undersøgelser af genetiske korrelationer mellem urea hos kvier og tyre, eller kalve observeret under forskellige betingelser. Årsagen til kønsforskellen skal måske søges i den forskellige fodringsintensitet forud for afprøvningen, da det tidligere er påvist, at forskelle i proteinkoncentration i foderet påvirker blodets ureaindhold under en efterfølgende faste (Woolliams et al., 1992).

Glukosekoncentrationen var lidt højere hos tyre (4,38 mmol/l) end hos kvier (4,18 mmol/l; P<0,1), men ikke påvirket af kalvens race. Arvbarheden var af middel størrelse (Tabel 5.6) og ikke væsentlig forskellig hos tyre og kvier. Tilsvarende var den genetiske korrelation høj (r_A = 0,74), hvilket viser, at glukose målt under faste er genetisk set næsten den samme egenskab hos begge køn. Arvbarheden af glukose koncentrationer i andre opgørelser og målt under normale fodringsbetingelser er af samme størrelsesorden (Almlid et al., 1982).

Insulinmålingerne viste lidt højere niveau hos tyre (28,4 pmol/l) end hos kvier (16,1 pmol/l), hvilket dog ikke var statistisk sikkert (P>0,1). RDM havde hos både kvier og tyre et lidt lavere niveau end SDM og DRK, der ikke var indbyrdes forskellige. De målte koncentrationer er lavere end hidtil publicerede værdier for fastende kalve (Bridges et al., 1987; Fröhli & Blum, 1988). Arvbarheden af insulin målene var lav hos tyre, men af middel størrelse hos kvier (Tabel 5.6). Disse var genetisk højt korrelerede og kan derfor betragtes som genetisk set samme egenskab. De opnåede heritabiliteter for kvier er højere end de tidligere publicerede resultater (Moriya et al., 1988), hvilket kan skyldes, at der indgår flere enkelt målinger, men også anvendelsen af en TR-FIA målemetode med stor præcision ved lave koncentrationer af insulin. Den standardiserede faste er også medvirkende til at mindske indflydelsen fra fodring (Almlid et al., 1982).

Væksthormonkoncentrationen var på samme lave niveau hos både tyre og kvier. SDM kalve havde et højere niveau end de øvrige racer (P<0,001), som ikke var indbyrdes forskellige. Arvbarheden af væksthormon under faste var noget højere hos "kvier" end hos "tyre", men egenskaben havde en høj genetisk korrelation og må antages at have en fælles genetisk baggrund hos de to køn (Tabel 5.6). Heritabiliteten er noget højere hos tyre, end tidligere beregnet på dyr fra dette forsøg, men hvor variablen kun indeholdt tre enkelt målinger over en 15 minutters periode (Løvendahl et al., 1994). På tilsvarende måde fandt Beerepoot et al., (1991), at heritabiliteten af væksthormon hos køer var lav, men ved at fjerne de højeste værdier, som formodentlig stammede fra sekretoriske pulser, steg heritabiliteten væsentligt. Derved bekræftes tidligere resultater, der viser, at væksthormon koncentrationer nok er arvelige, men det kræver ofte gentagne blodprøver eller kontrolleret stimulation at opnå rimeligt gentagelige målinger (Hart et al., 1981; Moriya et al., 1988).

Indbyrdes korrelationer mellem næringsstoffer og hormoner målt under faste

Fænotypiske korrelationer mellem egenskaberne var generelt små (Tabel 5.7). De genetiske korrelationer var ligeledes i flere tilfælde ret lave og noget forskellige hos de to køn. Dette må forventes, dels på grund af de ret store middelfejl og dels på grund af egentlige biologiske forskelle i egenskaber, som er målt på "tyre" og "kvier". De fundne sammenhænge er dermed for usikre og inkonsistente til, at de kan anvendes i et "faste-indeks".

Tabel 5.7 Genetiske og fænotypiske korrelationer mellem egenskaber målt under faste, inden for køn
Genetic and phenotypic correlations between traits measured during fasting, within station-sex

Egenskab 1 *Trait 1*	Egenskab 2 *Trait 2*	Tyr/kvie *Station-sex*	h^2_1	h^2_2	r_A	r_P
Væksthormon	Glukose	Tyr	0,10	0,14	0,79±0,48	0,02
		Kvie	0,44	0,26	0,27±0,21	0,11
	Urea	Tyr	0,17	0,22	-0,36±0,34	0,06
		Kvie	0,43	0,50	-0,35±0,17	-0,19
	FFA	Tyr	0,15	0,60	0,40±0,33	-0,22
		Kvie	0,39	0,27	0,16±0,30	-0,18
	Insulin	Tyr	0,16	0,06	1,00±0,83	-0,11
		Kvie	0,44	0,43	0,19±0,20	-0,09
Glukose	Urea	Tyr	0,20	0,24	-0,05±0,33	-0,17
		Kvie	0,24	0,49	-0,29±0,21	-0,23
	FFA	Tyr	0,21	0,57	0,32±0,28	0,07
		Kvie	0,25	0,33	0,24±0,30	0,12
	Insulin	Tyr	0,19	0,05	0,62±0,70	0,16
		Kvie	0,25	0,26	-0,41±0,28	0,09
Urea	FFA	Tyr	0,21	0,54	-0,21±0,32	0,02
		Kvie	0,51	0,30	0,36±0,27	-0,15
	Insulin	Tyr	0,23	0,05	-0,19±0,64	0,03
		Kvie	0,50	0,26	0,15±0,21	0,06
FFA	Insulin	Tyr	0,52	0,11	-0,28±0,41	0,04
		Kvie	0,35	0,27	-0,73±0,27	-0,17

5.4.2 Adrenalintest

Adrenalin påvirker stofskiftet til at frigøre glukose til blodbanen, således at især muskelvæv og nervesystem får tilført mere energi. Forøgelsen af glukosekoncentrationen bevirker også en stigning i insulin udskillelsen. Desuden stimuleres fedtvævene til at mobilisere, hvilket giver en akut stigning i plasmaets indhold af FFA. Det tidsmæssige forløb er vist i Figur 5.1 og genetiske parametre er vist i Tabel 5.8.

Glukosekoncentrationen var før adrenalin stimuleringen lidt lavere hos kvier (4,10 mmol/l) end hos tyre (4,34 mmol/l; P<0,1). DRK kalve havde lidt lavere Glu-Før-Adr end kalve af de øvrige racer. Efter adrenalinstimulering steg glukosekoncentrationen hos kalve af alle racer og begge køn i gennemsnit 23% (Tabel 5.8), men det ændrede ikke på racerne rangering. Faste har i nogle undersøgelser sænket glukosekoncentrationen, men uden at det har påvirket responset på adrenalin (Fröhli & Blum, 1988).

Heritabiliteten af glukose før adrenalin var 0,21 hos både tyre og kvier og svarer dermed til heritabiliteten målt under faste. Arvbarheden for glukose toppunktet efter adrenalin var en anelse større end Glu-Før-Adr hos både kvier og tyre, omkring 0,25.

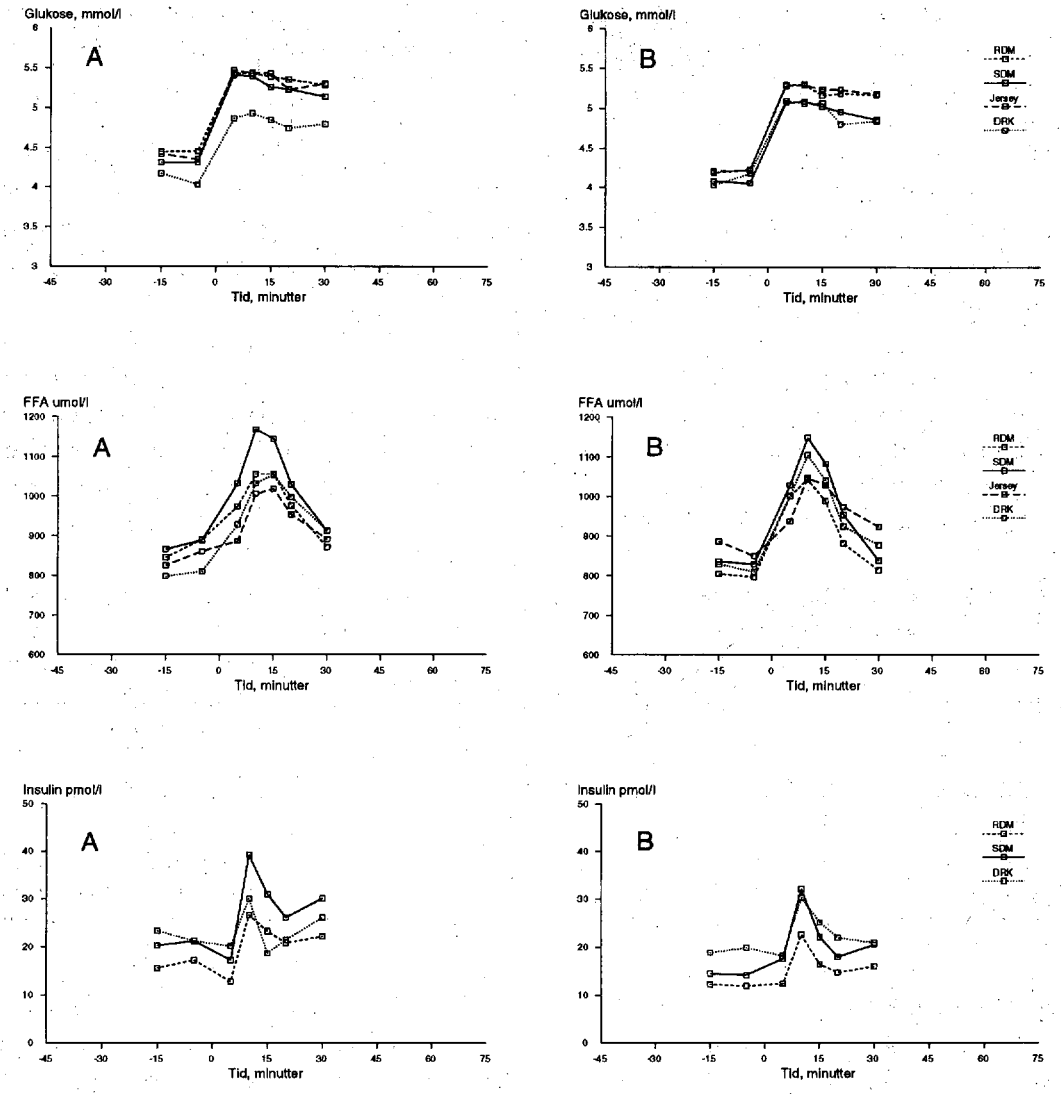
Den genetiske korrelation mellem glukosemål hos kvier og tyre var høj, både før og efter adrenalinstimuleringen, og det betyder, at det genetisk set er samme egenskab, der måles på begge køn. Der kendes ikke andre publicerede resultater på genetiske parametre for næringsstoffer eller hormoner i forbindelse med adrenalin test.

Tabel 5.8 **Genetiske og fænotypiske parametre, gennemsnit og spredning på plasma koncentrationen af glukose, frie fedtsyrer og insulin, før og efter adrenalinstimulering, hos tyre og kviekalve. Resultaterne er LSmeans omsat til geometrisk gennemsnit (GM)**
Genetic and phenotypic parameters, means and standard deviation of plasma glucose, FFA and insulin before and following adrenalin stimulation, in male and female calves. Results are in log-e units with corresponding geometric means (GM)

Egenskab *Trait*	Tyr/kvie *Station-sex*	N	$\bar{x}$	*GM*	S.D.$_p$	$h^2 \pm$ s.e.	$c^2 \pm$ s.e.	$r_A \pm$ s.e. Tyr/Kvie
Glukose								
Før	Tyre	452	1,468	*4,34*	0,098	0,21±0,07	0,17±0,09	
	Kvier	371	1,411	*4,10*	0,090	0,21±0,09	0,09±0,09	0,80±0,25
Top	Tyre	452	1,678	*5,36*	0,101	0,26±0,08	0,09±0,09	
	Kvier	371	1,631	*5,11*	0,102	0,25±0,08	0,13±0,09	0,89±0,22
FFA								
Før	Tyre	201	6,763	*865*	0,216	0,51±0,16	0,14±0,18	
	Kvier	190	6,721	*830*	0,247	0,20±0,12	0,12±0,12	0,87±0,34
Top	Tyre	201	7,006	*1.103*	0,221	0,53±0,15	0,07±0,18	
	Kvier	190	6,988	*1.084*	0,227	0,52±0,14	0,11±0,16	1,00±0,17
Insulin								
Før	Tyre	331	2,977	*19,6*	0,679	0,55±0,14	0,01±0,17	
	Kvier	300	2,633	*13,9*	0,571	0,25±0,09	0,23±0,09	1,00±
Top	Tyre	331	3,463	*31,9*	0,575	0,54±0,13	0,06±0,15	
	Kvier	300	3,225	*25,2*	0,586	0,12±0,07	0,23±0,07	0,32±0,30

Plasmaets indhold af *frie fedtsyrer* før adrenalin testen var 865 og 830 µmol/l hos tyre og kvier. Det er noget højere end niveauet ved morgenfasten fire timer tidligere, hvilket også var ventet, da dyrene ikke blev fodret i mellemtiden. Efter indgivelse af adrenalin steg koncentrationen til 1.103 og 1.084 µmol/l, en stigning på 29% i forhold til FFA-Før-Adr. FFA-Top-Adr var ikke væsentlig forskellig hos tyre og kvier, eller på de fire racer. Heritabiliteten af FFA før stimulering var af samme størrelse som ved målingerne under faste tidligere på dagen (Tabel 5.8). Men i modsætning til målingerne under faste var målingerne hos kvier og tyre før adrenalinstimuleringen højt genetisk korrelerede. Ved adrenalinstimuleringen steg heritabiliteten af FFA målene betydeligt hos kvier og forblev på samme høje værdi hos tyre. Der var en genetisk korrelation på 1,00 mellem målinger hos kvier og tyre. Dette viser, at adrenalinstimulering er effektiv til at

påvise genetisk betingede forskelle i evnen til akut at mobilisere fra fedtvævene, og at denne egenskab udtrykkes hos kalve af begge køn under standardiserede prøvebetingelser.



Figur 5.1 **Koncentrationer af glukose, FFA og insulin i plasma under adrenalin stimulationstest af tyre (A) og kviekalve (B) af de fire racer. Resultaterne er gennemsnit beregnet i log-e enheder omsat til geometriske gennemsnit i målte enheder**
Plasma glucose, FFA and insulin during adrenalin stimulation (at time = 0 minutes) of male (A) and female (B) calves of four dairy breeds (RDM, Red Dane; SDM, Danish Black & White; Jersey, Danish Jersey; DRK, Danish Red & White). Results are geometric means

Plasma koncentrationen af *insulin* var 19,6 og 13,9 pmol/l hos tyre og kvier, hvilket er noget lavere end ved morgenfasten. Efter adrenalinstimuleringen steg koncentrationen til 31,9 og 25,2 pmol/l (Figur 5.1 og Tabel 5.8), uden at være væsentligt påvirket af køn-station-fodringsfaktoren (P>0,1, ns). Derimod var koncentrationen af insulin under hele forløbet noget lavere hos RDM end hos SDM, hvilket bevirkede, at ændringen efter adrenalin testen var af samme størrelse hos de to racer. Antallet af analyser på Jersey og DRK kalve er for lille til at kunne indgå i en reel racesammenligning.

Heritabiliteten af insulin før adrenalin var hos kvier af samme størrelse som under faste, mens den var noget højere hos tyre. Efter adrenalin faldt heritabiliteten hos kvierne, mens den forblev høj hos tyrene. Insulin koncentrationer før adrenalin var højt genetisk korreleret mellem køn, men denne sammenhæng faldt drastisk efter adrenalinstimuleringen. Derfor kan insulin respons efter adrenalin ikke regnes for at være samme egenskab hos tyre og kvier.

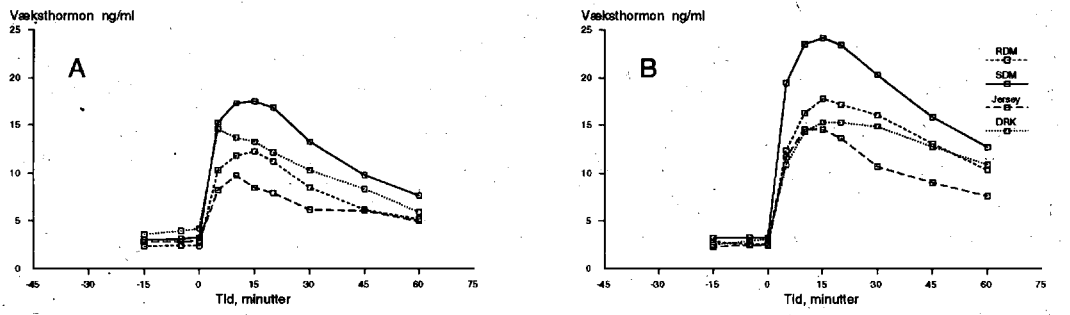
Der blev fundet stærk sammenhæng mellem glukose, FFA og insulin før og efter adrenalinstimuleringen (Tabel 5.9). Dette resultat var ventet, da responset på adrenalinstimuleringen kommer få minutter, efter at injektionen er givet, og kun giver anledning til en 20 til 60 procents stigning i forhold til før-niveauet. Tilsvarende sammenhænge er tidligere påvist ved væksthormon release test (Løvendahl et al., 1991).

Tabel 5.9 Genetiske og fænotypiske korrelationer mellem koncentrationer af glukose, frie fedtsyrer og insulin, før og efter stimuleringstest med adrenalin
Genetic and phenotypic correlations between plasma concentrations of glucose, free fatty acids, and insulin, before and following adrenalin challenge

	Kvier (*Females*)		Tyre (*Males*)	
	$r_a \pm$ s.e.	r_p	$r_a \pm$ s.e.	r_p
Glukose	0,75 ± 0,12	0,70	0,64 ± 0,15	0,70
FFA	0,60 ± 0,20	0,65	0,97 ± 0,05	0,68
Insulin	1,00 ± 0,38	0,53	0,73 ± 0,12	0,61

5.4.3 Væksthormon sekretionstest

Udskillelsen af væksthormon fra hypofysen udløses straks efter indgivelse af "growth hormone releasing factor" (GRF), og de højeste koncentrationer måles i plasmaprøver 10-20 minutter efter indgivelsen. Efter toppunktet er nået, mindskes koncentrationen i de følgende plasmaprøver, uden dog at nå tilbage til udgangskoncentrationen i løbet af den første time (Figur 5.2). En supplerende undersøgelse viste, at dette sker inden der er forløbet 3 timer.



Figur 5.2 **Koncentration af væksthormon i plasma hos tyre- (A) og kvie-kalve (B) af de fire racer under GRF stimulationstest. Resultaterne er gennemsnit beregnet i log-e enheder omsat til geometriske gennemsnit i målte enheder**
Plasma concentration of growth hormone in male (A) ande female (B) calves of different breeds (RDM, Red Dane; SDM, Danish Black & White; Jersey, Danish Jersey; DRK, Danish Red & White) during GRF challenge. Results are geometric means

Væksthormonkoncentrationen før GRF var ikke forskellig hos kvier og tyrekalve, men SDM kalve havde de højeste og RDM og Jersey de laveste koncentrationer (P<0,001). Efter GRF stimulering opnåede kvier et noget større respons end tyre, omend ikke signifikant. Raceeffekter, som var tydelige før GRF stimuleringen, fandtes også efter stimuleringen, hvor SDM kalve havde det største respons, fulgt af RDM og Jersey (Raceeffekt, P<0,001). Nedbrydningshastigheden for det udskilte væksthormon var betydeligt højere hos tyre end kvier (P<0,01). Raceforskellene var mindre tydelige for nedbrydning end for toppunktet, men den hurtigste nedbrydningshastighed fandtes hos SDM, fulgt af RDM og Jersey. Raceforskelle i væksthormon variable er ikke beskrevet tidligere.

Tabel 5.10 **Genetiske og fænotypiske parametre, gennemsnit og spredning på plasma koncentrationen af væksthormon før og efter væksthormonsekretionstest med GRF hos tyre og kviekalve. Resultaterne er LSmeans omsat til geometriske gennemsnit (GM) og halveringstid (T½)**
Genetic and phenotypic parameters of plasma growth hormone in male and female calves during GRF challenge test. Results are in log-e units with corresponding geometric means

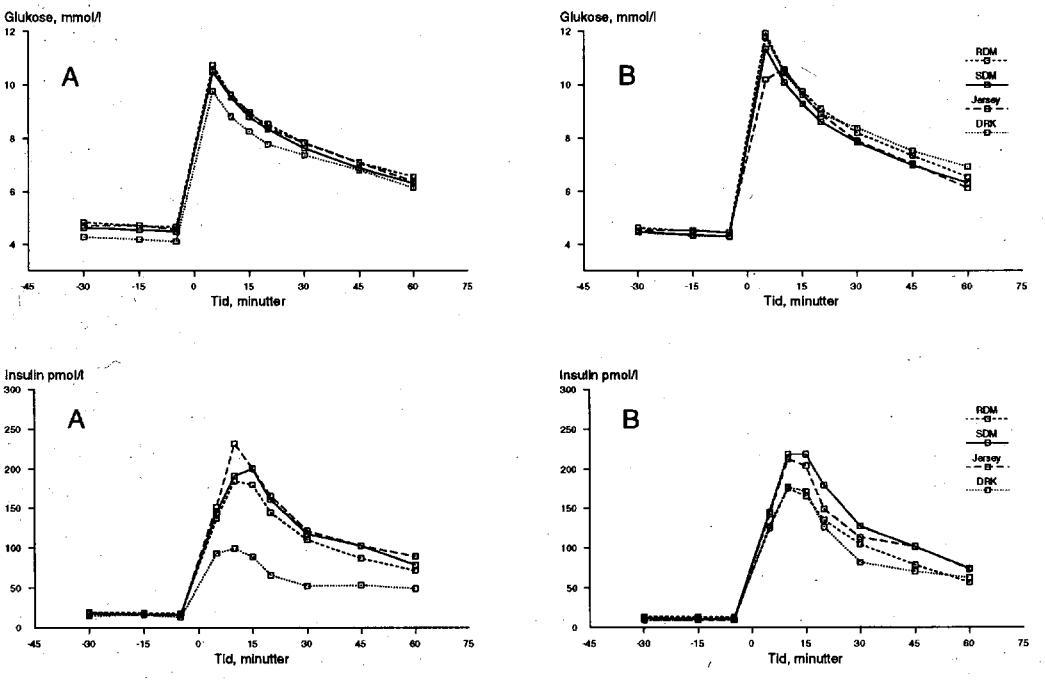
Egenskab *Trait*	Køn *Station-sex*	N	$\bar{x}$	S.D.$_p$	*GM/T½*	h^2 ± s.e.	c^2 ± s.e.	r_A ± s.e. Tyr-Kvie
Væksthormon								
Før	Tyr	444	1,096	0,475	*2,99*	0,10±0,06	0,11±0,06	
	Kvie	364	1,123	0,533	*3,07*	0,56±0,10	0,20±0,11	0,60±0,30
Top	Tyr	444	2,692	0,642	*14,76*	0,31±0,08	0,10±0,08	
	Kvie	364	3,054	0,722	*21,20*	0,57±0,09	0,07±0,11	0,92±0,12
Nedbr.	Tyr	444	1,781	1,433	*38,9*	0,20±0,08	0,06±0,08	
	Kvie	364	1,298	1,528	*53,4*	0,14±0,08	0,14±0,08	0,99±0,32

Heritabiliteten for væksthormon før stimulering var lav hos tyre (Tabel 5.10), men høj hos kvier. Den genetiske korrelation mellem målinger af basal niveauet på de to køn var forholdsvis lav.

Efter GRF stimulering fandtes en væsentlig højere heritabilitet hos tyre, mens den allerede høje arvbarhed hos kvier ikke ændredes. Den genetiske korrelation mellem væksthormontoppunkt hos kvier og tyre var høj. Den øgede heritabilitet hos tyrene fortæller, at responset på den kontrollerede stimulering kan overskygge de tilfældige sekretionspulser, som ellers er en væsentlig årsag til lav heritabilitet for væksthormonmålinger hos kvæg (Beerepoot et al., 1991). Nedbrydningshastigheden af væksthormonkoncentrationen har en lavere heritabilitet end toppunktet, men er tilsyneladende den samme egenskab hos kvier og tyre vurderet ud fra en genetisk korrelation på 0,99. Indbyrdes er toppunktet korreleret med før-GRF koncentration både genetisk og fænotypisk (r_A = 0,80±0,08; r_P = 0,47). Dette supplerer tidligere påviste fænotypiske sammenhænge af samme størrelsesorden med bagved liggende genetiske sammenhænge (Løvendahl et al., 1991a; Løvendahl et al., 1991b). Sammenhængen mellem nedbrydningshastighed og toppunkt var som forventet høj, da toppunktet indgår i beregningen (r_A = 0,75±0,10; r_P = 0,56).

5.4.4 Glukosetolerance test (GTT)

Glukosetolerance prøven omfattede intravenøs indgivelse af en støddosis glukose, og den medførte en meget stærk forøgelse af plasmaets glukose koncentration, som derefter aftog jævnt i løbet af den efterfølgende time (Figur 5.3).



Figur 5.3 **Plasmakoncentrationer af glukose og insulin under glukosetolerancetest hos tyre (A) og kvier (B) af fire racer. Resultaterne er gennemsnit beregnet i log-e enheder omsat til geometriske gennemsnit i målte enheder**
Plasma glucose and insulin during glucose tolerance test in male (A) and female (B) calves of four breeds (RDM, Red Dane; SDM, Danish Black & White; Jersey, Danish Jersey; DRK, Danish Red & White). Results are geometric means

Glukosekoncentration var påvirket af race, både før og efter GTT. Nedbrydningshastigheden for glukose var hurtigst hos Jersey fulgt af RDM og SDM og var generelt hurtigere hos kvier end hos tyre (P<0,001). Forskellen mellem kvier og tyre skyldes formentlig forskelle i kropssammensætning og tidligere fodringsintensitet, da det er vist, at fedningsgrad påvirker glukose omsætningen hos kvæg (McCann & Reimers, 1986), hvorimod tildelte kønshormoner ikke har væsentlig effekt på denne egenskab (Xing et al., 1993).

Arvbarheden af glukose før-GTT var af middel størrelse hos både tyre og kviekalve (Tabel 5.11). Størrelsen af det stimulerede glukoseniveau og af nedbrydningshastigheden havde en lav til middel arvbarhed. For alle glukosemål var der en høj genetisk korrelation mellem målinger hos kvier og tyre. De fundne arvbarheder bekræfter resultater af tidligere undersøgelser hos kvæg og får (Bishop et al., 1992; Francis et al., 1994), der viste middel til lave arvbarheder for de samme egenskaber.

Tabel 5.11 Genetiske og fænotypiske parametre for glukose og insulin mål før og efter glukosetolerancetest hos tyre (N = 452) og kviekalve (N = 371). Resultaterne er LSmeans omsat til geometriske gennemsnit (GM) og halveringstid (T½)
Genetic and phenotypic parameters for glucose and insulin traits in male (N = 452) and female (N = 371) calves. Results are in log-e units and corresponding geometric means and half lifes

Egenskab *Trait*	Køn *Station-sex*	$\bar{x}$	S.D.$_P$	*GM/T½*	h^2±s.e.	c^2±s.e.	r_A Tyr/Kvie
Glukose							
Før	Tyr	1,524	0,092	*4,59*	0,29±0,09	0,12±0,09	
	Kvie	1,484	0,094	*4,41*	0,22±0,09	0,12±0,09	0,65±0,23
Top	Tyr	2,184	0,088	*8,88*	0,12±0,07	0,29±0,06	
	Kvie	2,242	0,075	*9,41*	0,33±0,09	0,27±0,09	0,92±0,44
Nedbr.	Tyr	0,778	0,192	*89*	0,09±0,07	0,00±0,07	
	Kvie	0,917	0,234	*76*	0,33±0,09	0,05±0,10	1,00±0,77
Insulin							
Før	Tyr	2,866	0,616	*17,6*	0,16±0,07	0,11±0,07	
	Kvie	2,440	0,624	*11,5*	0,23±0,08	0,09±0,08	1,00±0,27
Top	Tyr	5,174	0,696	*176,6*	0,65±0,09	0,04±0,11	
	Kvie	5,262	0,642	*192,9*	0,58±0,09	0,07±0,11	0,87±0,09
Nedbr.	Tyr	1,913	1,324	*36*	0,54±0,09	0,02±0,11	
	Kvie	2,274	1,596	*30*	0,37±0,09	0,10±0,09	1,00±0,11

De indbyrdes korrelationer mellem glukosemålene viste en klar positiv genetisk og fænotypisk sammenhæng mellem før- og efter-GTT koncentrationen (r_A = 0,83±0,21; r_P = 0,56). Derimod var korrelationerne til nedbrydningshastigheden generelt lave.

Insulin koncentrationen steg som følge af glukosetilførslen og nåede et toppunkt i prøverne udtaget ved 10 eller 15 minutter efter GTT (Figur 5.3). Derefter faldt insulin koncentrationen i de

følgende prøver uden dog at nå helt tilbage til udgangspunktet i løbet af de observerede 60 minutter. Hos enkelte dyr blev et sekundært respons ved 45 minutter observeret.

Insulinniveauet før GTT var 1,55 gange højere hos tyre end hos kvier (P<0,001), men var ikke påvirket af race. Insulintoppunkt og nedbrydning var hverken påvirket af race eller kalvens kønstation-fodringsintensitet.

Heritabiliteten af insulin før GTT var lav til middel og svarer til, hvad der blev opnået under faste hos de samme dyr. Insulinmålene efter GTT havde høj arvbarhed, både toppunktet og nedbrydningshastigheden (Tabel 5.11). De høje genetiske korrelationer mellem insulinmål hos kvier og tyre betyder, at det er praktisk taget samme egenskab, der måles.

Insulinmålene var tidsmæssigt højt korrelerede, således at insulin før-GTT var korreleret til insulin-top, og insulin-top korreleret med insulin-nedbrydning, mens insulin-før ikke var korreleret til insulin-nedbrydning (r_A (Før-Top) = 0,67±0,10; r_p = 0,51; r_A (Top-Nedbr.) = 0,62±0,07; r_p = 0,54; r_A (Før-Nedbr.) = -0,09±0,15; r_p = -0,08). Desuden var glukose-nedbrydning højt korreleret med både insulin-top (r_A = 0,93±0,10; r_p = 0,36) og insulin-nedbrydning (r_A = 0,92±0,12; r_p = 0,37). Denne sammenhæng var forventet ud fra kendskabet til insulinets rolle i glukoseomsætningen.

5.4.5 Genetiske sammenhænge mellem fysiologiske mål og ydelse i første laktation

Antag at en kvie eller tyrs avlsværdi for ydelse kan beregnes ved hjælp af fysiologiske mål fra dyret selv og dets afstamning. Denne indirekte beregnede avlsværdi for ydelse kan sammenholdes med tyrenes afkomsprøveresultater for ydelse eller med kviernes egne laktationsydelser.

I begge tilfælde fordrer sådanne beregninger anvendelsen af multivariate genetiske analyser. Da antallet af afkomsundersøgte tyre endnu er begrænset, omfatter undersøgelsen kun kviers egenydelse. De genetiske analyser af FY-BI-køernes ydelse er beskrevet i afsnit 4. I dette afsnit fokuseres på 1. laktationer og de genetiske parametre for mælk, fedt og protein i kilo er vist i tabel 5.12. Det fremgår heraf, at heritabiliteten er middelhøj og ens for de tre egenskaber. Indbyrdes er ydelsesegenskaberne højt korrelerede både genetisk og fænotypisk

Tabel 5.12 Genetiske parametre for 305 dages ydelse i første laktation, og deres indbyrdes genetiske korrelationer, som indgår i beregninger af sammenhænge til fysiologiske mål
Genetic parameters for first lactation 305 d yield of data used for estimation of correlations within indicator traits

					r_A til		r_p til	
Egenskab (*Trait*)	$\bar{x}$	S_p	S_A	h^2	Fedt	Protein	Fedt	Protein
Mælk, kg	6939	10,9	65,9	0,42	0,69	0,88	0,76	0,92
Fedt, kg	308,5	44,6	28,9	0,42		0,82		0,85
Protein, kg	232,8	29,2	18,9	0,42				

Indikatoregenskabernes egnethed som selektionskriterie kan vurderes ud fra følgende kriterier:

1) Størrelsen af den genetiske korrelation mellem indikatoregenskab og ydelse, og dennes middelfejl.
2) Størrelsen af heritabiliteten for indikatoregenskaben.
3) Overensstemmelse mellem korrelationer til mælk, fedt og protein.
4) Overensstemmelse mellem korrelationer mellem indikatoregenskaben og det direkte ydelsesmål hos henholdsvis kvier og tyre.
5) Overensstemmelse med større publicerede undersøgelser fra selektionsforsøg og lignende.
6) Forklarlighed ud fra fysiologisk viden.

Det sidste kriterie må nødvendigvis behandles mildt, da der i løbet af dette forsøg er frembragt ny fysiologisk viden. På grund af forsøgets statistiske styrke må vurderingen af korrelationer i forhold til deres middelfejl også være mild.

Sammenhæng til variable målt under faste

De fysiologiske variable målt under faste hos tyre og kvier var ikke så tæt korrelerede, at de kunne antages at være den samme egenskab, og analyserne er derfor gennemført separat for tyre og kvier (Tabel 5.13).

Tabel 5.13 Genetiske korrelationer mellem fysiologiske mål under faste og ydelsesegenskaber

Genetic correlations between physiological traits during fasting and yield traits, in primiparous cows (milk, fat and protein in kg)

Egenskab	Station-køn		r_A ±s.e.		
Trait	*Station-sex*	h^2	Mælk	Fedt	Protein
Glukose	Kvie	0,28	0,27±0,24	-0,35±0,24	0,03±0,24
	Tyr	0,22	-0,10±0,27	-0,14±0,25	-0,01±0,26
Urea	Kvie	0,49	-0,59±0,15	0,19±0,19	-0,29±0,17
	Tyr	0,22	0,16±0,30	0,34±0,26	0,42±0,27
FFA	Kvie	0,32	0,32±0,30	0,37±0,32	0,27±0,30
	Tyr	0,52	-0,08±0,25	0,31±0,26	0,31±0,26
Insulin	Kvie	0,43	0,21±0,25	-0,16±0,22	0,27±0,23
	Tyr	0,04	-0,03±0,45	0,56±0,69	0,21±0,22
Væksthormon	Kvie	0,48	0,00±62,7	0,27±0,19	0,36±0,19
	Tyr	0,18	0,13±0,30	0,21±0,29	-0,10±0,29

Glukose havde hos kvier en negativ sammenhæng til fedt, men en positiv sammenhæng til mælk, begge estimater var små i forhold til middelfejlen. Målt på tyre var sammenhængen konsekvent negativ, men meget svag. Dermed bekræftes resultater af tidligere undersøgelser, som samstemmende viser, at glukose under faste hos ungdyr ikke er væsentligt påvirket af ydelsesselektion (review: Woolliams & Løvendahl, 1991).

Urea koncentrationen under faste målt hos tyre viste en svagt positiv sammenhæng til alle tre ydelsesmål, omend ikke signifikant. Derimod var urea målt hos kvier negativt korreleret til mælk og protein, men svagt positiv til fedt. De modstridende sammenhænge kan ikke umiddelbart forklares med køns eller fodringseffekter. Resultaterne falder dog i tråd med de uoverensstemmelser, der har været mellem resultaterne i flere tidligere undersøgelser (review: Sejrsen et al., 1984; Sinnett-Smith et al., 1987; Woolliams & Løvendahl, 1991; Min et al., 1993; Skrzypek et al., 1993). På baggrund af de svage og inkonsekvente sammenhænge til ydelse både her og i litteraturen må ureakoncentrationer indtil videre anses for uegnede som indikatoregenskaber.

Frie fedtsyrer under faste målt hos såvel kvier som tyre udviste en positiv korrelation til ydelse af både fedt og protein, men ikke mælk. FFA under faste hos ungdyr er tidligere fundet at være svagt positivt eller ukorreleret til avlsværdi for ydelse (review: Woolliams & Løvendahl, 1991), hvilket er i overensstemmelse med resultaterne af denne undersøgelse.

Insulin målinger hos kvier og tyre var positivt korreleret til proteinydelse, mens korrelationerne til fedtydelse havde forskellige fortegn hos tyre og kvier og store middelfejl. Den manglende sammenhæng mellem insulin hos ungdyr under faste og avlsværdi for ydelse er i overensstemmelse med resultater opnået i andre undersøgelser (Skrzypek et al. 1993; Robinson et al., 1994).

Væksthormon målt under faste havde en svag positiv sammenhæng til fedtydelse, mens sammenhængen til proteinydelse var negativ, når væksthormon blev målt på tyre. Tidligere undersøgelser har vist svage positive eller manglende sammenhænge mellem væksthormon målt under faste eller fodring og avlsværdi for ydelse (review: Tucker et al., 1974).

Der er således ingen af de fysiologiske mål opnået under faste, der fuldt ud opfylder kriterierne for en lovende indikatoregenskab. Blandt de nævnte kommer FFA tættest på.

Sammenhæng mellem adrenalinstimuleret mobiliseringsevne og ydelse

De fysiologiske variable målt hos tyre og kvier var tæt korrelerede, og i beregningerne antages det derfor, at egenskaberne var de samme hos begge køn. Resultaterne er vist i Tabel 5.14.

Glukosekoncentrationen var før adrenalinstimuleringen negativt korreleret til fedtydelse. Efter adrenalinstimuleringen var glukose toppunktet svagt negativt korreleret til både mælk, fedt og protein, men korrelation var lille i forhold til middelfejlen. I tidligere undersøgelser er der ikke påvist forskelle i glukose respons på adrenalinstimulering hos dyr, som var selekteret for henholdsvis høj og lav smørfedtydelse (P. Løvendahl, upublicerede resultater).

Frie fedtsyrer var både før og efter adrenalinstimuleringen positivt korreleret med alle tre ydelsesegenskaber. Den højere heritabilitet for FFA efter adrenalinstimulering øger værdien af denne sammenhæng. Den positive sammenhæng betyder, at evnen til akut at frigøre energi fra fedtvævene er et kendetegn ikke blot for den højtydende ko, men også for ungdyr med tilsvarende ge-

netisk baggrund. Sammenhængen er tidligere påvist i små forsøg og bekræftes hermed på et større datamateriale (Bridges et al., 1987; P. Løvendahl, upublicerede resultater).

Insulin responset på adrenalinstimuleringen må antages at være et sekundært respons på det umiddelbart forudgående glukose respons. Såvel før som efter adrenalinstimuleringen var sammenhængene mellem insulin koncentrationen og ydelsesmålene svage. Der er ikke tidligere publiceret sammenhænge af denne type, men et væsentligt højere insulin respons efter adrenalinstimulering blev fundet hos RDM kalve selekteret for høj fedtydelse i sammenligning med kalve selekteret for lav ydelse (P. Løvendahl; upublicerede resultater).

Tabel 5.14 Genetiske korrelationer mellem fysiologiske mål før og efter adrenalinstimulering og ydelse af mælk, fedt og protein i første laktation
Genetic correlations between physiological traits of adrenalin challenge test and yield traits in primiparous cows

Egenskab (*Trait*)		h^2	r_A ±s.e.		
			Mælk	Fedt	Protein
Glukose	Før	0,18	0,01±0,23	-0,41±0,21	-0,10±0,22
	Top	0,26	-0,18±0,20	-0,10±0,19	-0,06±0,19
FFA	Før	0,26	0,33±0,23	0,60±0,20	0,41±0,22
	Top	0,51	0,38±0,18	0,48±0,17	0,35±0,18
Insulin	Før	0,32	-0,26±0,19	-0,04±0,19	-0,11±0,19
	Top	0,16	-0,19±0,24	0,14±0,22	-0,01±0,23

Væksthormon sekretionstest som indikator for ydelse

Væksthormon før GRF stimulering var på grund af afprøvningsprotokollen i høj grad sammenfaldende med væksthormon under faste. Den svage positive korrelation til fedtydelse er i overensstemmelse hermed og i overensstemmelse med publicerede resultater som tidligere beskrevet. Væksthormontoppunktet efter GRF stimulering var ikke korreleret til nogen af ydelsesmålene (Tabel 5.15). Derimod var nedbrydningshastigheden af det udskilte væksthormon negativt korreleret til alle tre ydelsesmål. Det er tidligere fundet, at selektion for mælkeydelse giver øget væksthormonrespons på stimulering med lave doser af både GRF og TRH ((Løvendahl et al., 1991a; Løvendahl & Sejrsen, 1993; Woolliams et al., 1993), hvilket ikke bekræftes af nærværende resultater. Undersøgelser af GRF dosis betydning viser, at høje doser, således som de er anvendt i FY-BI-forsøget, giver anledning til en ændret sekretionsprofil med en efterfølgende langsommere nedbrydningshastighed (Metodestudier E og F, P. Løvendahl & G. Klemetsdal, under udarbejdelse). Det er således nærliggende at antage, at den høje GRF dosis har givet mætning af hypofysens receptorer, og forskelle i følsomhed derfor er blevet udtrykt som forskelle i nedbrydningshastighed. Ved anvendelse af en høj dosis som her bliver nedbrydningshastigheden en anvendelig indikatoregenskab, hvorimod toppunktet har været det i undersøgelser med lavere dosis. På grund af afhængigheden mellem væksthormonkoncentrationen før og efter GRF stimulering, påvist her og tidligere, bør koncentrationen før stimulering anvendes som supplement til nedbrydningshastigheden.

Tabel 5.15 Genetiske korrelationer mellem væksthormonkoncentration før og efter GRF stimulering og ydelse af mælk, fedt og protein i første laktation
Genetic correlatin between plasma growth hormone traits and milk yield in primiparous cows

Egenskab (*Trait*)		h^2	r_A ±s.e. Mælk	Fedt	Protein
Væksthormon	- Før	0,23	-0,01±0,22	0,19±0,20	0,02±0,21
	- Top	0,42	0,03±0,17	0,01±0,16	-0,03±0,16
	- Nedbr.	0,20	-0,37±0,20	-0,38±0,19	-0,31±0,19

Glukosetolerancetest som indikator for ydelse

Glukosekoncentrationen forud for indgivelsen af glukose var svagt positivt korreleret til ydelsesmålene. Dette er i modstrid med de tilsvarende sammenhænge, der er fundet ved henholdsvis adrenalinstimulering og faste. Forholdet kan ikke umiddelbart forklares, men en vis overslæbningseffekt fra den forudgående adrenalinstimulering kan ikke udelukkes. Nedbrydningshastigheden af den indgivne glukose var stærkt positivt korreleret med alle tre ydelsesmål, og stærkest med fedt og protein i kg (Tabel 5.16). At glukose toppunktet også er ret højt korreleret til ydelse skyldes, at det indgår i beregningen af nedbrydningshastigheden, og derfor er tæt korreleret med denne. Sammenhængen mellem glukose nedbrydningshastighed og avlsværdi for ydelse er ikke tidligere påvist så klart som her, da fokus i stedet har været på det samtidige insulin respons.

Insulin top efter glukose tolerancetest var svagt positivt korreleret til fedt- og proteinydelse, men meget svagt negativt korreleret til mælkemængde (Tabel 5.16). Dette bekræfter i nogen grad resultaterne af flere New Zealandske undersøgelser, hvor der er fundet klart større insulin respons hos kalve fra linjer selekteret for høj fedtydelse (Mackenzie et al., 1988; Xing et al., 1993) og tilsvarende resultater fra RDM kalve (P. Løvendahl, upubliceret). Den ret høje arvbarhed af insulintop og dens tætte genetiske korrelation til glukose-nedbrydningshastighed betyder, at de to mål kan være værdifulde støtter for hverandre.

Tabel 5.16 Genetiske korrelationer mellem glukose og insulin koncentrationer ved glukose tolerancetest og ydelse af mælk, fedt og protein i første laktation
Genetic correlations between glucose and insulin traits during glucose tolerance test and milk yield in primiparous cows

Egenskab (*Trait*)		h^2	r_A ±s.e. Mælk	Fedt	Protein
Glukose	- Før	0,22	0,33±0,20	0,08±0,20	0,27±0,19
	- Top	0,20	0,40±0,19	0,30±0,19	0,30±0,18
	- Nedbr.	0,09	0,51±0,26	0,75±0,25	0,74±0,25
Insulin	- Før	0,20	0,35±0,21	0,08±0,20	0,31±0,20
	- Top	0,54	-0,05±0,16	0,14±0,15	0,14±0,15
	- Nedbr.	0,43	-0,17±0,16	-0,09±0,15	0,00±0,16

5.4.6 Sammenhænge mellem fysiologiske variable og tilvækstegenskaber

Selektion for tilvækst, foderoptagelse og egenskaber vedrørende kropssammensætning foretages lettest ved direkte selektion på egenskaberne. Viden om sammenhænge til fysiologiske egenskaber har betydning, dels i sig selv, og dels af hensyn til mulige påvirkninger af disse egenskaber ved selektion på baggrund af fysiologiske indikatoregenskaber.

Analyser af tilvækstegenskaberne er omtalt i kapitel 4. Tilvækstegenskaber målt hos kvier og tyre er ikke højt genetisk korrelerede. Derfor er sammenhængene til de fysiologiske variable beregnet inden for køn.

Der er store forskelle i sammenhængene mellem de enkelte fysiologiske mål og tilvækstegenskaberne hos henholdsvis kvier og tyre (Tabel 5.17). Forskellene i genetiske sammenhænge skal især ses i lyset af, at kvierne er fodret på et meget lavere energiniveau end tyrene. Energirestriktion er i adskillige undersøgelser påvist at have meget stærk indflydelse på fysiologiske egenskaber, ikke bare mens restriktionen foregår, men også i adskillige dage efter dennes ophør. Forskelle mellem kvier og tyre må derfor hovedsagelig anses for at være effekter af fodringen forud for de fysiologiske funktionsprøver. Dette forhold kommer tydeligt frem ved væksthormonmålene før og efter GRF test, hvis relation til tilvækst ikke blot har forskellig størrelse men også modsat fortegn hos kvier i forhold til tyre.

Sammenhænge mellem frie fedtsyrer og foderoptagelse har ens fortegn, således at både kvier og tyrekalve med høj foderoptagelse har højere FFA niveau, både før og efter adrenalinstimulering. Alligevel er der væsentlig forskel i størrelsesordenen af sammenhængen, der er stærkest hos tyre, altså de som er fodret på højt energiniveau forud for funktionsprøverne. Det er ligeledes kun hos tyrene, at sammenhængen til tilvækst er stærk nok til at nærme sig statistisk signifikans.

Ved glukosetolerancetesten er glukosetoppunktet positivt genetisk korreleret til tilvækst og foderoptagelse. De tilsvarende fænotypiske sammenhænge var små. Insulin koncentrationer såvel før som efter glukosestimulering var hos kvier positivt genetisk korreleret med tilvækst, mens dette ikke var tilfældet hos de stærkere fodrede tyrekalve.

Der blev fundet få betydelige sammenhænge mellem fysiologiske mål og tilvækstegenskaber, og der var en udpræget forskel i sammenhængene hos kvier og tyre. Disse forskelle er formodentlig mere et resultat af forskelle i fodringsintensitet end et resultat af køn. Da tilvækstegenskaberne i sig selv, målt på tyre og kvier i dette forsøg, ikke udviste stærke og konsekvente sammenhænge, er det ikke muligt at beskrive generelle konsekvenser for tilvækstegenskaber, som følge af selektion for fysiologiske indikatoregenskaber.

Tabel 5.17 Genetiske og fænotypiske korrelationer mellem tilvækstegenskaber og udvalgte fysiologiske mål hos FY-BI tyre og kvier

Genetic and phenotypic correlations between performance traits (daily gain, feed intake and feed efficiency) and selected physiological traits, in male and female FY-BI calves

Test			Tilvækst		Foderoptagelse		Foderudnyttelse	
Variabel		Køn	*Daily gain*		*Feed intake*		*Feed efficiency*	
Trait		*Station-sex*	r_A ±s.e.	r_P	r_A ±s.e.	r_P	r_A ±s.e.	r_P
Faste								
	Urea	♂	-0,12±0.26	-0,05	-0,17±0,27	-,013	0,12	-0,04
		♀	0,08±0,15	0,10	-0,20±0,20	0,07	-0,39±0,17	-0,09
Adrenalin								
	FFA før	♂	0,34±0,21	0,12	0,71±0,21	0,22	0,18	0,08
		♀	0,03±0,26	-0,11	0,53±0,40	-0,02	0,16±0,30	0,15
	FFA top	♂	0,39±0,23	0,14	0,79±0,23	0,24	0,13	0,08
		♀	0,08±0,20	-0,02	0,18±0,28	0,04	-0,13±0,23	0,07
GRF test								
	VH før	♂	0,30±0,25	0,09	0,39±0,28	0,07	-0,06	-0,06
		♀	-0,31±0,14	-0,11	-0,21±0,20	-0,07	0,38±0,17	0,09
	VH top	♂	0,15±0,18	-0,01	0,00±0,19	-0,08	-0,22	-0,06
		♀	-0,21±0,14	-0,07	-0,12±0,20	-0,08	0,23±0,17	0,04
	VH nedbr.	♂	-0,08±0,21	-0,04	0,11±0,23	-0,02	0,25	0,03
		♀	-0,25±0,22	-0,05	-0,19±0,28	0,01	0,03±0,25	0,02
Glukose test								
	Glu. før	♂	-0,14±0,17	-0,07	-0,09±0,19	-0,01	0,40	0,11
		♀	0,45±0,18	0,15	0,21±0,29	0,11	-0,27±0,23	-0,08
	Glu. top	♂	0,47±0,32	-0,02	0,34±0,92	-0,05	-0,52	-0,02
		♀	0,47±0,16	0,15	0,30±0,29	0,11	-0,37±0,20	-0,08
*)	Glu. nedbr.	♂	-	-	-	-	-	-
		♀	0,37±0,19	0,08	0,53±0,23	0,13	-0,31±0,22	0,02
	Ins. før	♂	-0,02±0,22	0,02	0,25±0,21	0,12	0,34	0,11
		♀	0,48±0,17	0,10	0,30±0,24	0,04	-0,20±0,18	-0,11
	Ins. top	♂	0,10±0,14	0,02	0,22±0,15	0,07	0,01	0,02
		♀	0,39±0,12	0,20	0,05±0,19	0,15	-0,62±0,13	-0,17
	Ins. nedbr.	♂	0,19±0,16	0,05	0,16±0,16	0,01	-0,16	-0,09
		♀	0,00±0,16	0,04	-0,15±0,22	0,10	-0,36±0,20	-0,01

*)Beregning ikke mulig på grund af parametre, der ligger i kanten af det tilladte parameterområde.

5.5 KONSTRUKTION AF ET SELEKTIONSINDEKS FOR MÆLKEYDELSE PÅ GRUNDLAG AF FYSIOLOGISKE FUNKTIONSPRØVER

Udvælgelse af fysiologiske mål

De fysiologiske målinger blev i FY-BI udført på voksende dyr for på et tidligt tidspunkt at kunne forudsige dyrets avlsværdi for ydelse. For at kunne sammenligne værdien af forskellige målinger, eller flere mål i kombination, må deres evne til at forudsige et givet avlsmål beregnes. En avlsværdi, der er baseret på grundlag af en eller flere informationskilder, kan forudsiges ved hjælp af selektionsindeksteorien. Denne teori kan også anvendes til at forudsige effekten af de konstruerede indekser og deres sikkerhed.

Konstruktion af et fysiologisk indeks kræver kendskab til arvbarheden af de fysiologiske mål, de genetiske og fænotypiske sammenhænge mellem de fysiologiske mål indbyrdes, de genetiske sammenhænge mellem de fysiologiske mål og ydelsesegenskaberne, samt den genetiske variation i ydelsesegenskaberne.

Blandt de undersøgte fysiologiske egenskaber blev de udvalgt, som bedst opfyldte følgende kriterier:

1. Den genetiske sammenhæng mellem det fysiologiske mål og ydelse skulle være stærk.
2. Heritabiliteten for det fysiologiske mål skulle være høj.
3. Sammenhænge og arvbarheder skulle være konsistente på tværs af tyre og kvier.
4. Resultaterne skulle være i overensstemmelse med resultater fra lignende forsøg i litteraturen.

Der blev udvalgt 6 fysiologiske mål, som stammer fra de 3 funktionsprøver med henholdsvis GRF, glukose og adrenalin. Genetiske parametre for de udvalgte mål og ydelsesegenskaberne er vist i tabel 5.18.

Tabel 5.18 Fysiologiske mål udvalgt til at indgå i fysiologisk indeks, med tilhørende genetiske parametre
Physiological traits chosen for selection index, with genetic parameters

		Genetiske parametre, Ydelsesegenskaber (*Genetic parameters, Yield*)		
		Mælk (*Milk*)	Fedt (*Fat*)	Protein (*Protein*)
	σ_p	1019	44,6	29,2
	σ_a	659	28,9	18,9
	h^2	0,42	0,42	0,42
Prøve (*Test*):		Genetisk korrelation (*Genetic correlation*)		
Fys. Mål (*Phys. measure*)	h^2	Mælk (*Milk*)	Fedt (*Fat*)	Protein (*Protein*)
GRF:				
VH-Før	0,23	-0,01	0,19	0,02
VH-Nedbr.	0,20	-0,37	-0,38	-0,31
Glukose:				
Glu.-Nedbr.	0,09	0,51	0,75	0,74
Ins.-Top	0,54	-0,05	0,14	0,14
Adrenalin:				
FFA-Før	0,26	0,33	0,60	0,41
FFA-Top	0,51	0,38	0,48	0,35

Værdien af et indeks som selektionskriterium kan vurderes ud fra indeksets sikkerhed, der udtrykkes ved den kvadrerede korrelation r_{IA}^2 mellem indekset og avlsmålet. Sikkerheden på indekset beskriver, hvor stor en del af variationen i den sande avlsværdi der kan beskrives ved hjælp af indekset. Korrelationen, r_{IA}, udtrykker hvor stor en del af det maksimale respons, der kan opnås ved selektion på indekset. Det maksimale respons opnås, hvis avlsværdien kendes med 100% sikkerhed.

Her er det derfor valgt at sammenligne forskellige indekser ved den forventede respons ved udvælgelse af den bedste halvdel på grundlag af indekset, samt ved korrelationen mellem indekset og den sande avlsværdi. Til sammenligning er ligeledes anført den maksimale respons, som opnås, hvis avlsværdien er kendt med 100% sikkerhed. En sådan sikkerhed kan kun opnås ved afkomsprøvning med en meget stor afkomsgruppe.

Sammenligning af forskellige indekser

I Tabel 5.19 er vist respons ved 50% udvælgelse samt korrelation til avlsmål, hvis fysiologiske indekser baseres på en enkelt fysiologisk måling. Måling af FFA-Før er bedst til forudsigelse af avlsværdien for fedt, hvorimod FFA-Top er den bedste enkeltmåling til forudsigelse af avlsværdien for mælk og protein. Selektion på baggrund af VH-Nedbr., Glu-Nedbr. vil give et rimeligt respons, hvorimod indekser baseret på VH-Før eller Ins.-Top vil have begrænset værdi.

Tabel 5.19 **Respons i avlsmål (ΔG) og korrelation (r_{IA}) ved selektion på individuelle fysiologiske mål**
Response in breeding goal (ΔG) and accuracy (r_{IA}) when selecting on individual physiological measures

Prøve (*Test*):	Mælk (*Milk*)		Fedt (*Fat*)		Protein (*Protein*)	
Fys. mål (*Phys. measure*)	ΔG, kg	r_{IA}	ΔG, kg	r_{IA}	ΔG, kg	r_{IA}
GRF:						
VH-Før	2,7	0,01	2,1	0,09	0,2	0,01
VH-Nedbr.	88,2	0,17	3,8	0,17	2,1	0,14
Glukose:						
Glu.-Nedbr.	90,6	0,17	5,7	0,25	3,8	0,85
Ins.-Top	20,0	0,04	2,4	0,10	1,6	0,11
Adrenalin:						
FFA-Før	92,6	0,18	7,2	0,31	3,3	0,22
FFA-Top	149,4	0,28	4,2	0,18	3,9	0,26
Maks. respons	526,0	1,0	23,1	1,0	15,1	1,0

I stedet for kun at anvende et enkelt fysiologisk mål vil det være logisk at søge at kombinere informationen fra flere forskellige mål. I Tabel 5.20 er målingerne fra hver funktionsprøve for sig samlet i et indeks. Anvendelse af en enkelt funktionsprøve vil give fra 17 til 31% af det maksimale respons.

Tabel 5.20 **Respons i avlsmål (ΔG) og korrelation (r_{IA}) ved 50% selektion på indeks baseret på fysiologiske mål fra en funktionsprøve ad gangen**
Response in breeding goal (ΔG) and accuracy (r_{IA}) when selecting 50% on an index based on physiological measures from one test

	Mælk (*Milk*)		Fedt (*Fat*)		Protein (*Protein*)	
Prøve (*Test*)	ΔG, kg	r_{IA}	ΔG, kg	r_{IA}	ΔG, kg	r_{IA}
GRF	89,3	0,17	4,9	0,21	2,2	0,15
Glukose	108,3	0,21	5,7	0,25	3,8	0,25
Adrenalin	150,2	0,29	7,3	0,31	4,0	0,27
Maks. respons	526,0	1,0	23,1	1,0	15,1	1,0

Det næste trin er at kombinere resultaterne fra flere funktionsprøver i et fysiologisk indeks. Lidt enklere fysiologiske indekser blev derfor konstrueret ved at udelade information fra en funktionsprøve ad gangen. Resultaterne ses i Tabel 5.21. Ved selektion på et fysiologisk indeks, der udnytter information fra alle 3 funktionsprøver, kan der opnås fra 42 til 47% af det maksimale

respons. Udeladelse af en af funktionsprøverne vil altid føre til et væsentligt lavere respons. Heraf ses klart, at de enkelte funktionsprøver supplerer hinanden.

Tabel 5.21 Respons i avlsmål (ΔG) og korrelation (r_{IA}) ved 50% selektion på indeks baseret på fysiologiske mål fra flere funktionsprøver
Response in breeding goal (ΔG) and accuracy (r_{IA}) when selecting 50% on an index based on physiological measures from two or three tests

	Mælk (*Milk*)		Fedt (*Fat*)		Protein (*Protein*)	
Prøve (*Test*)	ΔG, kg	r_{IA}	ΔG, kg	r_{IA}	ΔG, kg	r_{IA}
GRF+Glukose	143,1	0,27	7,5	0,32	4,4	0,29
GRF+Adrenalin	185,4	0,35	9,2	0,40	4,8	0,32
Glukose+Adrenalin	188,6	0,36	9,2	0,40	5,6	0,37
Alle prøver	220,9	0,42	10,8	0,47	6,3	0,42
Maks. respons	526,0	1,0	23,1	1,0	15,1	1,0

Der kan opnås en yderligere øgning af sikkerheden på det fysiologiske indeks ved udnyttelse af information fra slægtninge eller ved at gennemføre de samme funktionsprøver flere gange på hvert dyr. I Tabel 5.22 er vist resultatet af beregninger, hvor det er antaget, at der kendes fysiologiske mål på 20 halvbrødre/søstre, eller at hvert dyr er funktionsprøvet 2 gange for alle 3 prøver.

Tabel 5.22 Respons i avlsmål (ΔG) og korrelation (r_{IA}) ved 50% selektion på indeks baseret på alle funktionsprøver samt information fra slægtninge eller fra gentagne funktionsprøver af samme dyr
Response in breeding goal (ΔG) and accuracy (r_{IA}) when selecting 5p% on an index based on all tests and information from relatives or repeated tests

	Mælk (*Milk*)		Fedt (*Fat*)		Protein (*Protein*)	
Information	ΔG, kg	r_{IA}	ΔG, kg	r_{IA}	ΔG, kg	r_{IA}
Individ (alle prøver) *Proband (all tests)*	220,9	0,42	10,8	0,47	6,3	0,42
Individ + 20 halvbrødre/søstre *Proband + 20 half-sibs*	274,4	0,52	14,4	0,63	8,1	0,54
Individ prøvet 2 gange *Proband tested twice*	276,0	0,52	14,4	0,63	8,0	0,53
Maks. respons	526,0	1,0	23,1	1,0	15,1	1,0

Begge tiltag har ca. samme effekt på det forventede respons. For protein øges respons fra 6,3 til 8,0 og for fedt fra 10,8 til 14,4 ved udvælgelse af 50% på grundlag af et fysiologisk indeks.

Resultaterne viser, at for protein kan der opnås 40-50% af det maksimale respons ved selektion på et fysiologisk indeks, og for fedt kan der opnås 50-60% af det maksimale respons.

I avlsarbejdet vil de 2 indeks dog ikke have samme effekt. Hvis et fysiologisk indeks primært anvendes til at udvælge de bedste inden for en afkomsgruppe efter en tyrefar, har informationen fra halvsøskende kun begrænset betydning, hvorimod informationen fra gentagne funktionsprøver kan udnyttes fuldt ud.

Resultaterne viser, at for protein kan der opnås 40-50% af det maksimale respons ved selektion på et fysiologisk indeks, og for fedt kan der opnås 50-60% af det maksimale respons.

5.6 SAMMENFATNING OG KONKLUSION

Det er lykkedes at opnå ret høje arvbarheder på et udvalg af fysiologiske mål ved hjælp af intravenøs indgivelse af stimulerende hormoner eller næringsstoffer. Standardiseret svag fodring og faste samt præcis tidsmæssig udtagning af blodprøver har i væsentlig grad medvirket til at eliminere den usikkerhed som kendes fra andre undersøgelser, og hvis natur i flere tilfælde er belyst gennem metodestudier. Høj præcision og følsomhed i de anvendte hormonkemiske analyser har medvirket til de høje heritabiliteter.

Ud fra de fundne genetiske sammenhænge til ydelsesmål hos hundyr og de opstillede kriterier kan der udpeges følgende test og mål som de mest lovende:

1) Glukose tolerancetest med måling af glukose-nedbrydning og insulin-top.
2) Væksthormonsekretionstest med måling af væksthormon-nedbrydning.
3) Adrenalin stimulationstest med måling af FFA før og efter stimuleringen.

Den avlsmæssige effekt kan forbedres væsentligt ved at anvende alle tre funktionsprøver og kombinere målene i et indeks. En yderligere forbedring af sikkerheden på indekset kan opnås ved gentagen afprøvning af dyrene.

Det er således muligt at foretage en preselektion på baggrund af fyrsiologiske funktionsprøver.

Resultaterne er meget afhængige af de anvendte genetiske sammenhænge mellem de fysiologiske mål og ydelsesegenskaberne. Disse sammenhænge bør verificeres, når der fremkommer et tilstrækkeligt antal døtre efter funktionsprøvede tyre.

6 Generel diskussion og konklusion

FY-BI projektets formål, gennemførelse og resultater er beskrevet i de foregående afsnit. Sammenfattende kan det konkluderes, at den oprindelige avlsplan er fulgt; der er produceret det forventede antal ET kalve efter eksterne og interne donorer; der er etableret kernebesætninger med køer af høj avlsværdi, og der er gennemført en serie af eksperimentelle undersøgelser, hvis resultater er publiceret i internationale artikler og sammenfattet i nærværende beretning.

Forsøg med ægtransplantationer
Det overordnede formål med ægtransplantationsaktiviteterne var at producere ca. 200 ET kalve om året. I løbet af hele projektperioden blev der opsamlet i alt 5.218 æg eller 8,8 pr. påbegyndt donor, og de gennemsnitlige drægtighedsprocenter var 51 og 39 for henholdsvis frisk overførte og frosne embryoner. Disse tekniske resultater har været jævnt stigende gennem årene. Antallet af fødte kalve blev prioriteret højere end opnåelse af høje drægtighedsprocenter. Derfor blev der også anvendt embryoner/recipienter af tvivlsom kvalitet, hvilket har sænket den opnåede gennemsnitlige drægtighedsrate.

I forbindelse med ægtransplantationsarbejdet blev der foretaget en omhyggelig registrering af alle relevante forhold, ligesom der blev gennemført en række eksperimentelle delprojekter vedrørende superovulation, embryobehandling og transplantation. Disse aktiviteter har givet mulighed for at belyse de mange led i ET processen og dermed bidraget til den internationale forskning på området.

Genetiske parametre opnået i kerneavlsbesætninger
Hypotesen om, at en stationsafprøvning giver en mere sikker avlsværdibestemmelse end feltafprøvning, blev bekræftet, idet heritabiliteten for såvel 1. laktationsydelsen som for eksteriøregenskaberne var væsentligt højere end for de tilsvarende egenskaber målt i produktionsbesætninger. Det mere standardiserede miljø på stationerne betyder således, at de genetiske forskelle mellem dyrene kommer tydeligere frem. Endvidere blev det vist, at bedømmelsen af lemmer og klove på henholdsvis årskvier og køer kan betragtes som samme egenskab, idet den genetiske korrelation blev beregnet til 0,90.

Ved registrering af køernes foderoptagelse over et døgn med 14 dages interval blev der påvist betydelige raceforskelle, som ikke kan forklares med raceforskelle i ydelse eller vægt. Registreringsmetoden kan dog ikke anbefales som grundlag for beregning af køers avlsværdi for optagelseskapacitet, fordi heritabiliteten var lav.

Heritabiliteten for foderoptagelse blev beregnet med en kontroldagsmodel. Ved den samtidige analyse af dagsydelse efter denne model blev der fundet højere heritabilitet for ydelse end ved beregning af heritabilitet for ydelse på grundlag af 305 dages ydelser. Beregning af køers avls-

værdi for ydelse vil således med fordel kunne ændres fra at være baseret på 305 dages ydelser, til at være baseret på dagsydelser analyseret efter en kontroldagsmodel.

Fysiologiske funktionsprøver

De fysiologiske funktionsprøver blev gennemført på både kvier og tyre, og de var koncentreret om at finde egnede indikatoregenskaber for mælkeydelse. Valg af belastningsmetoder og måleparametre var baseret på det daværende kendskab til højtydende malkekøers fysiologi, og efter en periode med indkøring og metodestudier blev den samme forsøgsprotokol fastholdt gennem hele projektperioden. Dette var nødvendigt for at sikre tilstrækkeligt mange dyr til de genetiske analyser.

Der er udtaget ca. 35.000 blodprøver og gennemført ca. 85.000 kemiske analyser. Den statistiske bearbejdning af dette omfattende datamateriale har vist, at der kan opnås ret sikre avlsværdital for fysiologiske mål, hvis der anvendes en standardiseret faste af dyrene, og en præcis tidsmæssig udtagning af blodprøverne. For flere af egenskaberne er der desuden fundet relativt høje genetiske sammenhænge til avlsværdien for ydelse. De mest lovende fysiologiske mål er herefter kombineret i forskellige selektionsindekser.

Disse indeksers værdi som selektionskriterium er vurderet ud fra, hvor stor en andel af variationen i den sande avlsværdi for ydelse de kan beskrive, og for smørfedtydelsens vedkommende når denne andel ca. 40%. De bedste fysiologiske indekser kunne beskrive avlsværdien for ydelse med samme sikkerhed som en 305 dages laktationsydelse hos førstekalvs køer. I de kommende år vil et større antal FY-BI tyre blive afkomsundersøgt for ydelse, og resultaterne herfra vil bidrage til en mere sikker vurdering af funktionsprøvernes avlsmæssige værdi.

Avlsmæssige perspektiver

De embryoteknologiske resultater i FY-BI projektet har vist, at det også under praksislignende forhold er muligt at opnå såvel en reduktion af generationsintervallet som mange afkom efter stærkt selekterede moderdyr.

De avlsmæssige perspektiver ved anvendelse af kernebesætninger og/eller kvie- og tyremødrestationer er belyst i en række forskellige simuleringsstudier. Således viser Christensen (1996), at den avlsmæssige fremgang kan øges betydeligt, hvis der ved udbredt brug af ET anvendes kviemødre. Med de opnåede høje h^2-værdier for ydelse og eksteriør målt under kontrollerede forhold vil der kunne opnås en yderligere forbedring af den avlsmæssige fremgang, hvis kvierne samles og afprøves på stationer.

Anvendelse af fysiologiske funktionsprøver ved selektion af tyre er belyst af Pedersen (1996). Disse beregninger viser, at der kan opnås en betydelig stigning i den avlsmæssige fremgang ved at selektere ungtyrene efter et fysiologisk indeks med en sikkerhed svarende til den, som kan forventes, ud fra de eksperimentelt fastlagte genetiske parametre. Men det kræver afprøvning af et stort antal tyre, ligesom det vil påvirke den optimale avlsstruktur, som f.eks. % ungtyreinsemineringer og døtregruppestørrelsen.

Litteratur

Almlid, T., Halse, K. & Tveit, B. 1982. Effects of fasting on blood levels of acetoacetate, free fatty acids, glucose, insulin and thyroxine in bulls: Differences between individuals. Acta Agric. Scand. 32, 299-303.

Andersen, B. Bech. 1989. Genetiske og avlsmæssige aspekter vedrørende foderoptagelse, foderudnyttelse og kødproduktionsegenskaber. 660. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 45-63.

Avery, B., Jørgensen, C.B., Madison, V. & Greve, T. 1992. Morphological development and sex of bovine in-vitro fertilized embryos. Mol. Reprod. Dev. 32, 265-270.

Bak, A., Greve, T., Schmidt, M. & Liboriussen, T. 1989a. Effect of superovulation on milk production. Theriogenology 31, 170 (abst).

Bak, A., Greve, T. & Schmidt, M. 1989b. Effect of superovulation on reproduction. Theriogenology 31, 169 (abst).

Beerepoot, G.M.M., Freeman, A.E. & Detilleux, J.C. 1991. Effect of season, genetic line, and sire on growth, concentrations of somatotropin in serum of Holstein cows in early lactation. J. Dairy Sci. 74, 3202-3208.

Betteridge, K.J. & Loskutoff, N.M. 1992. Prospects for improving the survival rate of transferred embryos. Mol. Reprod. Dev. 36, 262-265.

Bishop, S.C., Broadbent, J.S., Kay, R.M. & Rigby, I. 1992. Blood metabolite concentrations in Hereford x Friesian offspring of bulls selected for lean growth rate and lean food conversion efficiency. J. Anim. Breed. Genet. 109, 207-215.

Bridges, J.P., Mackenzie, D.D.S. & Flux, D.S. 1987. Blood metabolite responses to catecholamine injections in heifers of high or low genetic merit for milkfat production. New Zealand Journal of Agricultatural Research 30, 291-296.

Callesen, H., Bak, A. & Greve, T. 1992a. Use of PMSG antiserum in superovulated cattle? Theriogenology 38, 959-968.

Callesen, H., Bak, A. & Greve, T. 1992b. Prediction of sex of embryos from superovulated cattle based on developmental stages at recovery. Europienne de Transfert Embryonaire, Lyon, Frankrig, 134 (abst).

Callesen, H., Greve, T. & Bak, A. 1992c. Embryotechnology in dairy cattle breeding. I: Embryonic development and manipulation in animal production: Trends in research and applications. (Eds. A Lauria & F Gandolfi). Portland Press, London and Chapel Hill. 207-214.

Callesen, H., Bak, A. & Greve, T. 1994. Pregnancy failure following transfer of bovine embryos: Inherent low fertility of recipients? Theriogenology, 41, 172 (abst)

Callesen, H., Løvendahl, P., Bak, A. & Greve, T. 1995. Factors affecting the developmental stage of embryos recovered on day-7 from superovulated dairy cattle. J. Anim. Sci. 73, 1539-1543.

Callesen, H., Liboriussen, T. & Greve, T. 1996. Practical aspects of Multiple Ovulation-Embryo Transfer in cattle. Anim. Reprod. Sci. 42, 215-226.

Cameron, N.D. & Cienfuegos-Rivas, E. 1994. Genetic and phenotypic relationships between physiological traits and performance test traits in sheep. Genetique Selection Evolution 26, 137-150.

Christensen, L.G., 1996. Sammenligning af alternative avlsstrategier. I: FY-BI projektet Avlsmæssige perspektiver. Bilag til seminar den 10. april 1996 på Forskningscenter Foulum, 14-17.

Cowen, P. & Sosnik, V. 1987. Effect of superovulation on lactating Holsteins. Theriogenology 28, 783-788.

Critser, J.K., Rowe, R.F., Del Campo, M.R. & Ginther, O.J. 1980. Embryo transfer in cattle: Factors affecting superovulatory response, number of transferable embryons, and length of post-treatment estrous cycles. Theriogenology 13, 397-406.

Dahl, G.E., Chapin, L.T., Allen, M.S., Moseley, W.M., & Tucker, H.A. 1991. Comparison of somatotropin and growth hormone-releasing factor on milk yield, serum hormones, and energy status. J. Dairy Sci. 74, 3421-3428.

Foldager, J. & Haarbo, K. 1994. Effect of breed and feeding intensity during rearing on feed intake capacity in first lactation in dairy cows. Livest. Prod. Sci. 39, 39-42.

Francis, S.M., Bickerstaffe, R., Clarke, J.N., O'Connell, D. & Hurford, A.P. 1994. Effect of selection for glucose tolerance in sheep on carcass fat and plasma glucose, urea and insulin. J. Agric. Sci. 123, 279-286.

Fröhli, D. & Blum, J.W. 1988. Effects of fasting on blood plasma levels, metabolism and metabolic effects of epinephrine and norepinephrine in steers. Acta Endocr. 118, 254-259.

Gravert, H.O. 1985. Genetic factors controlling feed efficiency in dairy cows. Livest. Prod. Sci. 13, 87-99.

Greve, T. 1981. Bovine egg transplantation in Denmark. Doktorafhandling, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, 221 pp.

Hansen, M. & Neimann-Sørensen, A. 1974. Possibilities of using egg transplantation in practical cattle breeding. SHS-meddelande 75, 102-111.

Hart, I.C., Bines, J.A., Morant, S.V. & Ridley, J.L. 1978. Endocrine control of energy metabolism in the cow: comparison of the levels of hormones (prolactin, growth hormone, insulin and thyroxine) and plasma metabolites in the plasma of high and low yielding cattle at various stages of lactation. J. Endocr. 77, 333-345.

Hart, I.C., Morant, S.V. & Roy, J.H.B. 1981. A note on the variability of hormone concentrations in twic-weekly blood samples taken from heifer calves during the first 110 days of life. Anim. Prod. 32, 215-217.

Hart, I.C. 1983. Endocrine control of nutrient partition in lactating ruminants. Proceedings of the Nutrition Society 42, 181-193.

Humes, P.E., Voelkel, S.A., Aguel, C.F., Rorie, R.W. & Godke, R.A. 1987. The effect of the beef recipient female on embryo transplant offspring. Theriogenology 27, 115-137.

Hyttel, P. 1990. Embryonal- og foetaldød hos kvæg. Symposium 'Reproduktion hos kvæg II', Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, 35-50.

Ingvartsen, K.L., Andersen, H.R. & Foldager, J. 1986. Foderoptagelse hos voksende kvæg. 614. Beretn. Statens Husdyrbrugsforsøg, Tjele, Danmark. 115 pp.

Ingvartsen, K.L. & Weisbjerg, R.M. 1993. Jersey Cows have a higher feed intake capacity and higher rate of passage than Friesian Cows. Arch. Tierz., Dommerstorf, 36, 495-498.

Jakobsen, J.H., Madsen, P. & Jensen, J. 1995. Genetiske korrelationer mellem egenskaber målt på individprøvetyre og deres døtres ydelse. I: Fællesrapport fra Statens Husdyrbrugsforsøg, Afd. for Avl og Genetik, og Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Kvæg. 113-132.

Jensen, J. & Madsen, P. 1994. DMU: A package for the analysis of multivariate mixed models. In: Proc. 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Vol. 22, 45-46.

Jensen, J., Hohenboken, W.D., Madsen, P. & Andersen, B.B. 1995. Sire ´ nutrition interactions and genetic parameters for energy intake, production and efficiency of nutrient utilization in young bulls, heifers and lactating cows. Acta Agric. Scand. Sect. A. Animal Sci. 45, 81-91.

Joakimsen, Ø., Steenberg, K., Lien, H. & Theodorsen, L. 1971. Genetic relationship between thyroxine degradation and fat-corrected milk yield in cattle. Acta Agric. Scand. 21, 121-124.

Johke, T., Hodate, K., Ozawa, A. & Fuse, H. 1994. A study of plasma concentrations of metabolic hormones in supercows. Anim. Sci. Tech. 65, 45-48.

Kazmer, G.W., Canfield, R.W. & Bean, B. 1990. Plasma somatotropin and prolactin concentrations in young dairy sires before and after a 24-hour fast. J. Dairy Sci. 73, 3112-3117.

Kazmer, G.W., Canfield, R.W. & Bean, B. 1991. Somatotropin and prolactin profile charateristics in proven AI dairy sires. J. Anim. Sci. 69, 1601-1606.

Kazmer, G.W., Canfield, R.W. & Bean, B. 1992. Characteristics of somatotropin and prolactin profiles in young dairy sires before and after a 72-hour fast during different seasons. J. Anim. Sci. 70, 503-507.

Kerr, D.E., Laarveld, B., Chaplin, R.K. & Manns, J.G. 1991. Effects of somatotropin challenge on serum IGF-I concentrations and short term milk production response in dairy cows. Can. J. Anim. Sci. 71, 683-693.

King, K.K., Seidel, G.E. Jr. & Elsden, R.P. 1985. Bovine embryo transfer pregnancies. I. Abortion rates and characteristics of calves. J. Anim. Sci. 61, 747-757.

Klindt, J. 1988. Relationships among growth hormone and prolactin secretory parameter estimates in Holstein bulls and their predicted differences for lactational traits. J. Anim. Sci. 66, 2784-2790.

Korver, S., Van Eekelen, E.A.M., Vos, H., Nieuwhof, G.J. & van Arendonk, J.A.M. 1991. Genetic parameters for feed intake and feed efficiency in growing dairy heifers. Livest. Prod. Sci., 29, 49-59.

Land, R.B. & Hill, W.G. 1975. "The possible use of superovulation and embryo transfer in cattle to increase response to selection". Anim. Prod. 21, 1-12.

Land, R.B., Carr, W.R., Hart, I.C., Osmond, T.J., Thompson, R. & Tilakaratne, N. 1983. Physiological attributes as possible selection criteria for milk production. 3. plasma hormone concentrations and metabolite and hormonal responses to changes in energy equilibrium. Anim. Prod. 37, 165-178.

Lapierre, H., Petitclerc, D., Pelletier, G., Delorme, L., Dubreuil, P., Morisset, J., Gaudreau, P., Couture, Y. & Brazeau, P. 1990. Effect of growth hormone-releasing factor and(or) thyrotropin releasing factor on hormone concentrations and milk production in dairy cows. Can. J. Anim. Sci. 70, 175-189.

Lehn-Jensen, H. 1986. Cryopreservation of bovine embryos. Doktorafhandling, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, 184 pp.

Liboriussen, T., Makulska, J. & Callesen, H. 1995. Genetic responsiveness of dairy cattle to superovulatory treatment. Acta Agric Scand, Sect A, Animal Sci 45, 99-105.

Lohuis, M. 1993. MOET results from a dispersed hybrid nucleus program in dairy cattle. In: Strategies to improve efficiency and genetic response of progeny test programs in dairy cattle. PhD thesis, University of Guelph, Canada, 34-59.

Lund-Larsen, T.R. & Bakke, H. 1975. Growth hormone and somatomedin activities in lines of pigs selected for rate of gain and thickness of backfat. Acta Agric. Scand. 25, 231-234.

Løvendahl, P., Angus, K.D. & Woolliams, J.A. 1991. The effect of genetic selection for milk yield on the response to growth hormone secretagogues in immature cattle. J. Endocr. 128, 419-424.

Løvendahl, P., Woolliams, J.A. & Sinnett-Smith, P.A. 1991. Response of growth hormone to various doses of growth hormone releasing factor and thyrotropin releasing hormone administered separately and in combination to dairy calves. Can. J. Anim. Sci. 71, 1045-1052.

Løvendahl, P. & Sejrsen, K. 1993. Growth hormone release in calves selected for milk fat yield. Anim. Prod. 56, 285-291.

Løvendahl, P., Liboriussen, T., Jensen, J., Vestergaard, M. & Sejrsen, K. 1994. Physiological predictors in calves of dairy breeds. Part 1. Genetic parameters of basal and induced growth hormone secretion. Acta Agric. Scand. Sect. A. Animal Science 44, 169-176.

Løvendahl, P. 1997. Effect of selection for milk fat yield on insulin response to glucose tolerance test in prepubertal and pubertal Red Dane calves. (Abstract GPhP 4.4) 48th EAAP, Vienna, 41.

Mackenzie, D.D.S., Wilson, G.F., McCutcheon, S.N., & Peterson, S.W. 1988. Plasma metabolite and hormone concentrations as predictors of dairy merit in young Friesian bulls: Effect of metabolic challenges and fasting. Anim. Prod. 47, 1-10.

Madsen, P., Andersen, B.B. & Jensen, J. 1990. Feed intake capacity in performance test index for dairy bulls. Proc. of the 4th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. 14, 151-154.

Madsen, P., Jensen, J., & Thompson, R. 1994. Estimation of (co)variance components by REML in multivariate mixed linear models using average of observed and expected information. In: Proc. 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production Vol. 22, 19-22.

Massri, Y.G., Al-Raheem, A.N., Young, C.W. & Wheaton, J.E. 1985. Growth hormone response to growth hormone-releasing factor in selected and control Holstein heifer calves. J. Dairy Sci. 68, 1819-1821.

McCann, J.P. & Reimers, T.J. 1986. Effects of obesity on insulin and glucose metabolism in cyclic heifers. J. Anim. Sci. 62, 772-782.

McGuire, M.A., Bauman, D.E., Miller, M.A. & Hartnell, G.F. 1992. Response of somatomedins (IGF-I and IGF-II) in lactating dairy cows to variations in dietary energy and protein and treatment with recombinant *n*-methoinyl bovine somatotropin. J. Nutr. 122, 128-136.

Min, S.H., McCutcheon, S.N., Mackenzie, D.D.S. & Wickham, B.W. 1993. Plasma metabolite and hormone concentrations in Friesian calves of low or high genetic merit: effects of sex and age. Anim. Prod. 56, 17-27.

Moore, R.K., Kennedy, B.W., Schaeffer, L.R. & Moxley, J.E. 1990. Parameter estimates for feed intake and production in first lactation using milk recorded data. J. Dairy Sci. 73, 826-834.

Moriya, K., Tsuiki, M., Murayama, S. & Sasaki, Y. 1988. Factors affecting plasma glucose, insulin and cortisol levels and the reliability of their repeated mesurements in cattle. Japan Journal of Zootechnical Sciences 59, 61-66.

Nicholas, F.W. 1979. The genetic implications of multiple ovulation and embryo transfer in small dairy herds. Proc. 30th EAAP, Harrogate, England.

Nicholas, F.W. & Smith, C. 1983. Increased rates of genetic change in dairy cattle by embryo transfer and splitting. Anim. Prod. 36, 341-353.

Nieuwhof, G.J., van Arendonk, J.A.M., Vos, H. & Korver, S. 1992. Genetic relationships between feed intake, efficiency and production traits in growing bulls, growing heifers and lactating heifers. Livest. Prod. Sci., 32, 189-202.

Olbrich-Bludau, A., Schams, D., Schallenberger, E., Graml, R., & Pirchner, F. 1993. Relationship between age, nutritional status and dairy merit with plasma profiles of growth hormone (GH) and free fatty acids (FFA) in bulls. J. Anim. Breed. Genet. 110, 171-181.

Oldenbroek, J.K. 1989. Parity Effects in Feed Intake and Feed Efficiency in four Dairy Breeds fed ad libitum Two Different Diets. Livest. Prod. Sci. 21, 115-129.

Parchuri, N., Chester-Jones, H., Loseth, K.J., Wheaton, J.E., Hansen, L.B., Ziegler, D.M. & Crabo, B.G. 1993. Somatotropin concentrations in plasma and scrotal circumference in bull calves with different dairy merit. J. Dairy Sci. 76, 445-452.

Patterson, H.D. & Thompson, R. 1971. Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. Biometrika, 58, 545-554.

Pedersen, G.Aa. 1992. Avlsværdivurdering og selektion af tyremødre. Undersøgelse af forventet og realiseret effektivitet i de danske malkeracer. Ph.D. afhandling, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, København, 83 pp.

Pedersen, G.Aa., Nielsen, U.S. & Jensen. J. 1995a. Effekt af avlsområde og besætning på eksteriør. Bilag Hovborg møde 22.-23. maj.

Pedersen, G.Aa, Madsen, P., Andersen, H.R., Jensen, L.R. & Ovesen, E. 1995b. Avlsstationerne for kødproduktion. 1993/94. 727. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg. 66 pp.

Pedersen, G.Aa., 1996. Anvendelse af fysiologiske funktionsprøver ved udvælgelse af tyre. I: FY-BI projektet Avlsmæssige perspektiver. Bilag til seminar den 10. april 1996 på Forskningscenter Foulum, 8-13.

Persaud, P., Simm, G. & Hill, W.G. 1991. Genetic and phenotypic parameters for yield, food intake and efficiency of dairy cows fed ad libitum. 1. Estimates for "total" lactation measures and their relationship with live-weight traits. Anim. Prod. 52, 435-444.

Robinson, D.L., Hammond, K., & McDowell, G.H. 1994. Relationships between breeding values and physiological responses to fasting and refeeding in dairy bulls: update for young animals. J. Anim. Breed. Genet. 111, 257-264.

SAS. 1992. The MIXED procedure. p. 287-366. In SAS. (ed.), SAS technical report P-229, SAS/STAT Software: Changes and Enhancements, Release 6.07. SAS-Institute, Cary, North Carolina.

Schilling, E., Smidt, D., Sacher, B. & Schutzbar, W.v. 1980. Die Beeinträgtigung der Milchleistung durch die Superovulation. Züchtungskunde 52, 421-428.

Sejrsen, K., Larsen, F. & Andersen, B.B. 1984. Use of plasma hormone and metabolite levels to predict breeding value of young bulls for butterfat production. Anim. Prod. 39, 335-344.

Sinnett-Smith, P.A., Slee, J. & Woolliams, J.A. 1987. Biochemical and physiological responses to metabolic stimuli in Friesian calves of differing genetic merit for milk production. Anim. Prod. 44, 11-19.

Skrzypek, R., Løvendahl, P. & Sejrsen, K. 1993. Hormonal and metabolic responses to fasting and refeeding in calves of two lines divergently selected for milk fat yield. European Association for Animal Production 44, G 3.12(Abstract)

Strudsholm, F., Nielsen, E.S., Madsen, J., Foldager, J., Hermansen, J.E., Kristensen, V.F., Aas, O. & Hvelplund, T. 1992. Danske fedenormer til Kvæg. Rapport nr. 18, Landsudvalget for Kvæg.

Svendsen, M., Skipenes, P. & Mao, I.L. 1990. Genetic (co)variation in the "milk yield, tissue balance, appetite complex" in primiparous cows fed a normal or reduced level of concentrates. Proc. 4th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Edinburgh, 14, 147-150.

Sørensen, M.T., Kruse, V. & Andersen, B.B. 1981. Thyroxine degradation rate in young bulls of danish dual-pupose breeds. Genetic relationship to weight gain, feed conversion and breeding value for butterfat yield. Livest. Prod. Sci. 8, 399-406.

Tilakaratne, N., Alliston, J.C., Carr, W.R., Land, R.B. & Osmond, T.J. 1980. Physiological attributes as possible selection criteria for mik production. 1. Study of metabolites in Friesian calves of high and low genetic merit. Anim. Prod. 30, 327-340.

Tucker, H.A., Koprowski, J.A., Britt, J.H. & Oxender, W.D. 1974. Serum prolactin and growth hormone in Holstein bulls. J. Dairy Sci. 57, 1092-1094.

Tveit, B., Lingaas, F. & Standal, N. 1990. Thyroid function in heifers measured by hormone levels before and after injection of thyrotropin releasing hormone. I. Methods, repeatability and correlation with production traits. Acta Agric. Scand. 40, 175-181.

Van Arendonk, J.A.M., Nieuwhof, G.J., Vos, H. & Korver, S. 1991. Genetic aspects of feed intake and efficiency in lactation dairy heifers. Livest. Prod. Sci. 29, 263-275.

Visscher, P. & Thompson, R. 1992. Univariate and multivariate parameter estimates for milk production traits using an animal model. I. Description and results of REML analyses. Genet. Sel. Evol. 24, 415-430.

Weaver, L.D., Galland, J., Sosnik, U. & Cowen, P. 1986. Factors affecting embryo transfer success on recipient heifers under field conditions. J. Dairy Sci. 69, 2711-2717.

Woolliams, J.A. & Løvendahl, P. 1991. Physiological attributes of male and juvenile cattle differing in genetic merit for milk yield: a review.. Livest. Prod. Sci. 29, 1-16.

Woolliams, J.A., Nisbet, R.S. & Løvendahl, P. 1992. The effect of dietary protein on metabolite concentrations during fasting in calves differing genetically in dairy merit. Anim. Prod. 54, 175-181.

Woolliams, J.A., Angus, K.D. & Wilson, S.B. 1993. Endogenous pulsing and stimulated release of growth hormone in dairy calves of high and low genetic merit. Anim. Prod. 56, 1-8.

Xing, G.Q., Mackenzie, D.D.S., McCutcheon, S.N., Wilson, G.F. & Flux, D.S. 1988. Plasma metabolite and hormone concentrations in Friesian calves differing in genetic potential for milkfat production. New Zealand Journal of Agricultatural Research 31, 159-167.

Xing, G.Q., Mackenzie, D.D.S. & McCutcheon, S.N. 1991. Diurnal variation in plasma metabolite and hormone concentrations and response to metabolic challenges in high breeding index and low breeding index Friesian heifers fed at two allowances. New Zealand Journal of Agricultural Research 34, 295-304.

Xing, G.Q., Mackenzie, D.D.S., McCutcheon, S.N. & Wickham, B.W. 1993. Pancreatic insulin responses to exogenous glucose in Friesian heifers of low or high genetic merit for milk-fat yield. Anim. Prod. 56, 171-178.

Zinn, S.A., Kazmer, G.W., Rycroft, H. & Campbell, R.M. 1994. Growth hormone response after administration of growth hormone-releasing factor to proven dairy sires. Livest. Prod. Sci. 40, 157-164.