



Kursus modul 2: Fra foder til mælk

Mette Olaf Nielsen
Institut for Veterinær- og
Husdyrvidenskab

Kursus for kvægrådgivere
AU-Foulum, 2-3.5.2017
Foulum

UNIVERSITY OF COPENHAGEN



Dag 2 – 3. del: Mælkeproduktion og respons på næringsstofforsyning

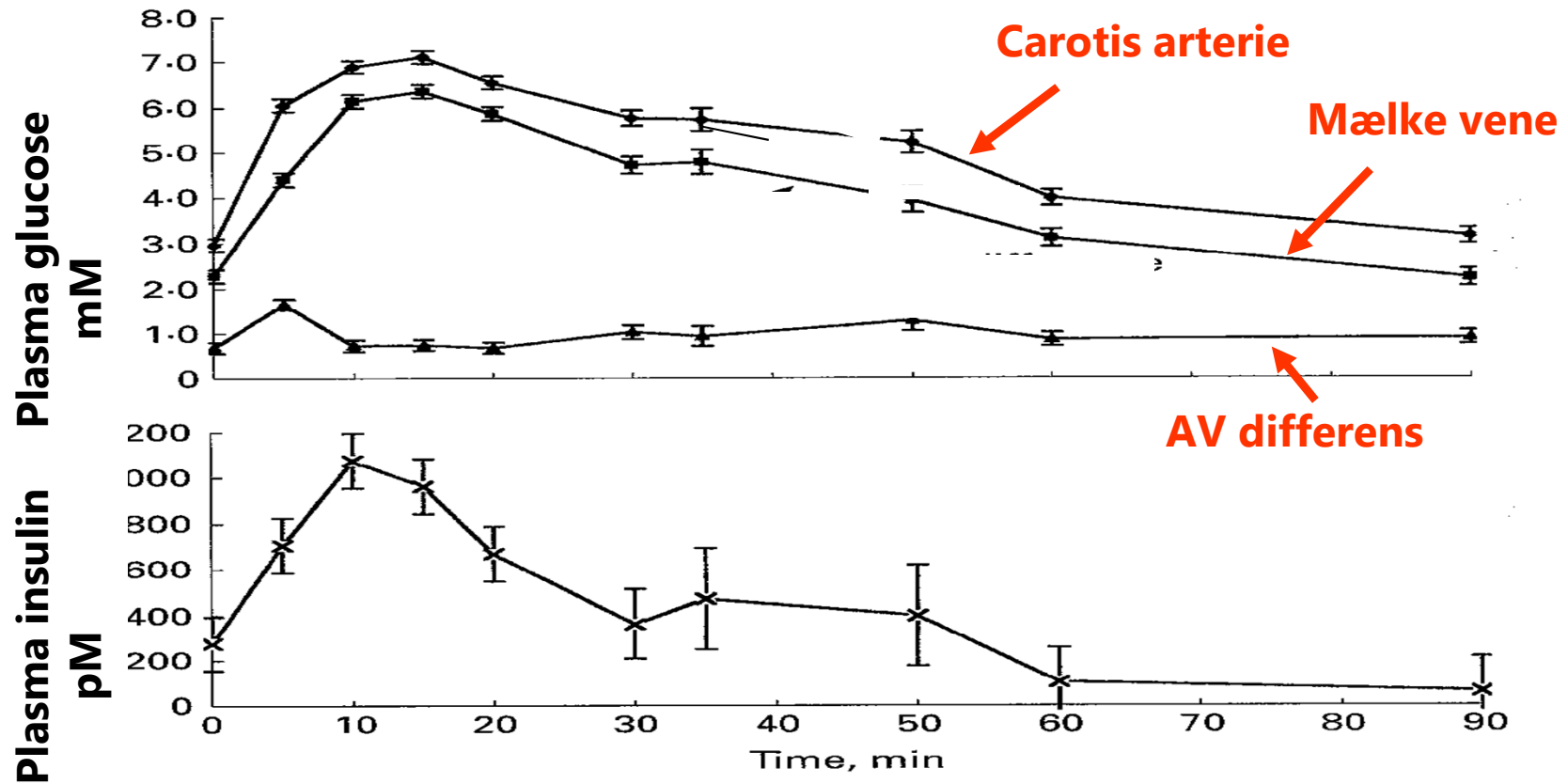
- Yverniveau: Regulering af næringsstofoptag i yveret
 - Glukose
 - Aminosyrer
 - Triglycerid (TG)
 - Uesterificerede fedtsyrer (NEFA)
 - Acetat+ β -hydroxy-butyrat (BOHB)
- Øvelser: Hvad begrænser yverets mælkesyntese?
- Fortsætte med kvantitative model

Mælkeydelsen er begrænset af 2 hovedfaktorer:

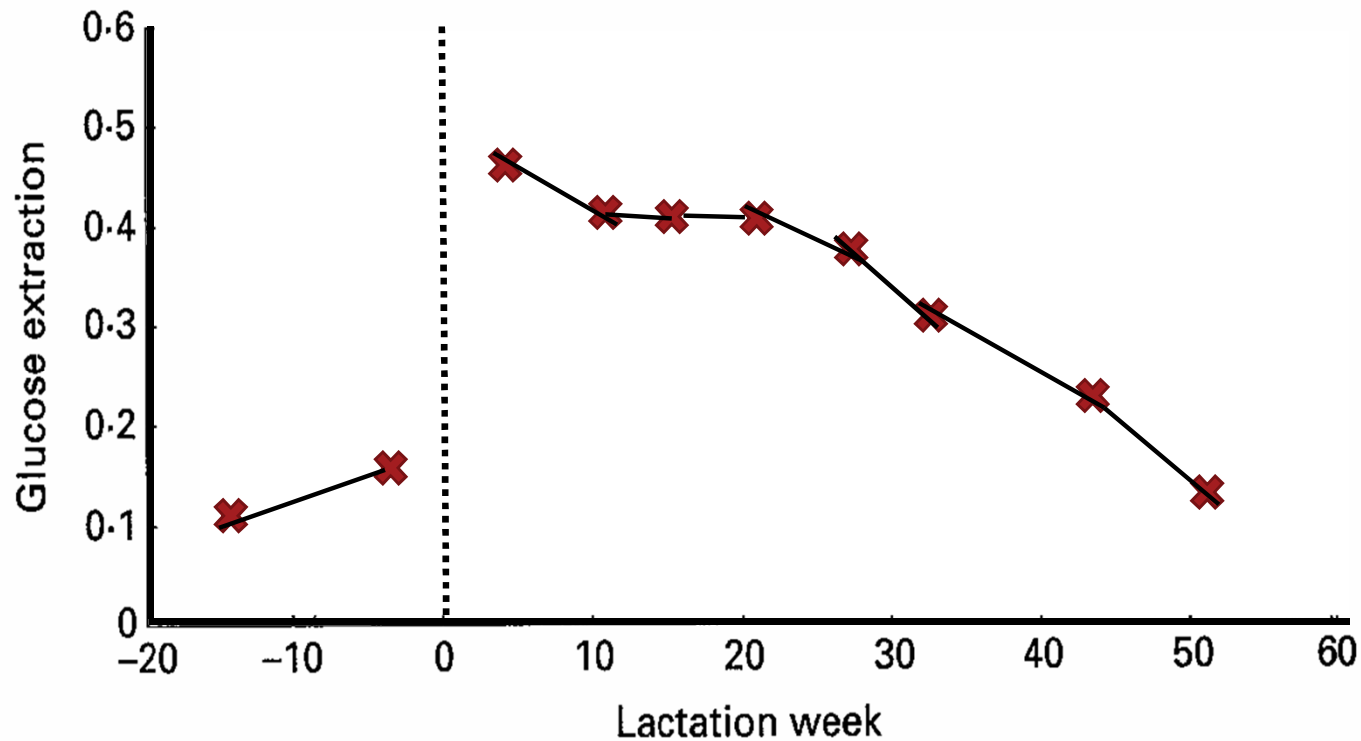
- Yverets syntesekapacitet (emne for dagen igår)
 - Antal celler Udvikling (GH behandling)
 - Opstart af ny laktation (goldperiode)
 - Synteseaktivitet af celler
 - Stadie i laktationen
 - (GH behandling)
- Udnyttelse af syntesekapaciteten (dagens emne)
 - Næringsstofforsyning
 - Næringsstofkoncentration i blodet (foder, konkurrence med andre væv)
 - Blodforsyning til yveret (stress)
 - Effektivitet af optagelse af næringsstoffer (stadie i laktationen)
 - Malkeinterval

Regulering af næringsstofoptag i yveret: Glukose

Arterio-venøs (AV) differens over yver for glukose efter propionat injektion i blodet



Yverets ekstraktion af glukose – laktationsstadie (geder)



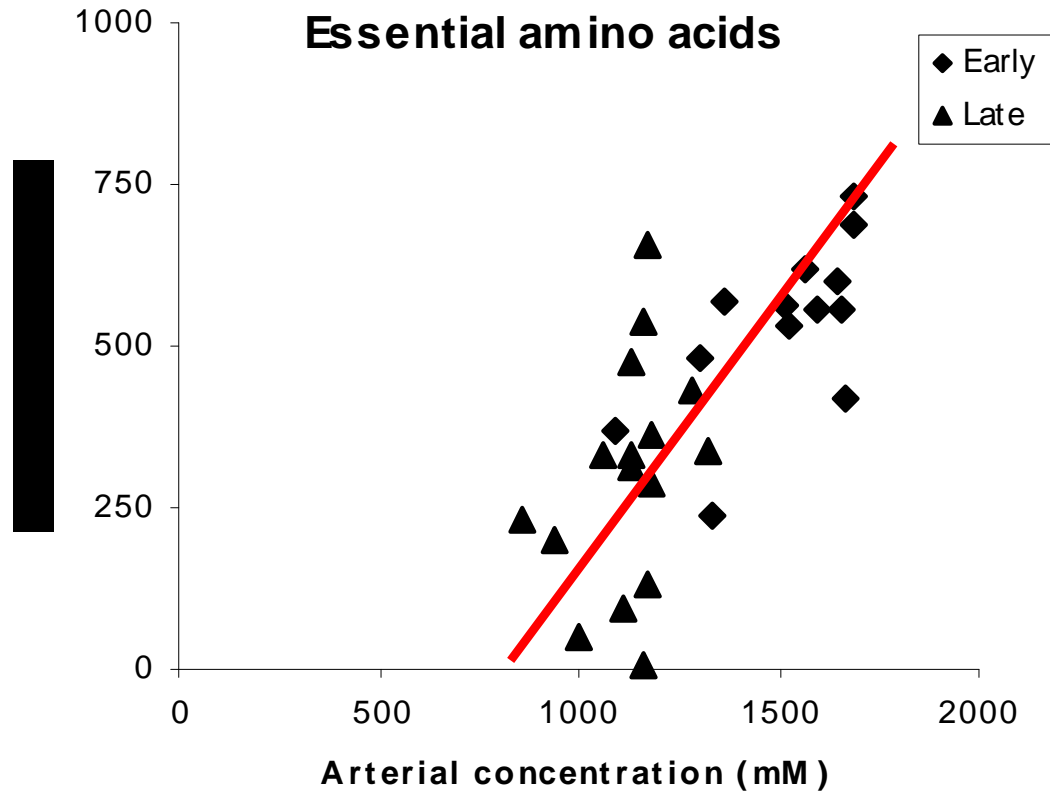
Ekstraktion =
Arterio-venøs differens/Arteriel koncentration

Yverets glukoseoptag

- Stort set uafhængigt af tilførsel
 - Undtagen når glukose koncentration er lav
 - (<2,5 - 3 mM ?)
- Ie. transportører opererer tæt på V_{max} (GLUT1)
- Fald i antal carriere (celler) fra tidlig til sen laktation

Regulering af næringsstofoptag i yveret: Aminosyrer

Yverets optag af aminosyrer



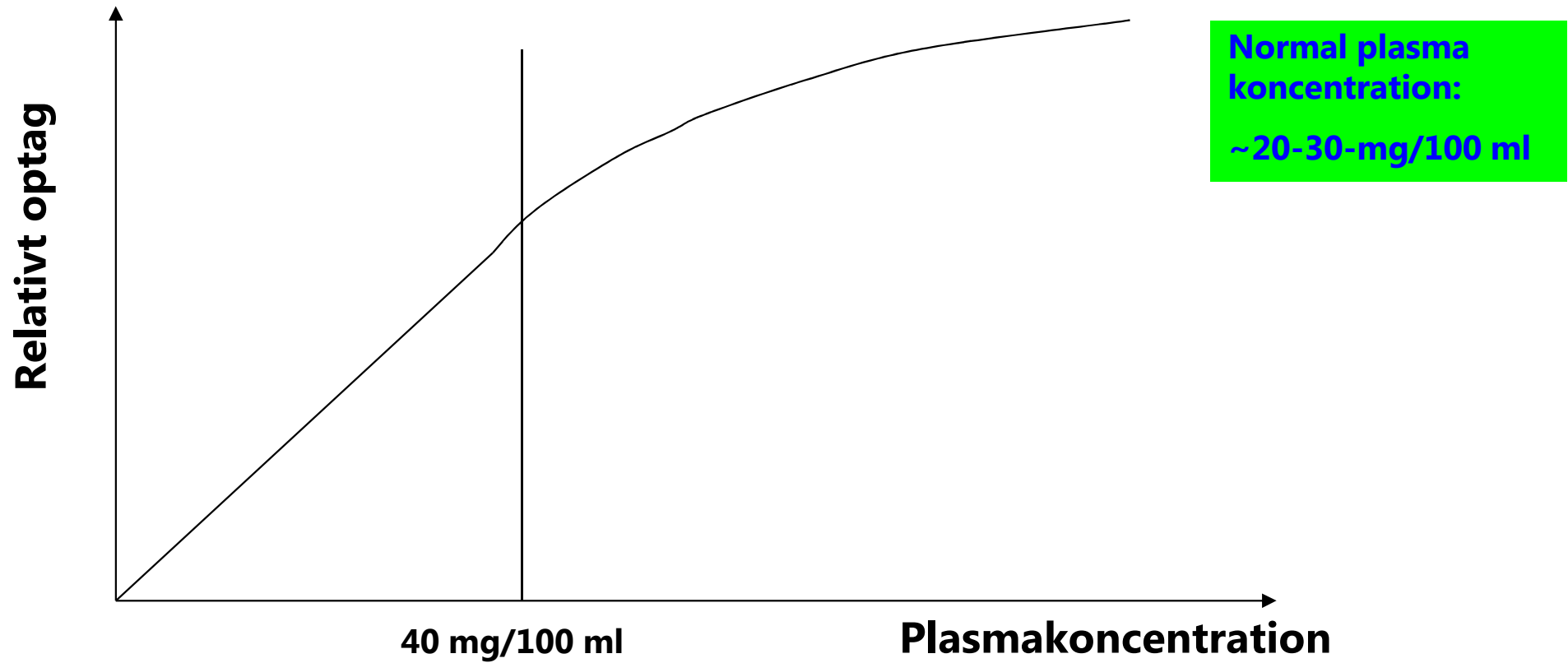
**Mønster ses for næsten alle aminosyrer
Dvs. optag stiger med øget tilførsel**

Regulering af næringsstof optag i yveret: Triglycerid (TG)

- Fra chylomikronfedt (absorberet fedt)
- Fra VLDL (syntetiseret i leveren ud fra NEFA)

- Disse to omsættes på samme måde, og kræver begge lipoprotein lipase aktivitet for at TG-bundne fedtsyrer kan frigives og optages i yveret
- Spaltningen af TG \rightarrow frie fedtsyrer sker ude i kapillærerne, hvor de blandes med blodets NEFA fraktion.
- Nogle af de TG-bundne fedtsyrer kan dermed passere ud af yveret, nu som NEFA

Triglycerid optag i yveret

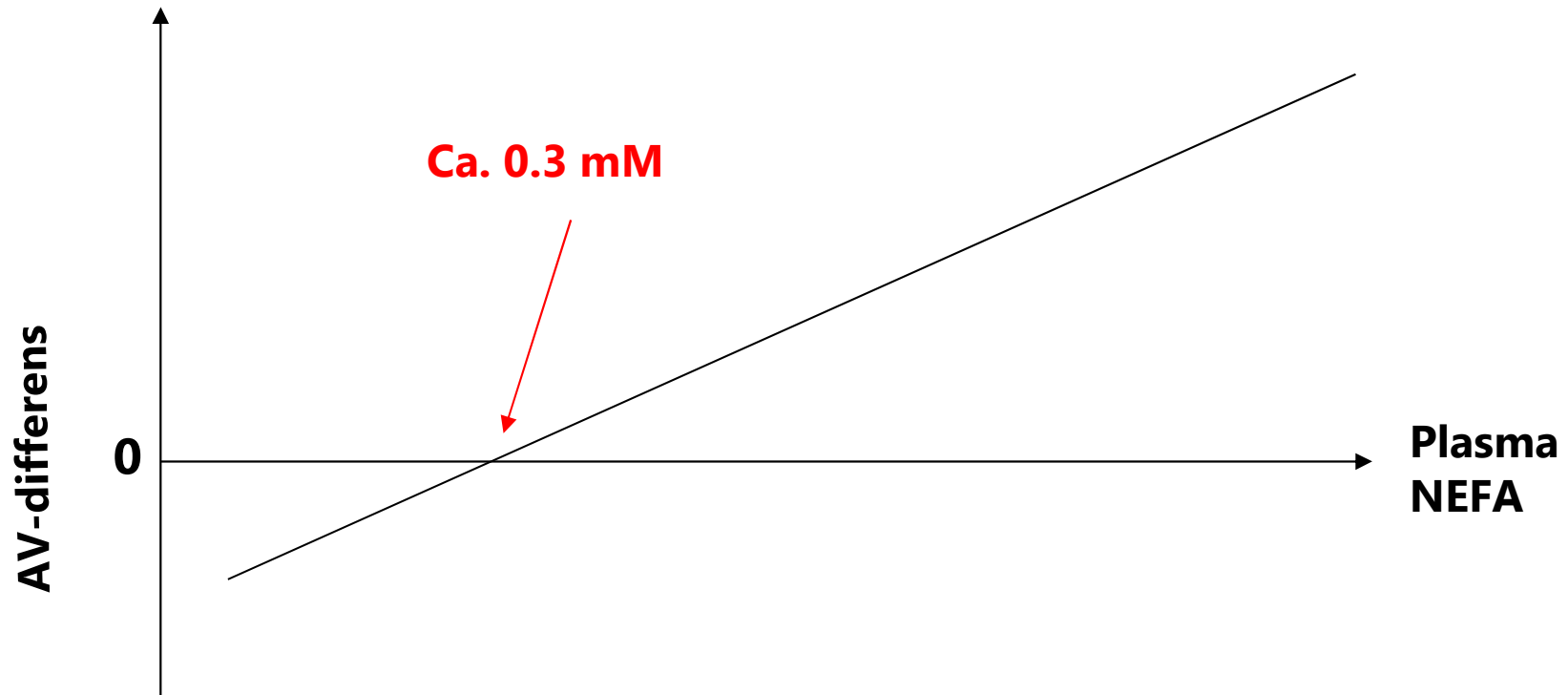


Regulering af næringsstofoptag i yveret: Ikke-esterificerede fedtsyrer (NEFA)

- "Frie" fedtsyrer (dvs de er ikke TG-bundet) i blodet
- Transporteres i blodet (væske) associeret til albumin

- Stammer fra fedtvæv
- Dvs frigives i forbindelse med omsætning af fedt i fedtvæv

NEFA optag i yveret

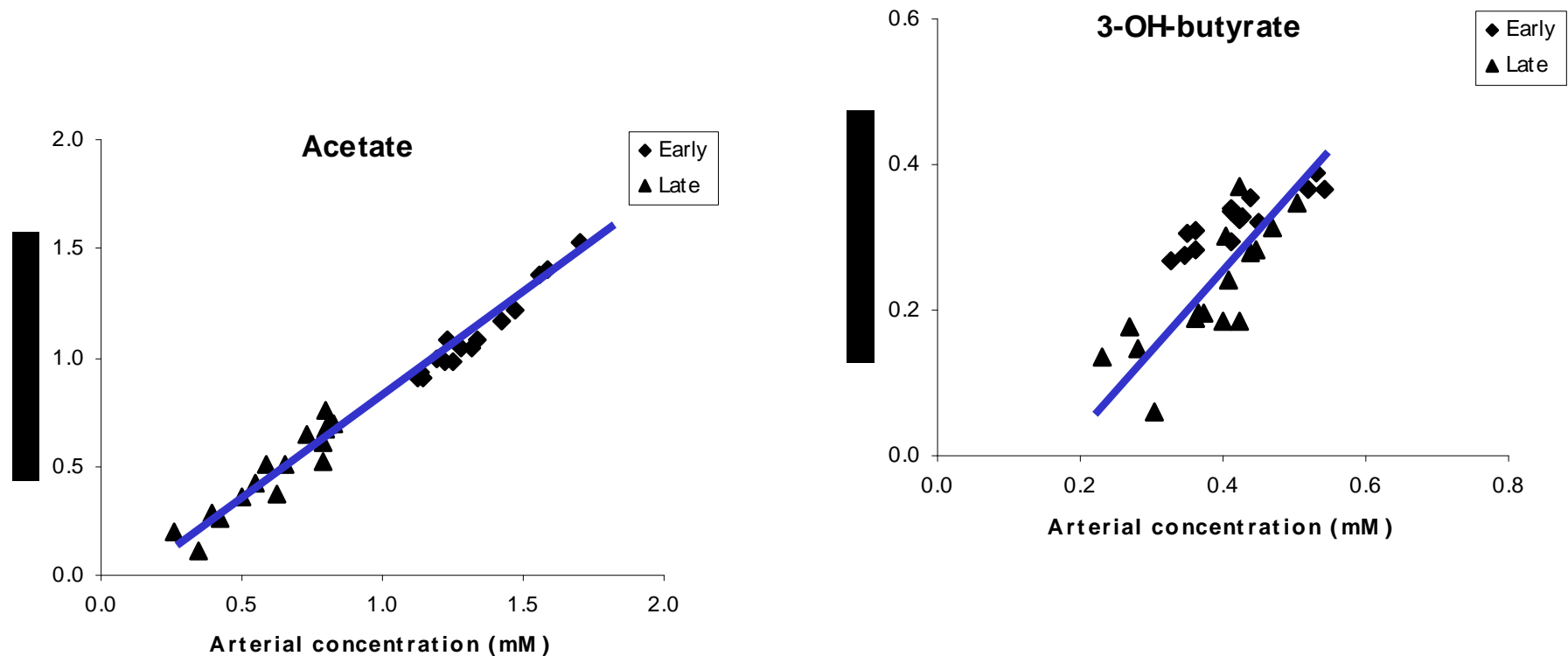


**Optag styret af tilførslen til yveret
Dvs. bestemt af plasma koncentration (fedtmobilisering)
OBS: FA frigivet fra TG optages ikke 100%
=> AV for NEFA <0 ved lave koncentrationer**

Regulering af næringsstofoptag i yveret: Acetat (C2) + BOHB (C4)

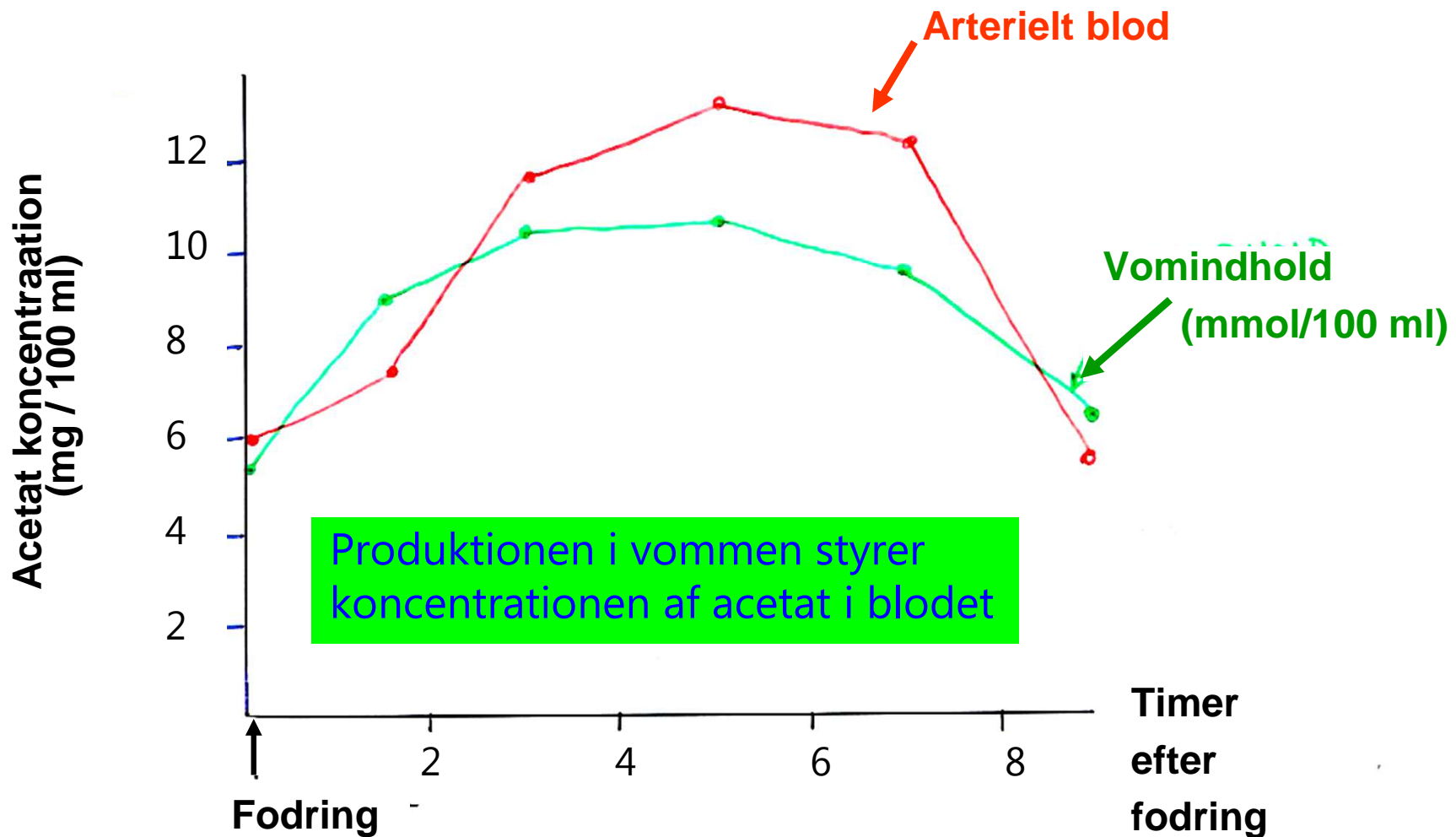
- I yveret kan BOHB aktiveres til BOHB-CoA som kan:
 - Bidrage med de første 4 C-atomer i de novo fedtsyresyntesen
 - Spaltes til 2 Acetyl-CoA og omsættes ligesom acetat
- I opgaven med den kvantitative model er der ikke skelnet mellem disse to stoffer
- Propionat (C3) ekstraheres stort set 100% af leveren og findes ikke i det perifere blod
 - Undtagen hvis der fodres med høje niveauer af stivelse
 - Kan så indgå som "start-klods" i yverets fedtsyresyntese => øget indhold af ulige-kædede fedtsyrer

Yverets optag af acetat og BOHB



Optag styret af tilførslen til yveret
 Dvs. bestemt af plasma koncentration
 Samme mønster i tidlig og sen laktation

Acetat i vomvæske og plasma (kvæg)



Teoretiske øvelser:

Hvad begrænser yverets mælkesyntese ?

- Betydning:
 - Laktationsstadiet?
 - Næringsstofforsyning?
 - Væksthormon behandling?
 - Antal malkninger (malkeinterval)?
 - Goldperioden?

Teoretisk øvelse 1:

Begrænsende faktorer i yveret for mælkeydelse

I Tabel 1 på næste slide er vist resultater fra et forsøg, hvor køer i tidlig laktation (20 dage efter kælvning) fik tildelt ekstra protein (kasein) ved infusion direkte i løben

1. Tegn grafer over respons i mælkeydelse, totalt indtag af N og udskillelse af N i hhv mælk og urin, og diskuter hvorfor de har den form de har
2. Diskuter hvad der begrænser mælkeydelsen hos køer i helt tidlig laktation

Tabel 1: Næringsstofinfusion i tidlig laktation

Effekt på mælkeydelsen af infusion i løben af kasein hos køer i tidlig laktation (20 dage efter kælvning)
(Whitelaw et al. (1985). Proc. Nutr. Soc. 44, 1, 44A)

Kasein infunderet (g/dag)	Mælkeydelse (kg/dag)	N (g/dag)		
		Indtag	Urin	Mælk
0	12,97	203	90,7	60,8
200	15,32	230	97,4	73,5
400	16,50	255	100,3	80,7
600	17,18	285	117,2	85,6

Teoretisk øvelse 2: Næringsstofftilførsel og væksthormon behandling i midt laktation

I tabel 2 på næste slide er vist resultater af et forsøg udført med køer i midt laktation, som fik næringsstofinfusion (NSI) bestående af glukose og protein (kasein) infunderet i løben, og det blev gjort med eller uden samtidig behandling med væksthormon (somatotropin; ST)

1. Diskuter hvilken betydning næringsstofforsyningen til yveret har for mælkeydelsen i midt laktation
2. Diskuter på hvilken måde væksthormon stimulerer mælkeydelsen

GH behandling og næringsstofinfusion

Tabel 2: Effekt på mælkeydelse af næringsstofinfusion i løben (NSI)* +/- væksthormon (ST) behandling i midt-laktation hos køer (Peel et al. (1982). J. Nutr. 112, 1770-1778)

Ydelse* (kg/dag)	Behandling**:			
	Kontrol	NSI	ST	NSI+ST
Mælk	28,3 (a)	29,4 (a)	32,6 (b)	33,1 (b)
Fedt	0,94 (a)	0,98 (a)	1,10 (b)	1,12 (b)
Protein	0,94 (a)	1,00 (a)	1,08 (b)	1,10 (b)
Laktose	1,36 (a)	1,42 (a)	1,64 (b)	1,62 (b)

* Mælkesammensætningen var upåvirket af behandlingerne

** NSI: Infusion i løben af glukose (274 g/dag) og kasein (441 g/dag)

ST: Behandling med daglige injektioner af ST

Forskelligt bogstav angiver signifikant forskellige værdier indenfor samme række

Teoretisk øvelse 3: Betydning af antal daglige malkninger og væksthormon på mælkeydelse

1. Diskuter ud fra tabel 3, hvordan antal malkninger pr. dag påvirker mælkeydelsen.
 1. Hvordan kan denne effekt forklares?
 2. Vil man altid opnå den samme gevinst ved at øge fra 2 til 3 gange daglig malkning?
2. Er det en tilsvarende effekt/virkningsmekanisme der er involveret i den ydelsesstimulerende virkning af væksthormon (ST)?
3. Ved mere end 4x malkning pr. dag opnåes sjældent yderligere gevinst på ydelsen. Hvad kan det skyldes?

Tabel 3: Betydning af antal daglige malkninger og væksthormon på mælkeydelse

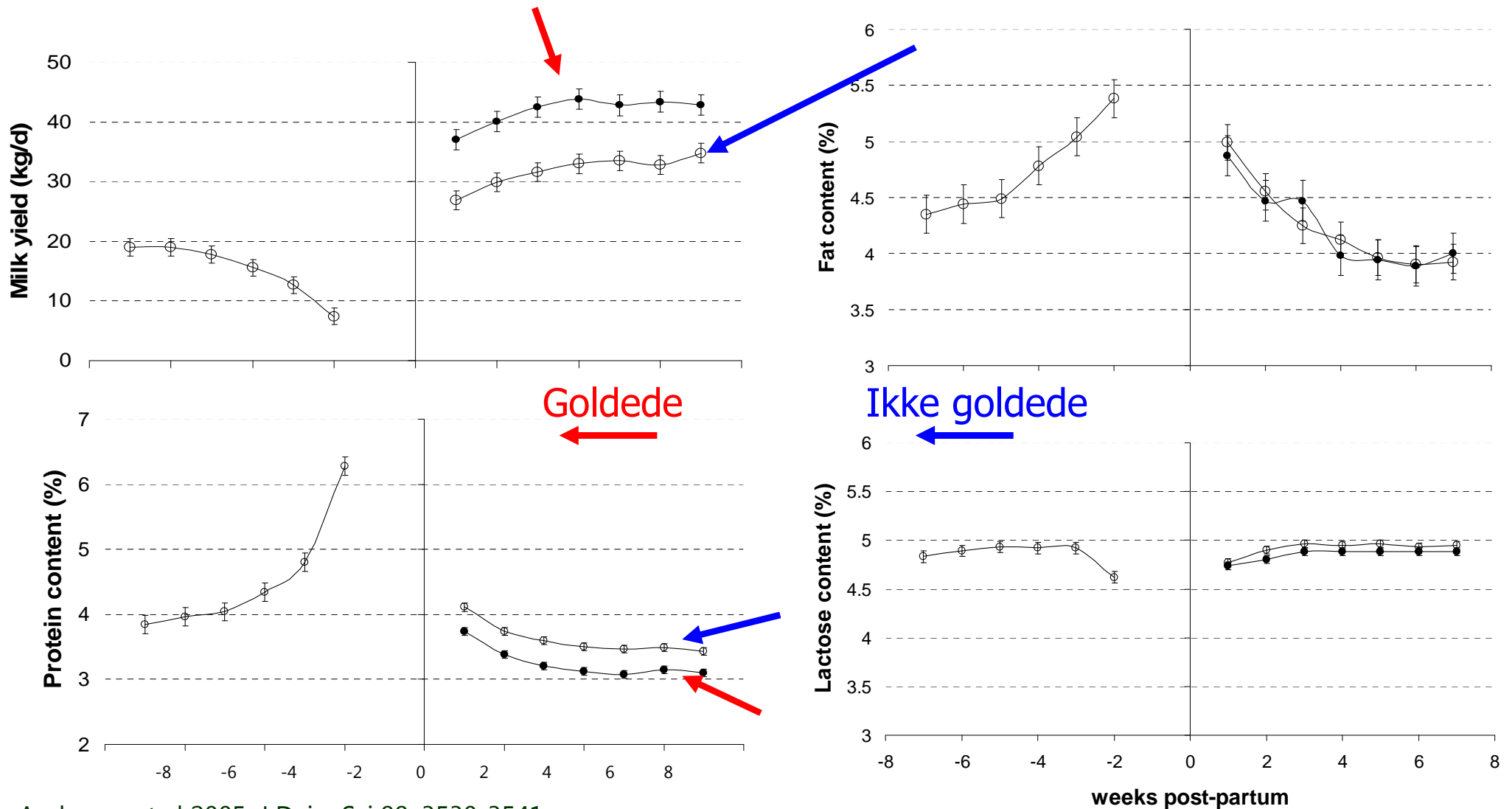
	Behandling* (Kontrolbehandling: 2x daglig malkning; minus hormonbehandling)	Ydelse relativ til kontrol:			Reference
		Mælk (kg/dag)	Fedt (kg/dag)	Protein (kg/dag)	
Køer (1. laktation)	ST - systemisk	+12,8%			Knight et al. 1992) J. Dairy Res. 59, 243-252
	4x - ene yverhalvdal	+14,0%			
	ST+4x - se ovenfor	+25,8%			
Køer	3x - begge yverhalvdele	+10,4%	+4,7%	+7,3%	Klei et al. (1997) J. Dairy Sci. 80, 427-436
Køer (305 dages ydelse i parantes)	3x - lavtydende (~5700 kg)	uændret			Szucs et al. (1991) World Rev. Anim. Prod. 26, 33-38
	3x - mediumydende (~6800 kg)	<9,2%			
	3x - højtydende (~7800 kg)	<23,8%			
Køer (review)	3x - varierende ydelsesniveau	+3,5 kg	+92 g		Erdman & Varner (1995) J. Dairy Sci. 78, 1199-1203
	4x - varierende ydelsesniveau	+4,9 kg			

Teoretisk øvelse 4: Betydning af goldperiode for mælkeydelse og foderoptagelse

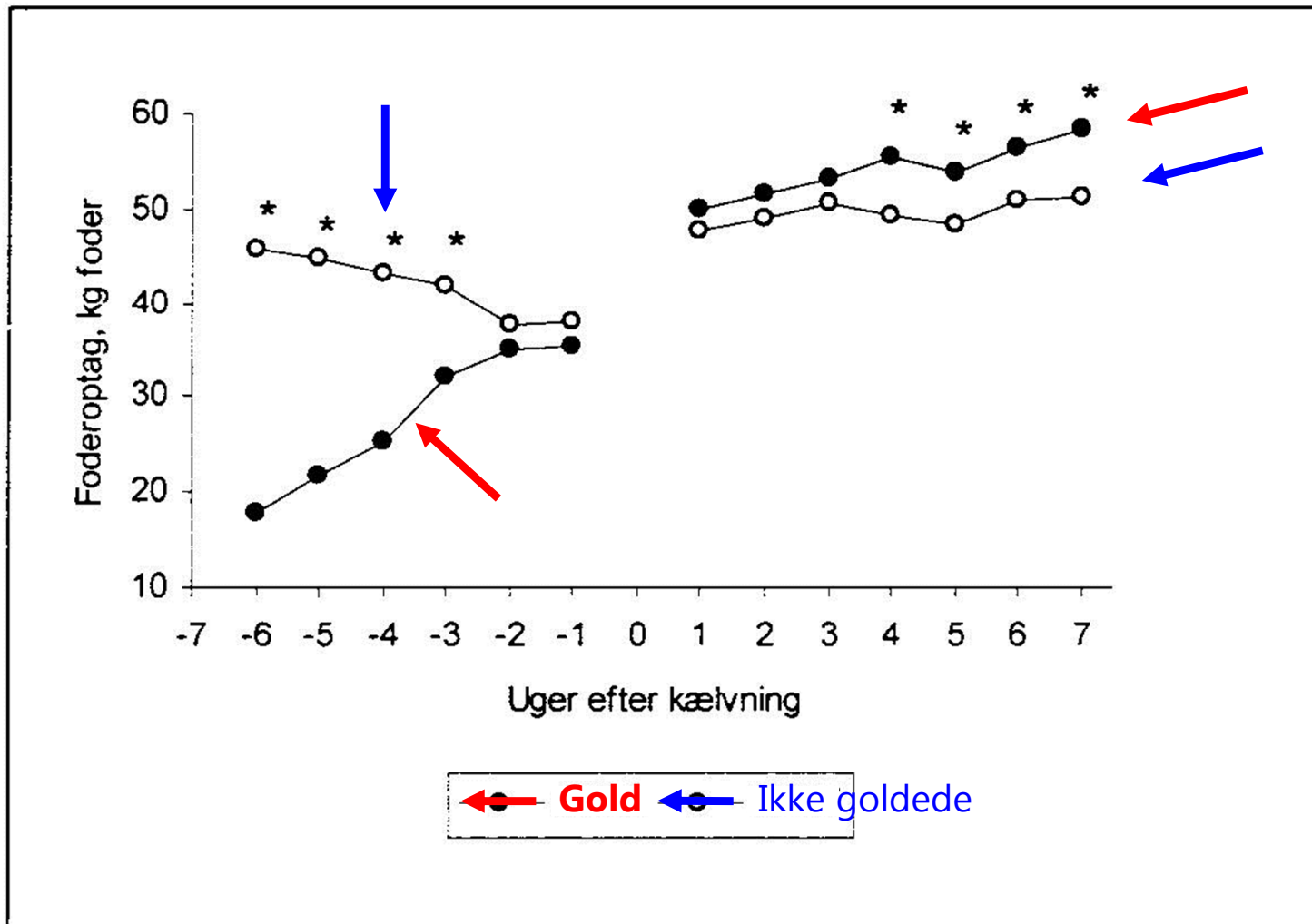
Figur 1 og 2 i de næste slides viser resultater fra danske forsøg med højtydende malkekøer, som enten fik en normal 6 ugers goldperiode eller som blev malket kontinuerligt helt fram til kælvning og opstart af ny laktation.

1. Diskutér udfra Figur 1 hvordan mælkeydelse og mælkens sammensætning blev påvirket af om koen havde haft en goldperiode eller ej. Hvordan kan det forklares?
2. Diskutér udfra Figur 2 hvad der kan forklare forskelle med hensyn til hvordan foderoptagelse ændrer sig i den periparturierte periode hos køer afhængig af om de været goldede eller ej

Figur 1: Betydning af goldning for mælkeydelse og mælkesammensætning



Figur 2: Betydning af goldperiode for foderoptagelse i periparturiente periode

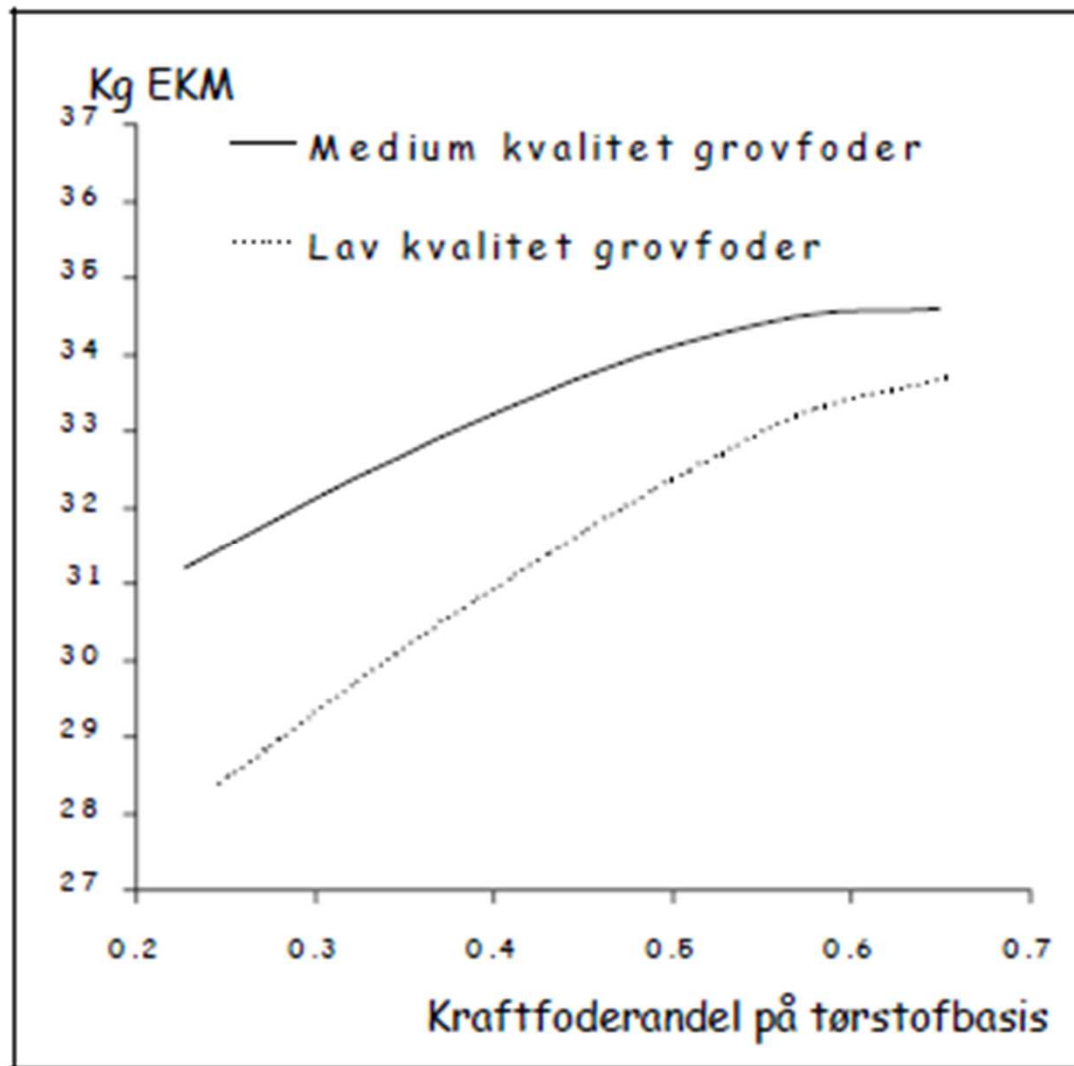


Modul 2 – Del 4: Mælkeproduktion og respons på næringsstofforsyning/-optag

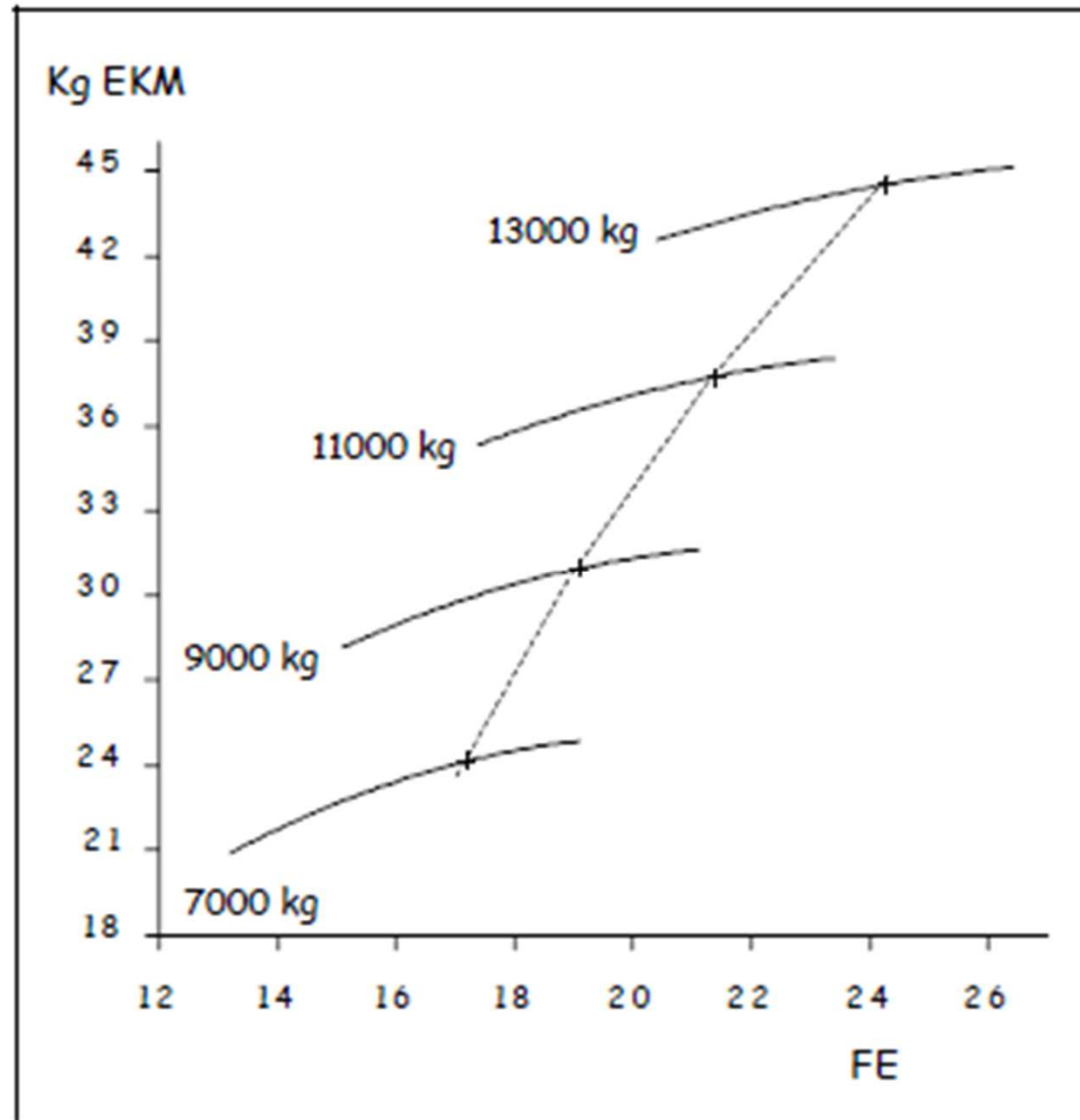
- Ydelsesrepons – hvad har kontrollerede forsøg vist (KEF2)?
 - Energi
 - Protein
 - Fedtsyrer
- Koens metaboliske og endokrine tilpasninger gennem laktation
 - Ændring i glukose omsætning omkring kælvning
 - Højt- og lavtydende køers metaboliske og endokrine status
- Øvelser: Ydelses respons – hvad siger koen selv?

Energi i rationen

Andel af kraftfoder: Mælkeproduktions respons afhængig af grovfoder kvalitet (KEF2: F5.7)

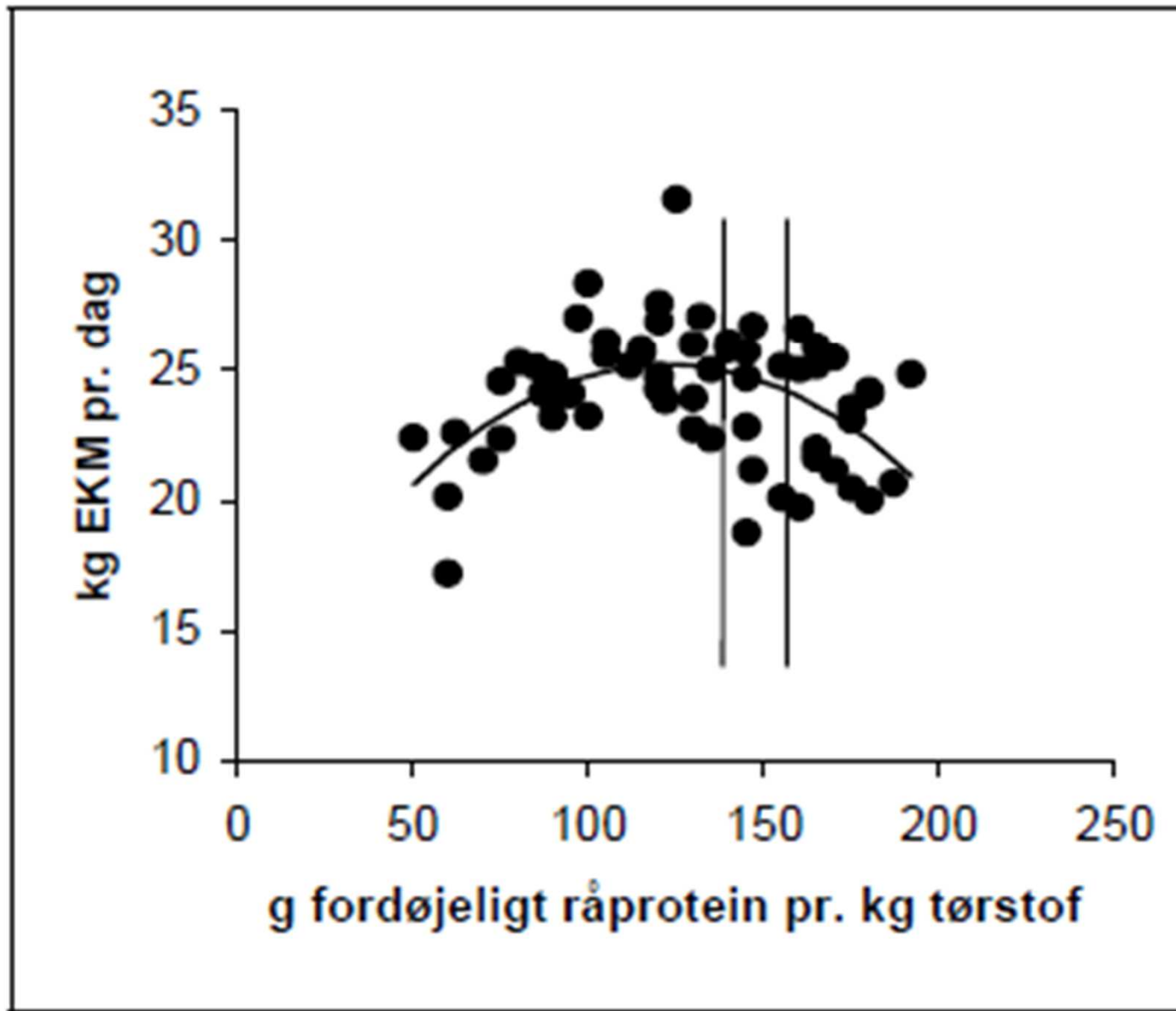


Marginalt ydelsesrespons ved højere foderniveau: Effekt af ydelsespotentiale (KEF2: F5.8)

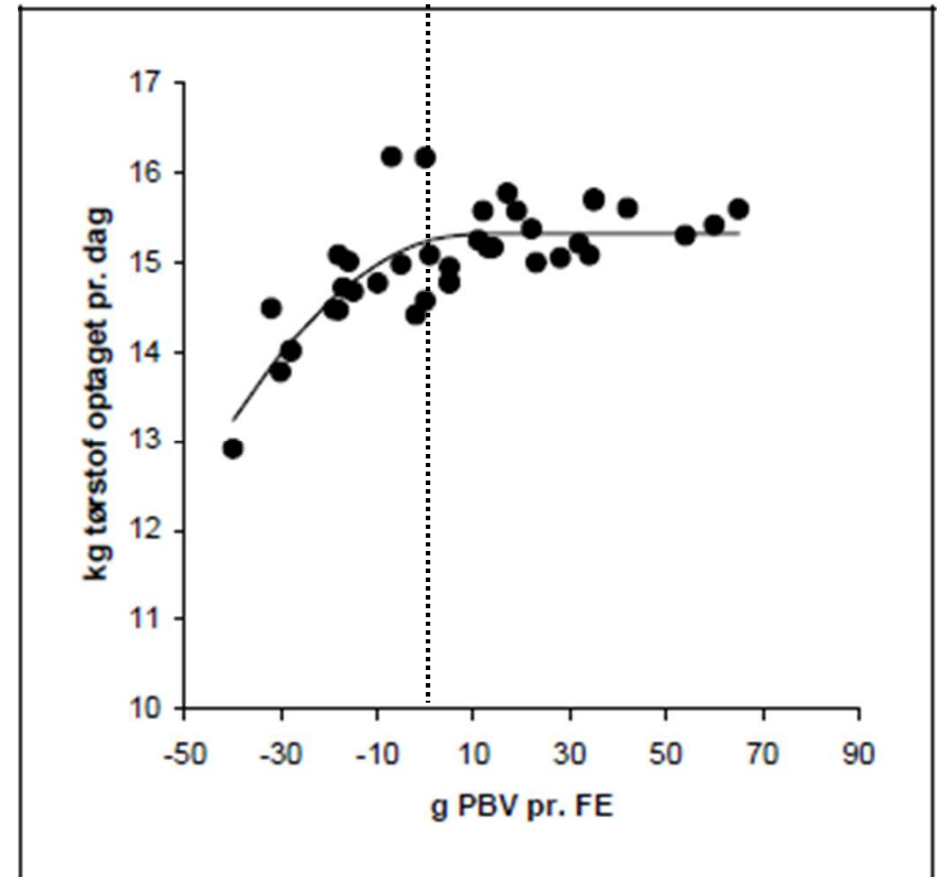
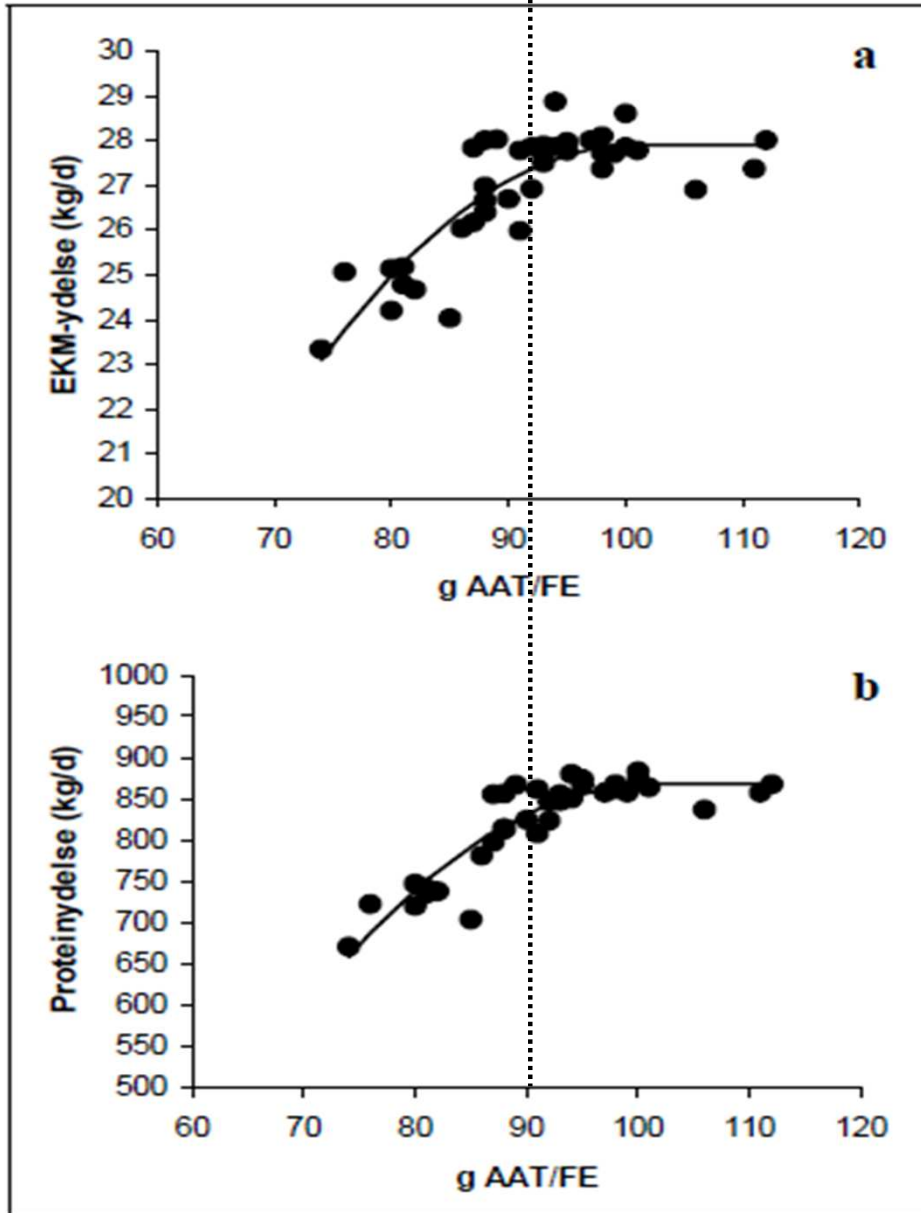


Protein i rationen ?

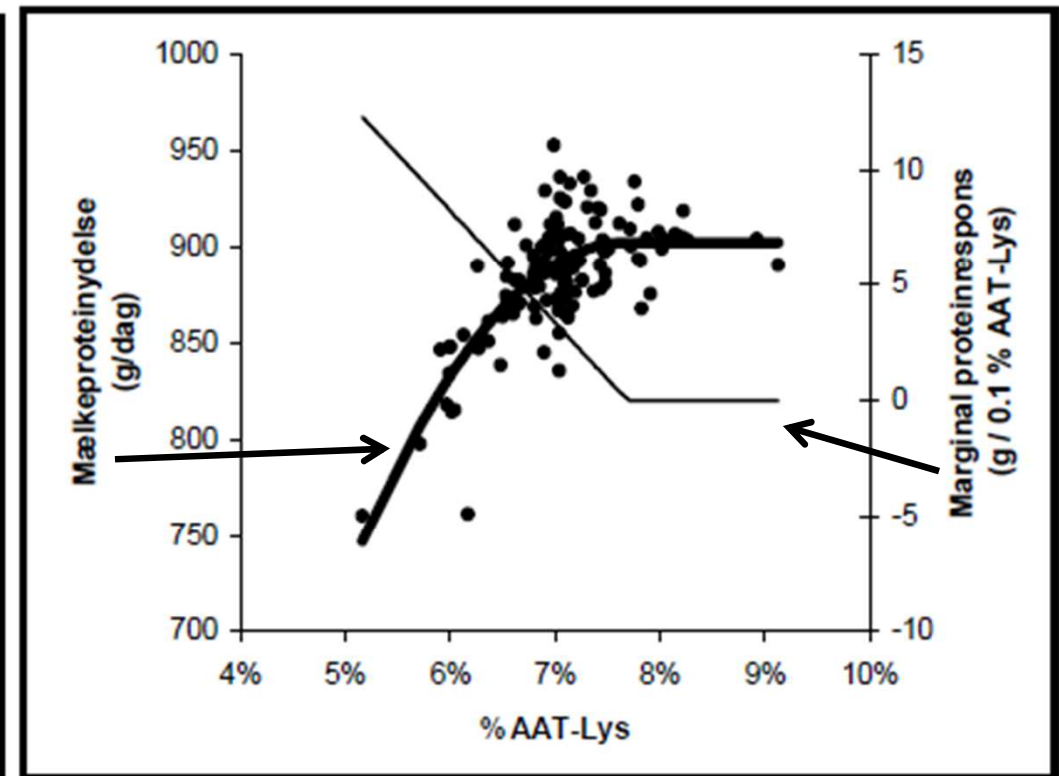
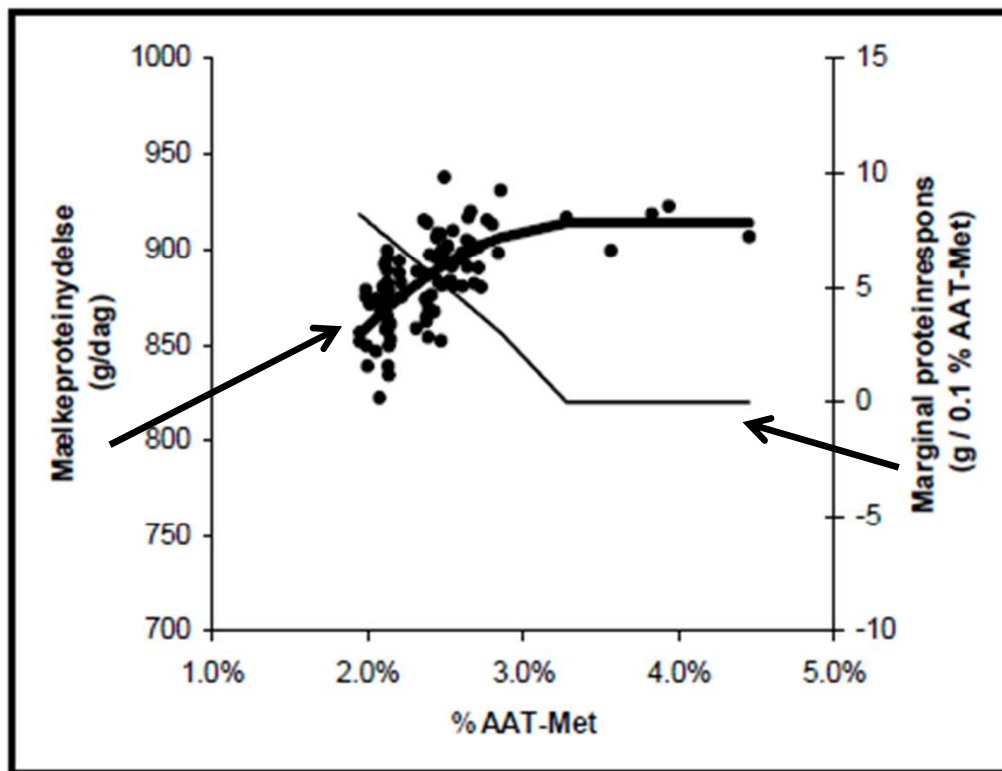
Råprotein indhold i tørstof: ydelses respons (linjer: grænseværdier før AAT; KEF2: F6.2)



AAT og PBV pr FE: Ydelsesrespons (KEF2: F6.2-6.3)

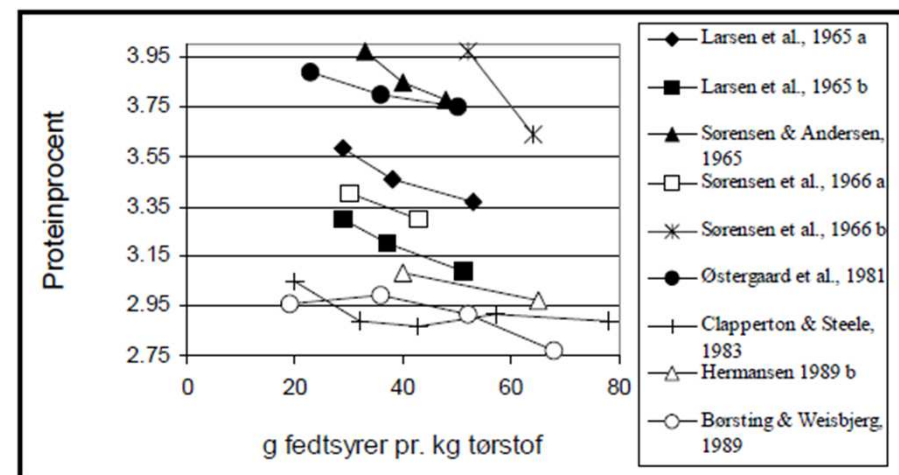
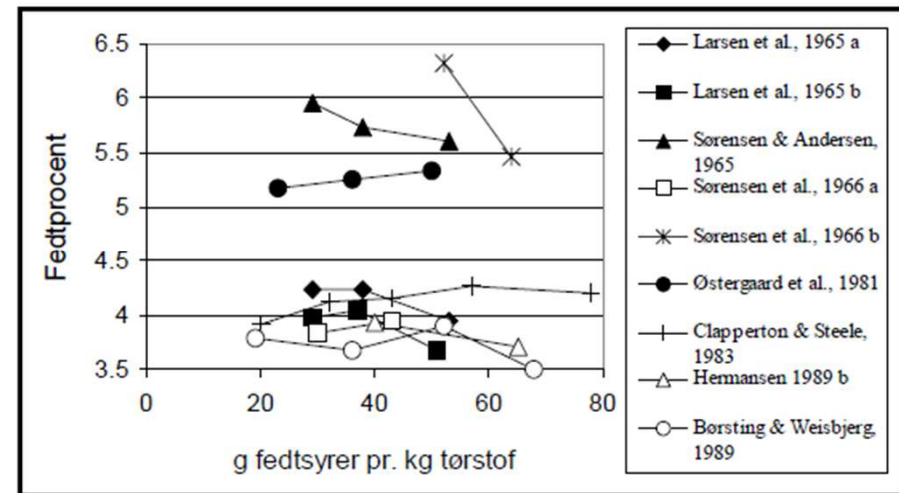
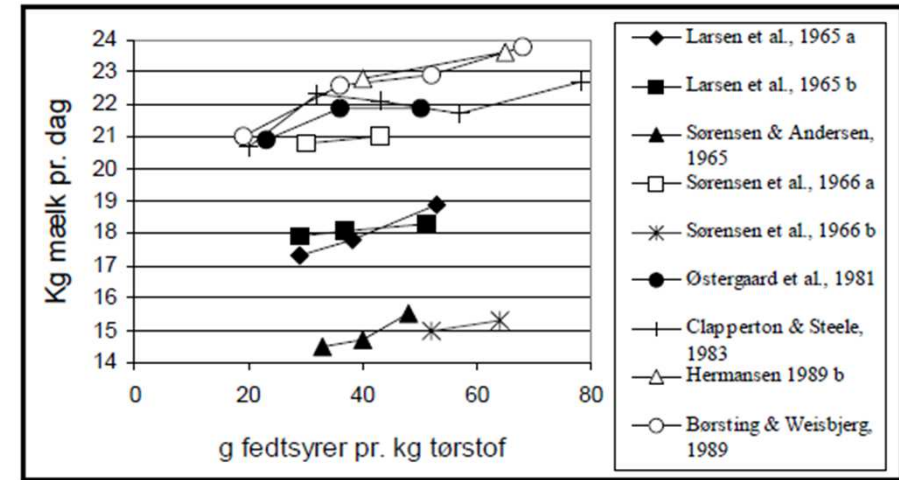


Begrænsende aminosyrer: Met og Lys (KEF2: F6.6+6.7)



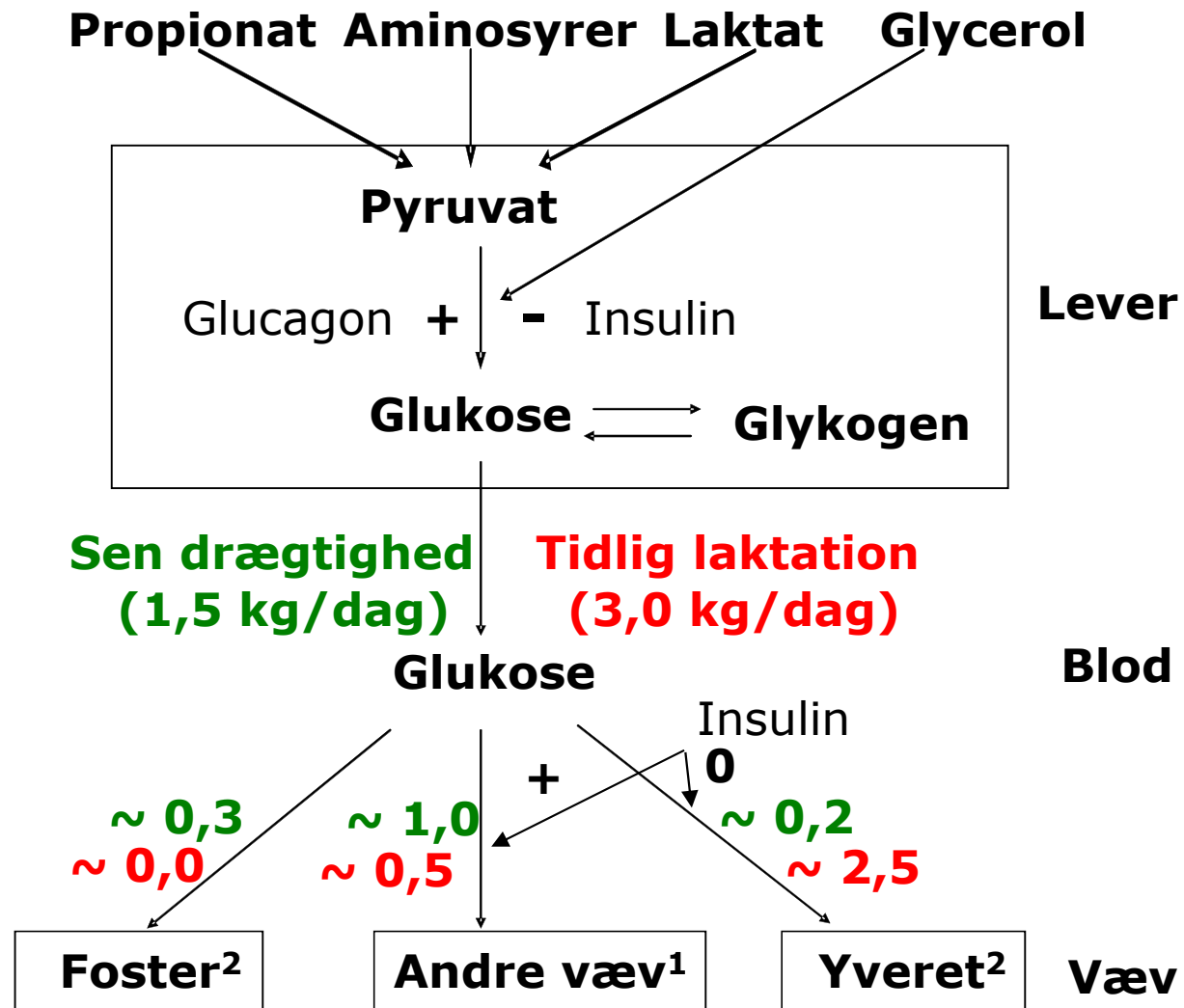
Fedt i rationen ?

Fedt i rationen: Mælkeydelse Fedt % Protein% (KEF2: F7.1)



Tilpasninger til laktation i koen: Ændring i glukoseomsætning omkring kælvning

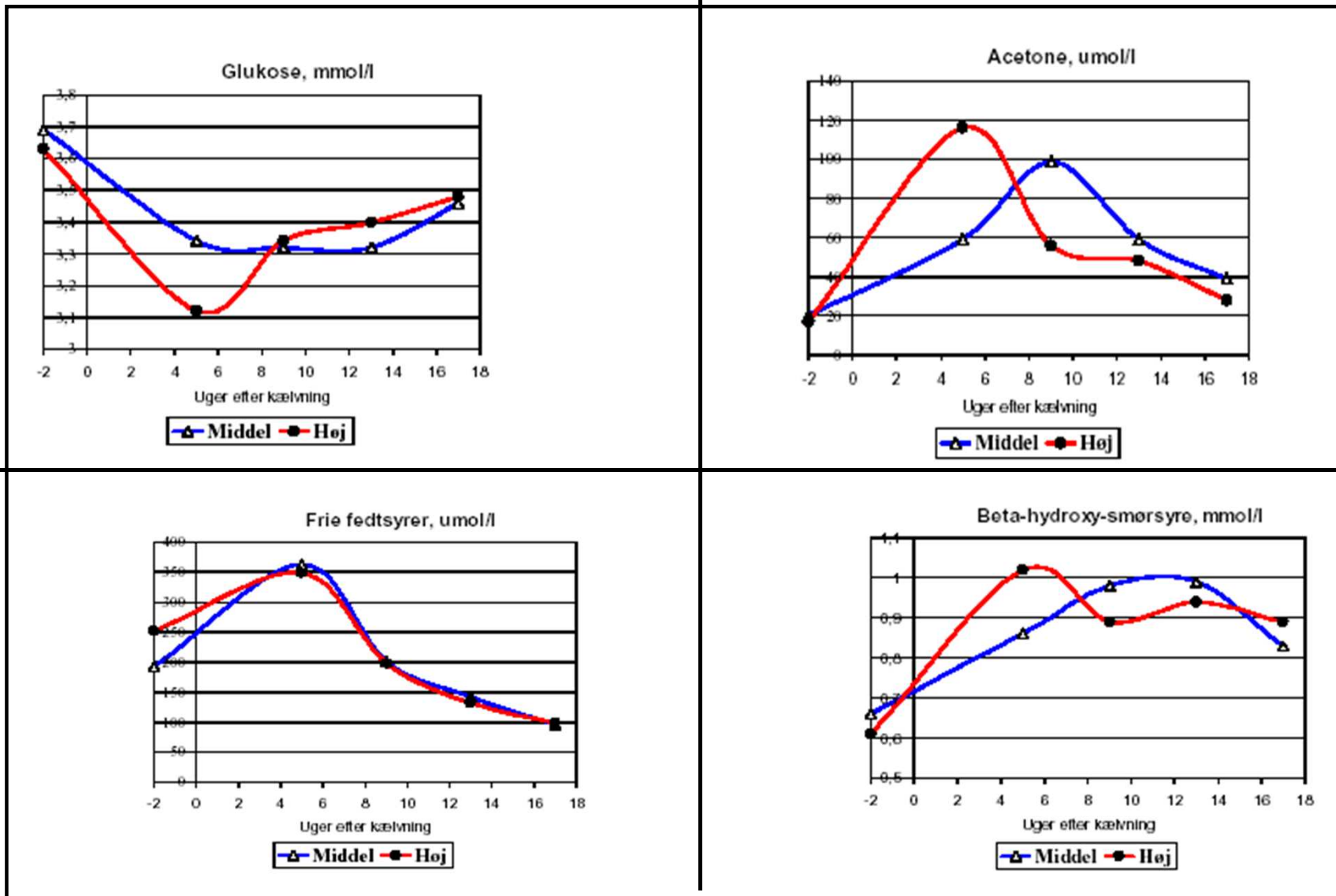
Fordeling af glukose forbrug i sen drægtighed og efter kælvning (~30 kg mælk)



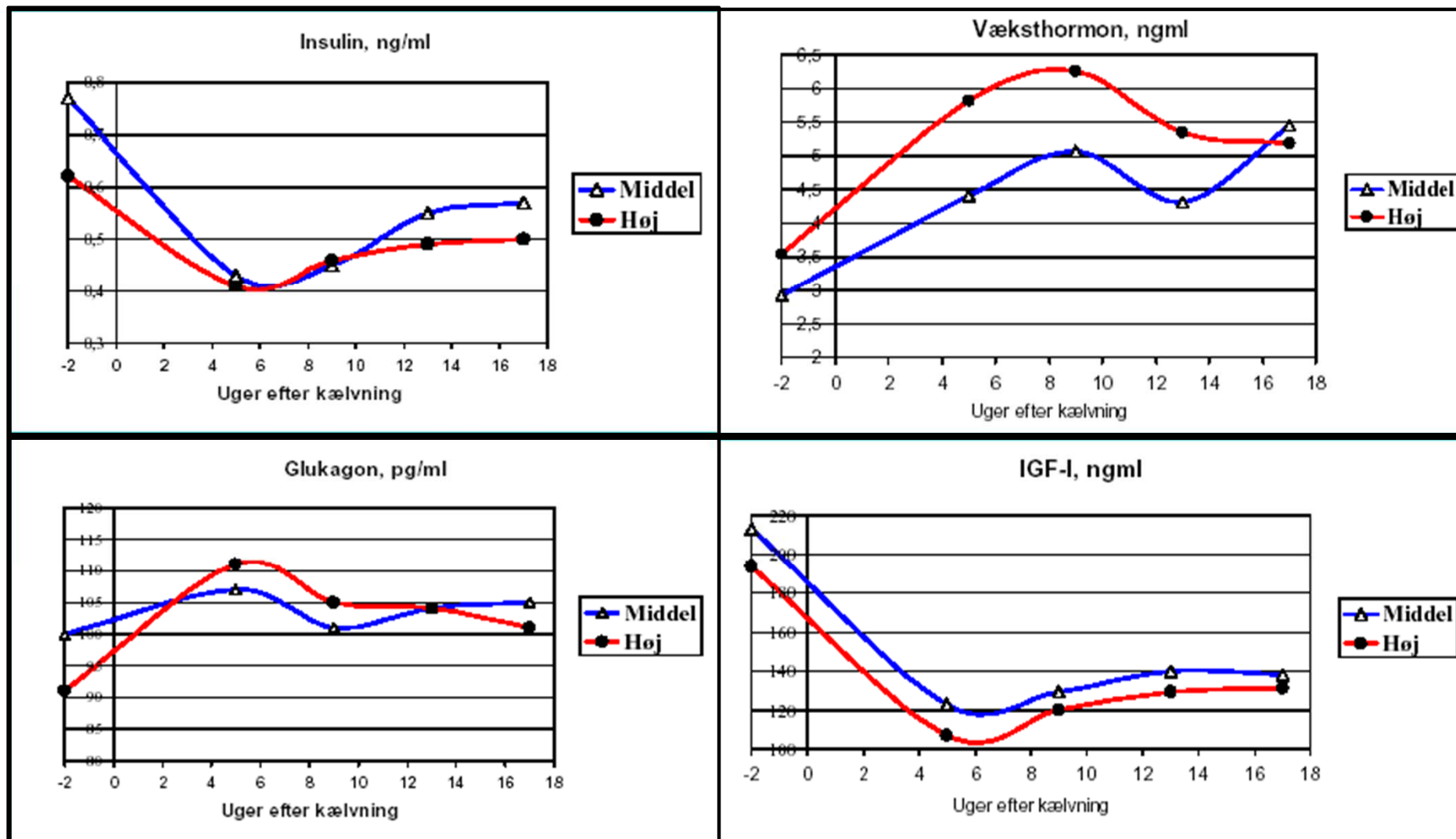
- 1) Glukose optag insulin afhængig
- 2) Glukose optag insulin uafhængig

Tilpasning til laktation i koen: Metabolisme og stofskifteregulerende hormoner hos højt- og lavereydende køer

Metabolske forandringer i højt- og middeldyde køer i besætninger i den peri-parturiente periode (Schweiz)



Endokrine forandringer i højt- og middeldydende køer i besætninger i den peri-parturiente periode (Schweiz)



Teoretiske øvelser: Mælkeydelse, metaboliske og endokrine ændringer gennem laktationen

Tre forsøg:

- Betydning af kraftfoder-grovfoder forhold
- Betydning af foderskift
- Betydning af fodring i foregående laktation

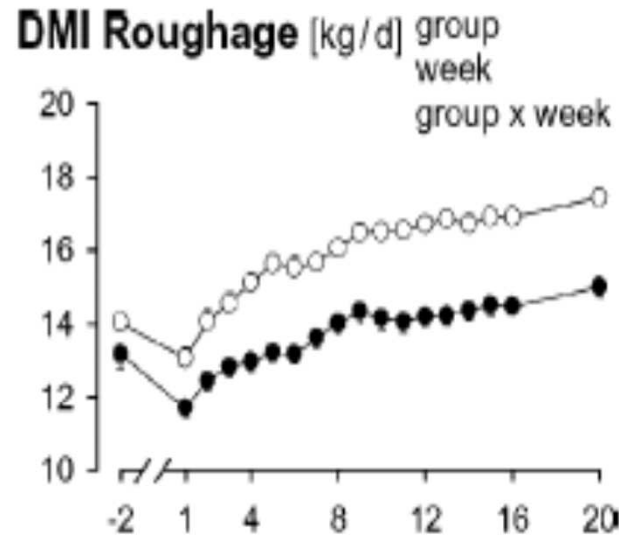
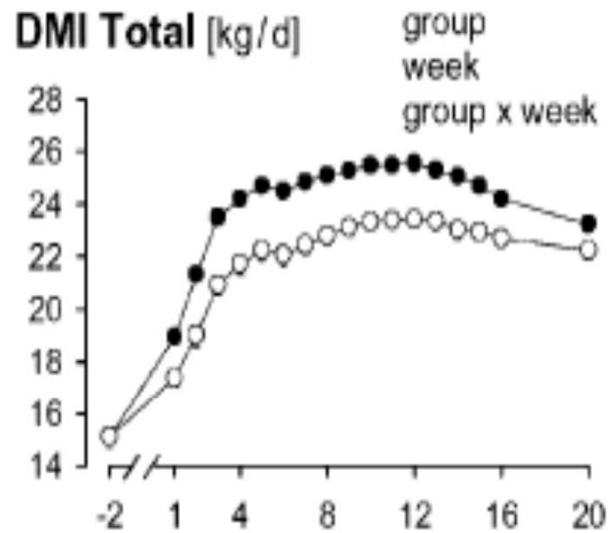
Teoretisk øvelse 1: Kraftfoder-grovfoder - effekt på ydelse og tilpasninger til laktation

Figur 1.1-1.5 viser resultater fra et fodringsforsøg med malkekøer (Reist et al, 2003).

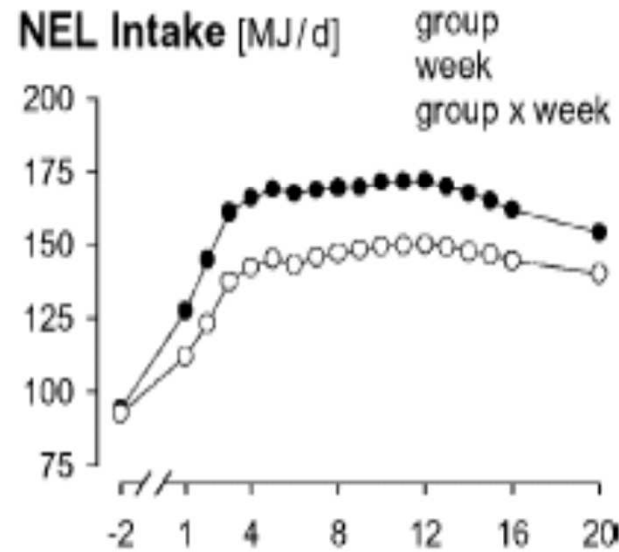
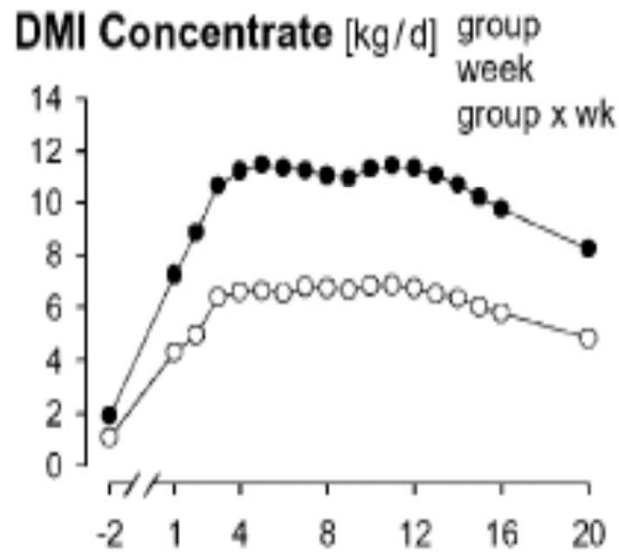
I de første 10 uger af laktationen fik malkekøer tildelt rationer, hvor kraftfoderet udgjorde 30 eller 50% af det totale tørstof indtag. Kraftfodertildelingen blev gradvist trappet op over de sidste 4 uger før kælving.

1. Hvilken betydning havde kraftfoder:grovfoder forholdet på energi balance og mælke produktion, og hvorfor?
2. Hvordan kan man forklare de ændringer der blev observeret i plasma koncentrationer af glukose, insulin, thyroïd hormoner og leptin:
 1. Gennem laktationen?
 2. Som repons på fodringen?

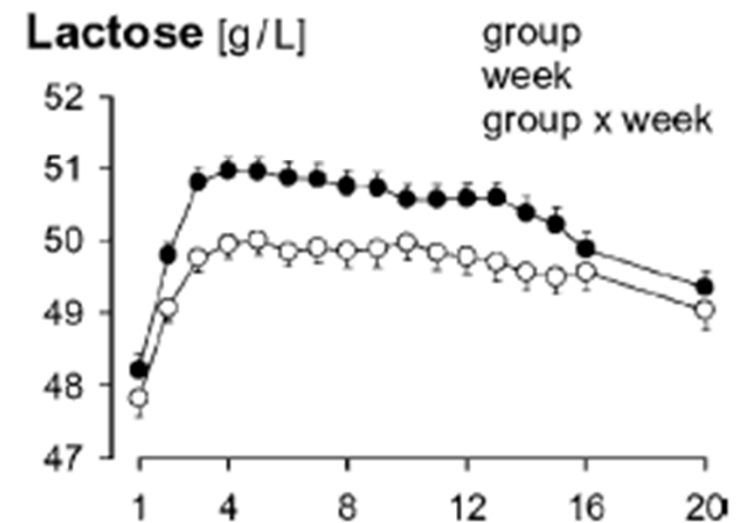
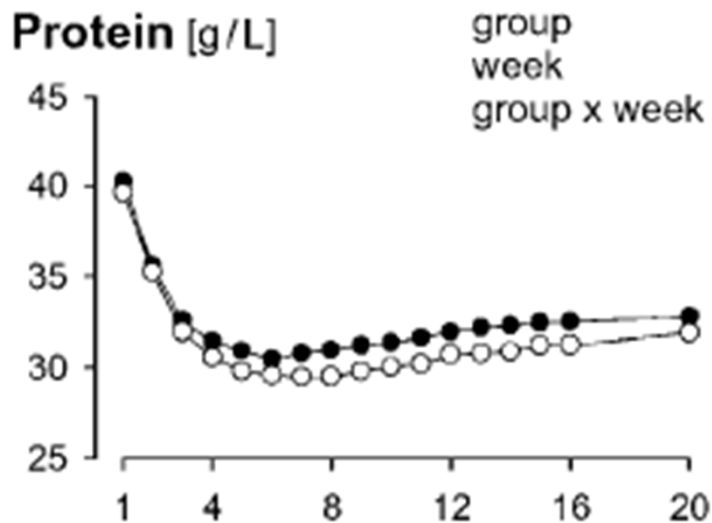
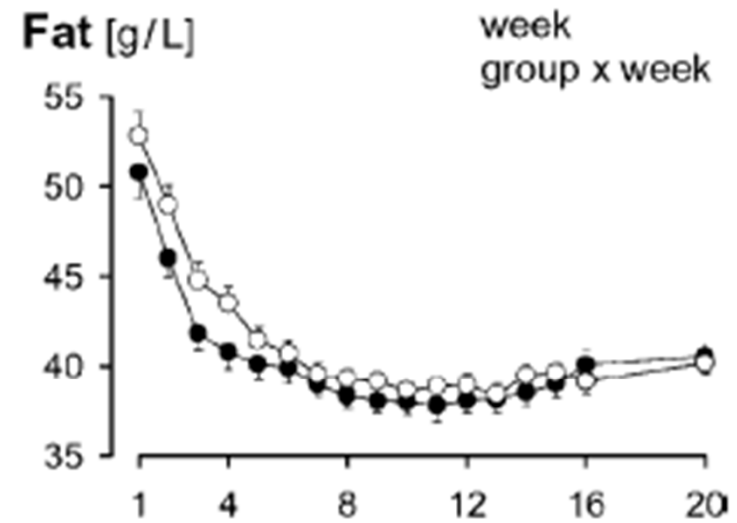
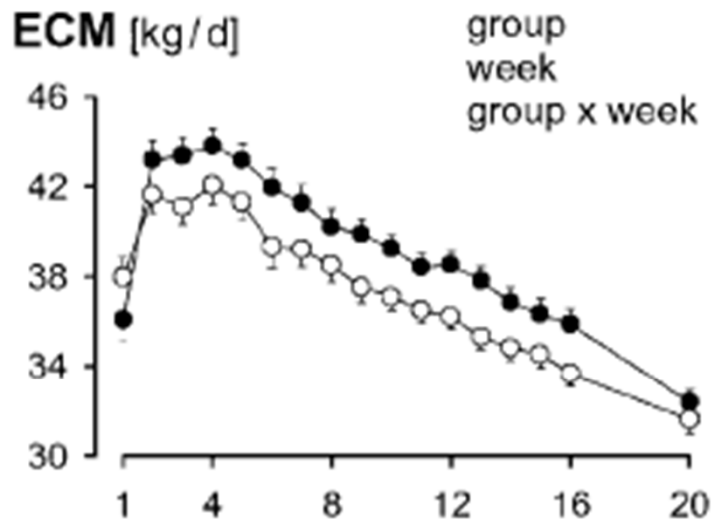
Figur 1.1: Effekt af kraftfoder andel på foderoptagelse



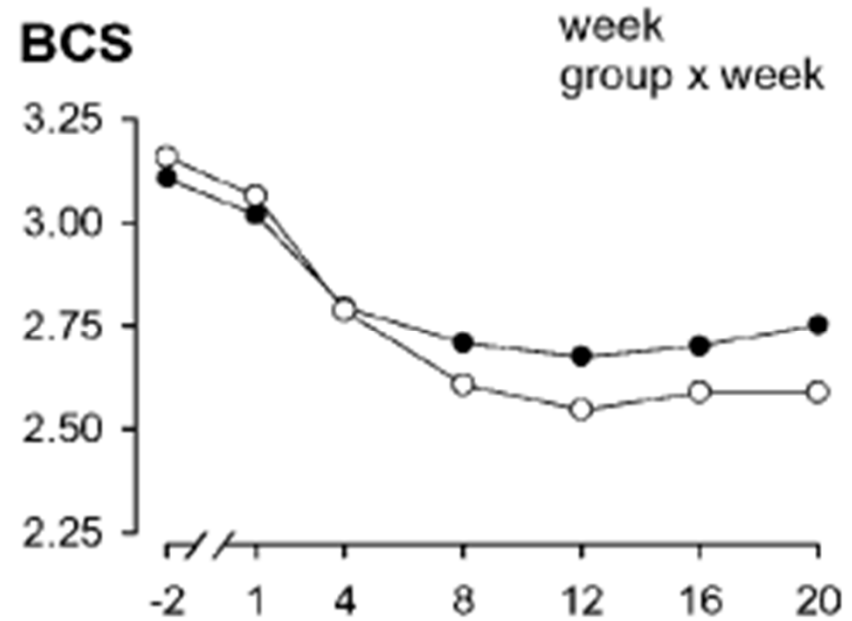
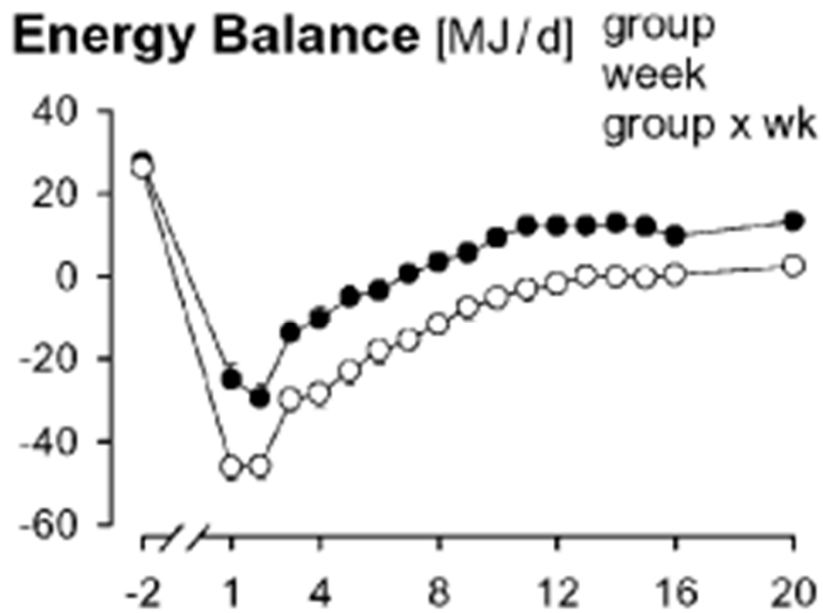
Kraftfoder:
 ○ ○ 30%
 ● ● 50%



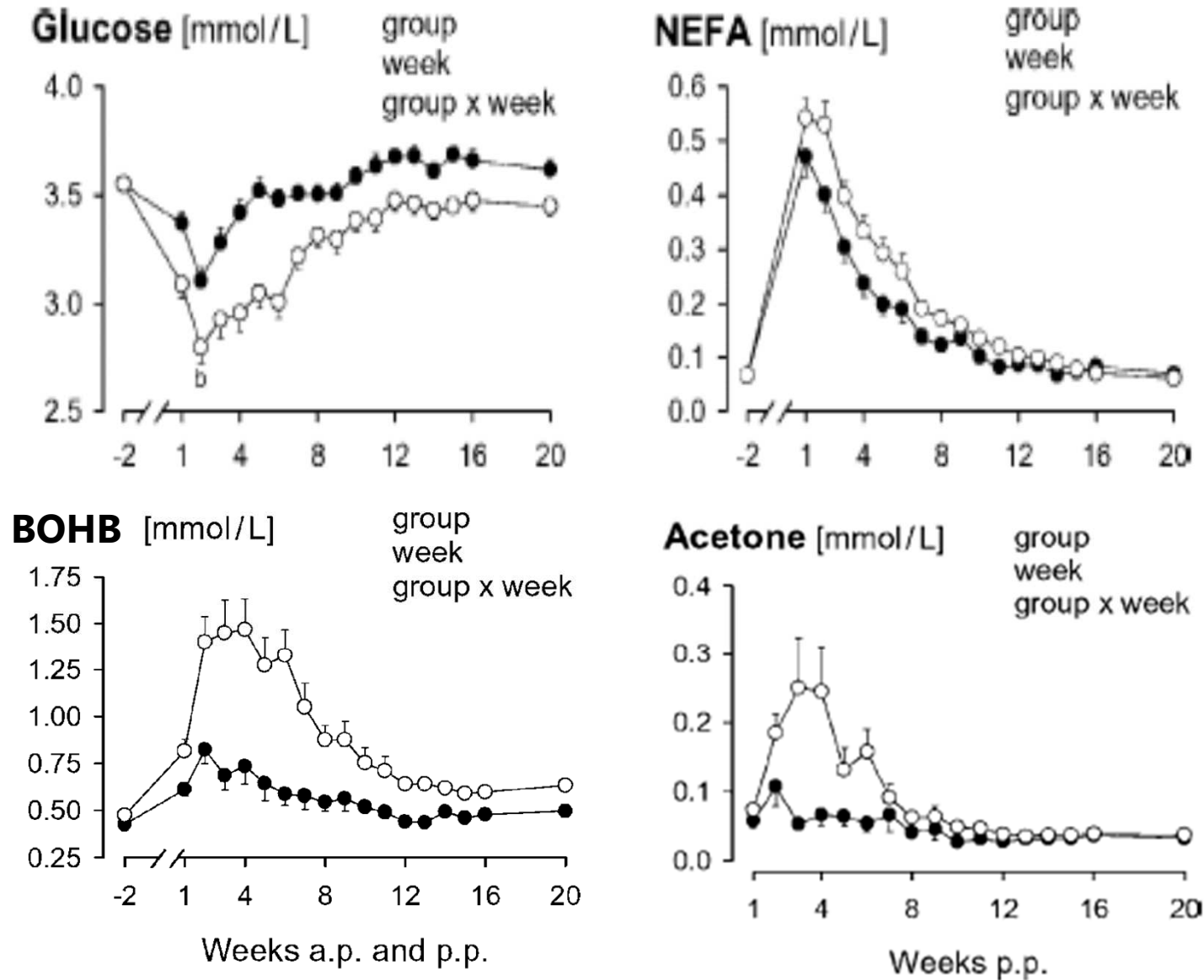
Figur 1.2: Effekt af kraftfoderandel på mælkeydelse og sammensætning



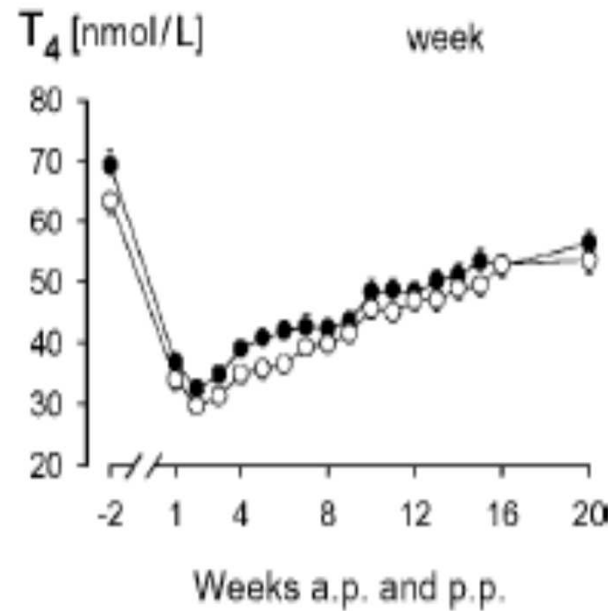
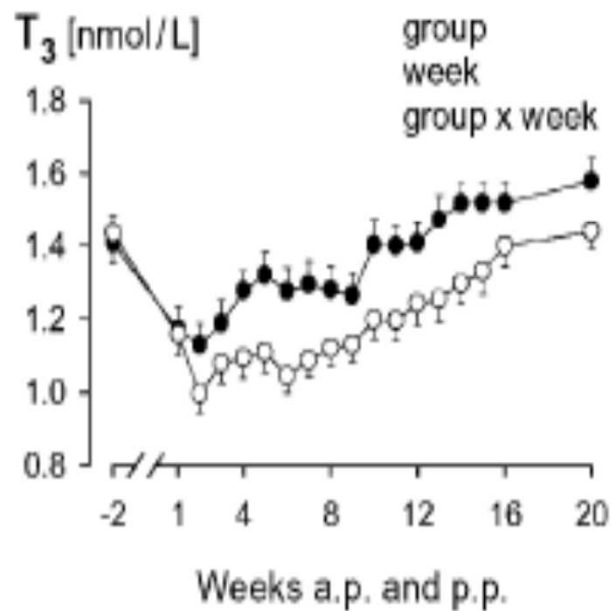
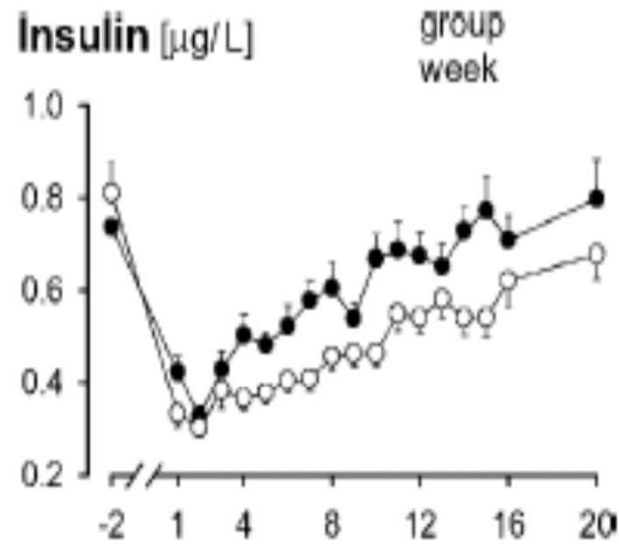
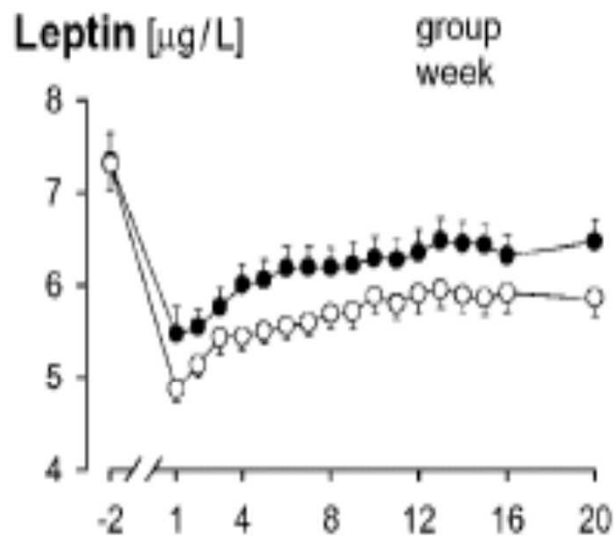
Figur 1.3: Effekt af kraftfoderandel på energibalancen



Figur 1.4: Effekt af kraftfoderandel på plasma glukose, NEFA og BOHB, og acetone i mælk



Figur 1.5: Effekt af kraftfoderandel på udvalgte hormoner i plasma



Teoretisk øvelse 2: Energikoncentration i rationen og foderskift i tidlig laktation

I Tabel 2.1 - 2.3 er vist resultater fra et dansk forsøg, hvor malkekøer blev tildelt en grund blanding med forskellig energikoncentration (Bossen et al 2009 Livestock Sci126, 252-272 og 273-285).

Diskuter hvilken betydning energikoncentration og foderskift havde for mælkeydelse, vægtændringer og foderoptagelse:

- 1) I tidlig laktation
- 2) I midt-sen laktation
- 3) Over hele laktationen

Teoretisk øvelse 2: Energikoncentration i rationen og foderskift i tidlig laktation

- Forsøg:
 - Ad libitum af en mixed ration (MR)
 - Individuel tildeling af max 3 kg kraftfoder i AMS
 - Tre racer: DH, DR, DJ
- MR1: 7.38 MJ NEL/kg DM
 - Hele laktationen
- MR2-E:
 - 7.71 MJ NEL/kg DM i tidlig laktation (indtil tilvækst på 15 kg)
 - 7.12 MJ NEL/kg DM i sen laktation (derefter)
- MR2-L:
 - 7.76 MJ NEL/kg DM i tidlig laktation (indtil tilvækst på 35 kg)
 - 7.14 MJ NEL/kg DM i sen laktation (derefter)

Tabel 2.1: Mælkeydelse gennem laktationen

Parity Strategy	Primiparous cows			Multiparous cows			P-values for main effects ⁽¹⁾		
	MR1	MR2 Early	MR2 Late	MR1	MR2 Late	MR2 Late	Genetic line ⁽²⁾	Parity	Strategy
<i>ECM lactation curve distribution by curve shape</i>									
1. Traditional	13	13	15	20	15	16			
2. Cont. decreasing	3	4	3	2	2	0			
3. Opposite traditional	6	1	0	1	0	0			
4. Cont. increasing	1	0	0	0	0	0			
<i>Production of milk and milk constituents per 305 days (N=97)</i>									
ECM, kg	6912	7046	6928	8413	7911	7303	<0.0001	0.003	0.4
Milk, kg	6311	6543	6440	7977	7510	7036	0.0005	0.0006	0.6
Milk fat, kg	288	290	283	347	323	294	<0.0001	0.007	0.3
Milk protein, kg	231	235	233	284	269	252	0.0002	0.001	0.6
Milk lactose, kg	306	321	314	379	357	338	0.001	0.004	0.7
Milk fat, %	4.62	4.45	4.40	4.39	4.32	4.33	0.02	0.02	0.5
Milk protein, %	3.68	3.60	3.67	3.57	3.59	3.60	0.6	0.03	0.8
Milk lactose, %	4.84	4.88	4.87	4.74	4.76	4.79	0.4	<0.0001	0.5
Daily milkings ⁽³⁾	2.26	2.51	2.34	2.57	2.63	2.36	0.6	0.03	0.2
Milk:feed, g ECM · MJ NE _L ⁻¹ ⁽⁴⁾	188	176	169	188	203	190			0.4
<i>Characteristics of the milk production profiles (N = 110)</i>									
Peak ECM, kg day ⁻¹ ⁽⁵⁾	^c 28.8	^c 31.1	^c 30.4	^a 40.9	^a 41.4	^b 37.5	0.001		
Peak ECM, lactation week	10	7	9	4	4	5	0.6	0.03	0.8
ECM decline, kg week ⁻¹	0.34	0.43	0.49	0.67	0.78	0.91	0.8	<0.0001	0.1
ECM persistency, %	68	55	55	43	34	35	0.03	<0.0001	0.1

Tabel 2.2: Effekt på foderoptagelsesændringer gennem laktationen

Parity Strategy	Primiparous cows			Multiparous cows			<i>P</i> -values for main effects ⁽¹⁾	
	MR1	MR2 Early	MR2 Late	MR1	MR2 Early	MR2 Late	Parity	Strategy
<i>Total number of lactations distributed by DMI curve shape</i>								
1. Traditional	15	13	16	13	13	20		
2. Cont. decreasing	0	0	0	0	0	0		
3. Opposite traditional	0	0	0	0	0	0		
4. Cont. increasing	2	0	0	0	1	0		
<i>Feed intake per 305 days (N = 84⁽²⁾)</i>								
Total DMI, kg	4456	4522	4414	5475	5279	4799	<0.0001	0.1
MR DMI, kg	3776 ^a	3702 ^a	3614 ^a	4764 ^a	4404 ^{a,b}	4026 ^b	<0.0001	0.04
Total NE _L intake, MJ	33,227	33,385	33,072	40,299	38,937	35,828	<0.0001	0.2
MR NE _L intake, MJ	27,444 ^a	26,303 ^a	26,250 ^a	34,285 ^a	31,353 ^{a,b}	29,105 ^b	<0.0001	0.05
<i>Lactation characteristics (N = 89⁽³⁾)</i>								
Peak DMI, kg day ⁻¹	18.5	18.3	17.8	21.6	22.1	20.7	<0.0001	0.3
Peak MR DMI, kg day ⁻¹	15.9	15.9	15.9	19.1	19.6	18.4	<0.0001	0.7
Peak NE _L intake, MJ day ⁻¹	140	138	139	159	168	159	<0.0001	0.7
Weeks to peak DMI	26 ^a	24 ^a	16 ^b	23 ^a	14 ^b	13 ^b	0.003	<0.0001
Weeks to peak MR DMI	26 ^a	18 ^a	15 ^b	21 ^a	15 ^{a,b}	12 ^b	0.06	0.0002
Weeks to peak NE _L intake	26 ^a	18 ^b	15 ^b	23 ^a	13 ^b	12 ^b	0.05	<0.0001

Tabel 2.3: Effekt af fodringsstrategi på vægtændringer

Parity	Primiparous cows			Multiparous cows			<i>P</i> -values for main effects ⁽¹⁾			
	Strategy	MR1	MR2 Early	MR2 Late	MR1	MR2 Early	MR2 Late	Genetic line	Parity	Strategy
<i>Total number of lactations distributed by live weight curve shape</i>										
1. Opposite traditional	0	0	0	0	1	1				
2. Cont. decreasing	0	0	0	1	1	0				
3. Traditional form	23	18	15	20	12	12				
4. Cont. increasing	0	0	3	2	3	3				
<i>Live weight (LW) at distinct lactation stages⁽²⁾</i>										
LWi, kg (N=108)	603	612	590	655	657	653	0.006	<0.0001	0.8	
LWf, kg (N=98)	692	659	662	714	719	685	0.3	0.001	0.4	
LWm, kg (N=112)	548	571	560	605	617	631	0.02	<0.0001	0.5	
<i>LW changes</i>										
Mobilization, kg (N=108)	56 ^a	42 ^{a,b}	31 ^b	57 ^a	34 ^{a,b}	22 ^b	0.3	0.5	0.01	
Deposition, kg (N=95)	141 ^a	101 ^b	104 ^b	119	108	81	0.2	0.2	0.02	
Net deposition, kg (N=98)	87	57	74	58	67	57	0.05	0.4	0.8	
Mobilization, weeks (N=108)	9	9	8	8 ^{a,b}	13 ^a	6 ^b	0.3	0.8	0.02	
<i>Body Condition Score (BCS)⁽³⁾</i>										
BCSi, points (N=112)	3.4	3.7	3.5	3.6	3.5	3.5	0.9	0.04	0.6	
BCSf, points ⁽⁴⁾ (N=112)	3.7	3.6	3.6	3.4	3.6	3.6				
BCSm, points (N=108)	3.3	3.5	3.4	3.1	3.3	3.3	0.6	0.03	0.2	
<i>BCS changes</i>										
Mobilization, points (N=108)	0.29	0.14	0.21	0.36	0.23	0.08	0.5	0.9	0.09	
Deposition, points (N=108)	0.40	0.12	0.21	0.36	0.35	0.31	0.9	0.3	0.3	
Net deposition, points (N=112)	-0.11	0.02	0.00	0.03	-0.07	-0.20	0.7	0.6	0.8	

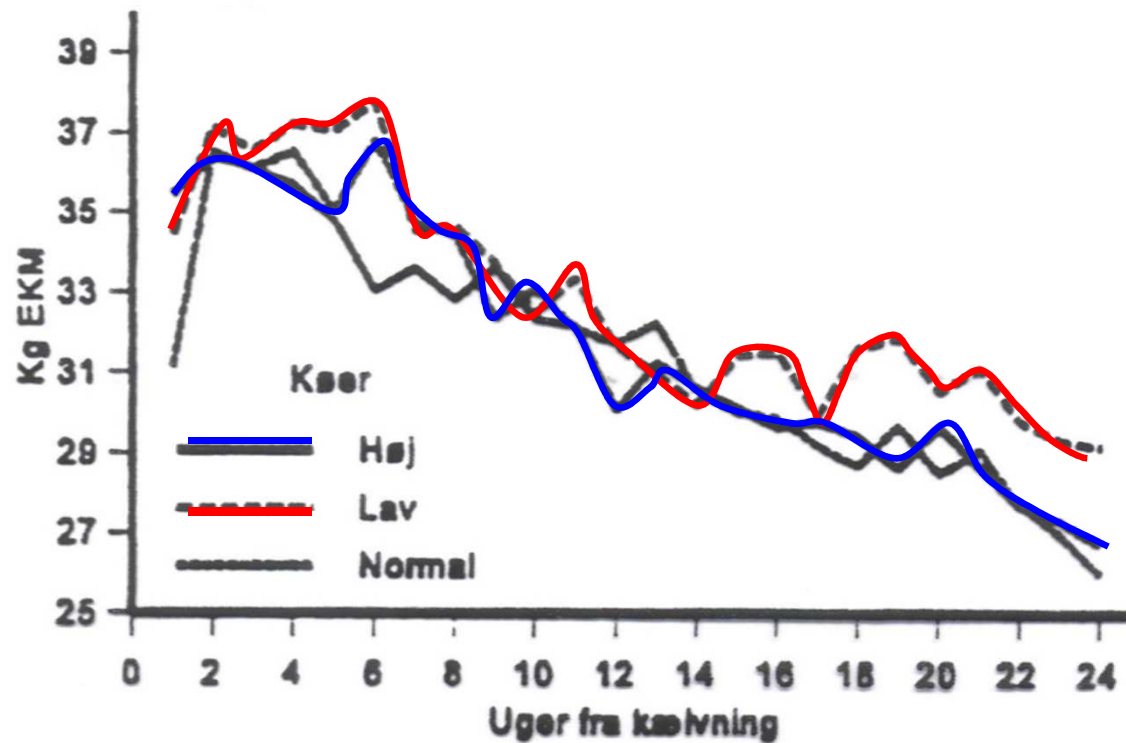
Teoretisk øvelse 3:

Betydning af foderniveau i forrige laktation

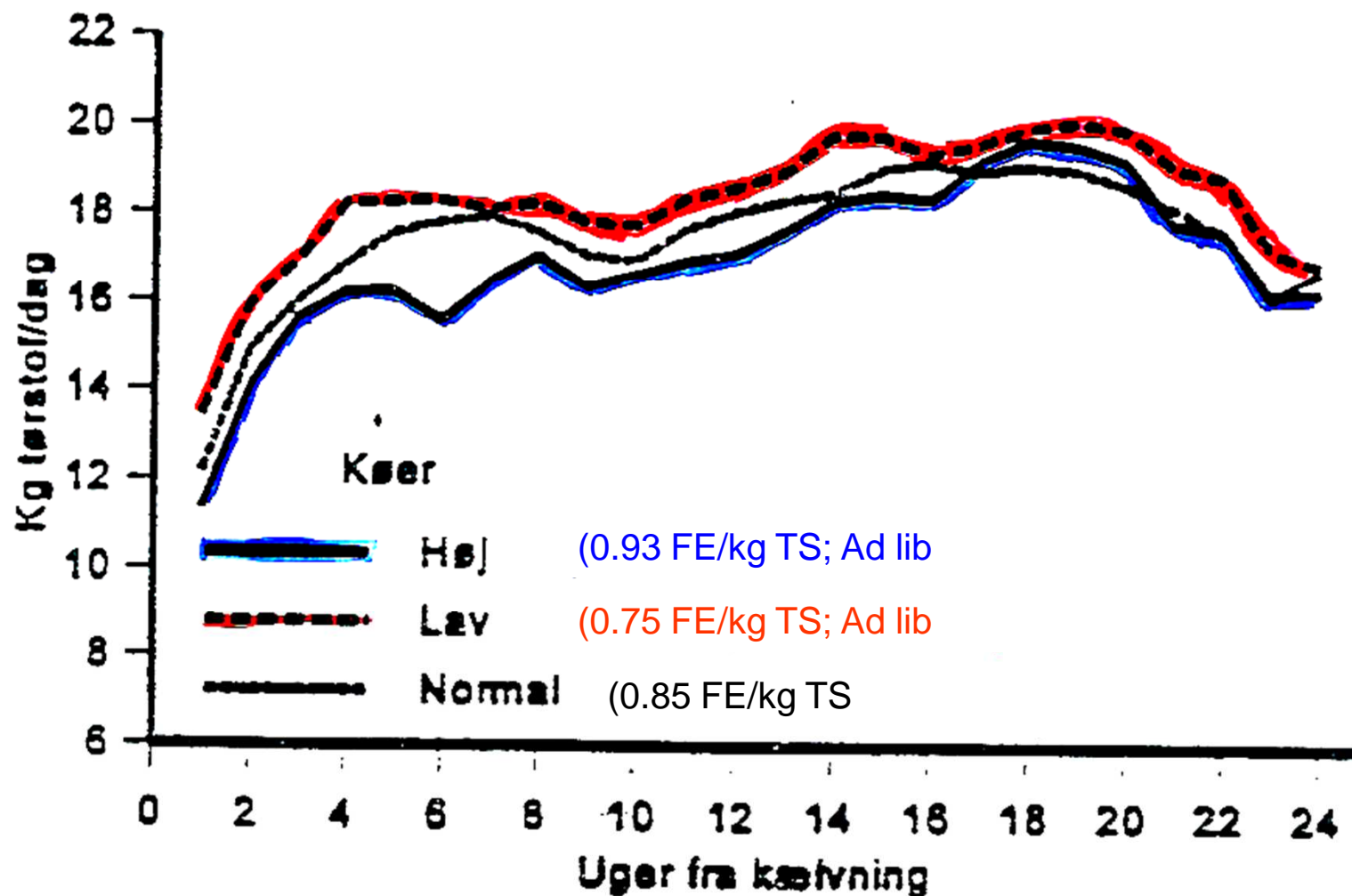
Figur 3.1-3.5 viser resultater fra forsøg, hvor man 24-2 uger før kælvning fodrede køer og kvier på forskelligt energiindtag og fulgte dem i den efterfølgende laktation, hvor de blev fodret ens.

1. Hvilken betydning har fodring i den foregående senlaktation og goldperiode for forberedelse til den nye laktation?
2. Hvordan forklares de observerede forskelle i mælkeydelse, foderoptagelse og næringsstofomsætning?
3. Hvilke sundhedsmæssige konsekvenser kan det have for koen?

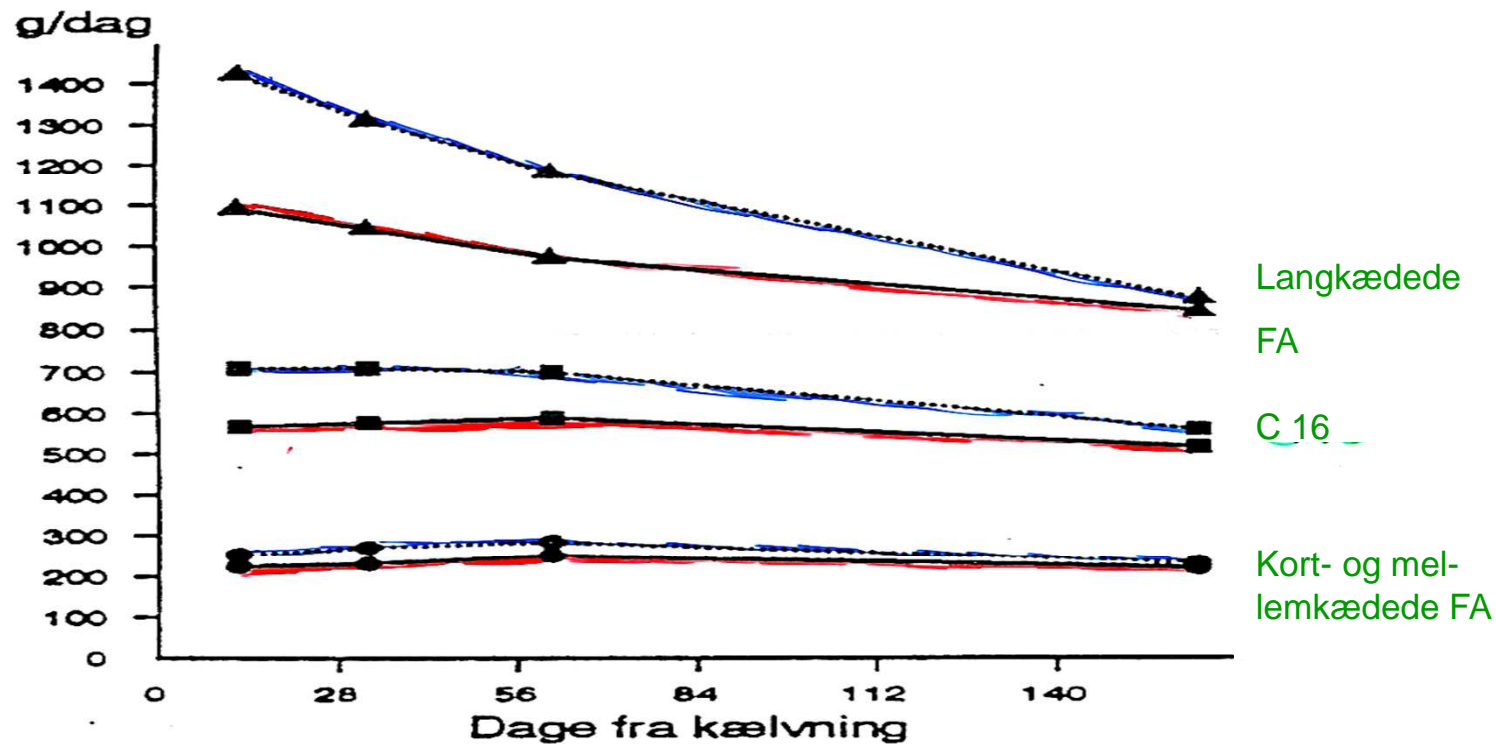
Figur 3.1: Betydning af højt og lavt foderniveau 24-2 uger før kælvning på mælkeydelse i den efterfølgende laktation



Figur 3.2: Betydning af højt og lavt foderniveau 24-2 uger før kælvning på foderoptagelse i den efterfølgende laktation



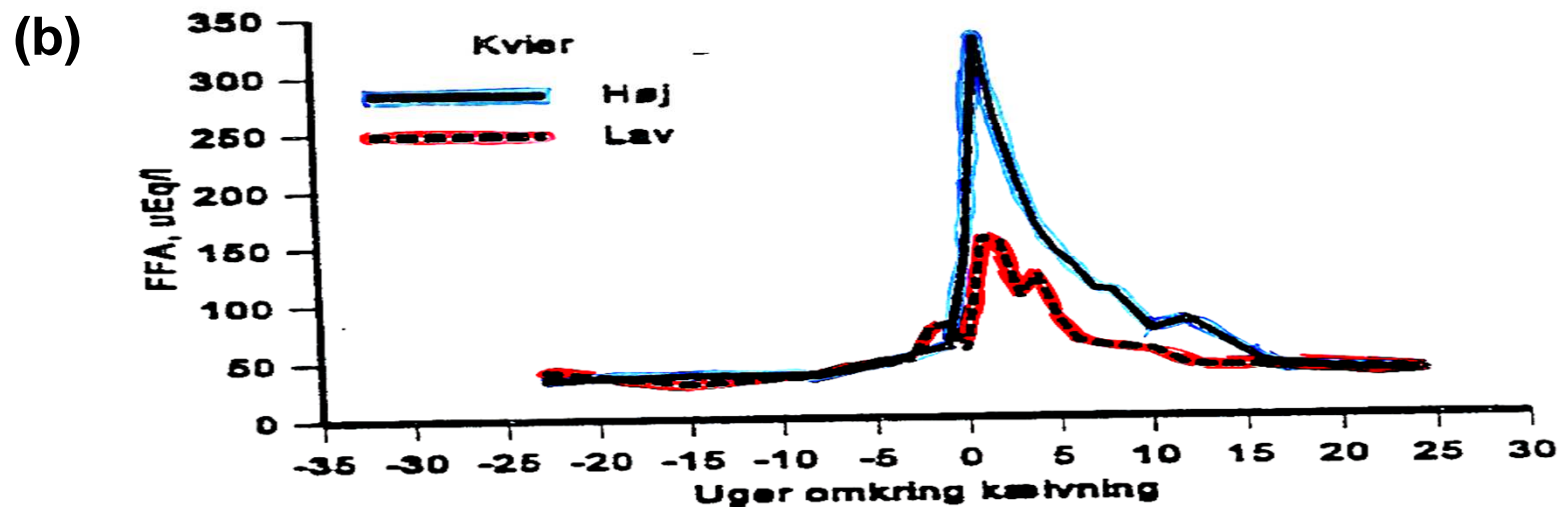
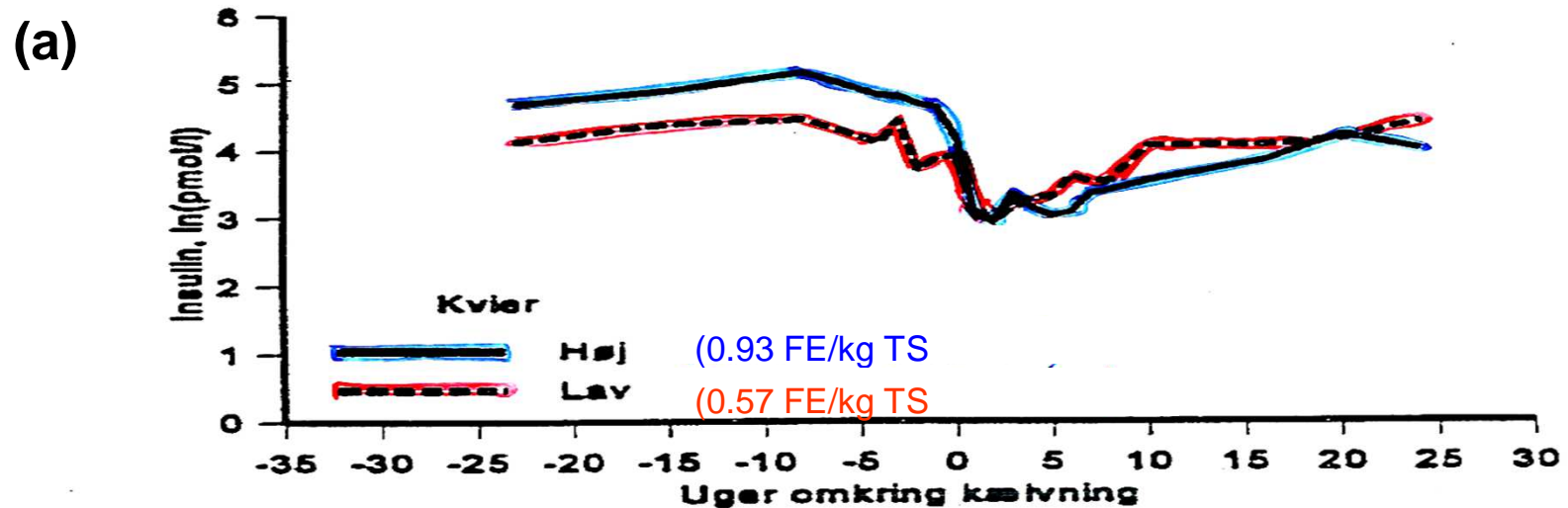
Figur 3.3: Effekt af højt og lavt foderniveau 24-2 uger før kælvning på mælkefedtets sammensætning i efterfølgende laktation



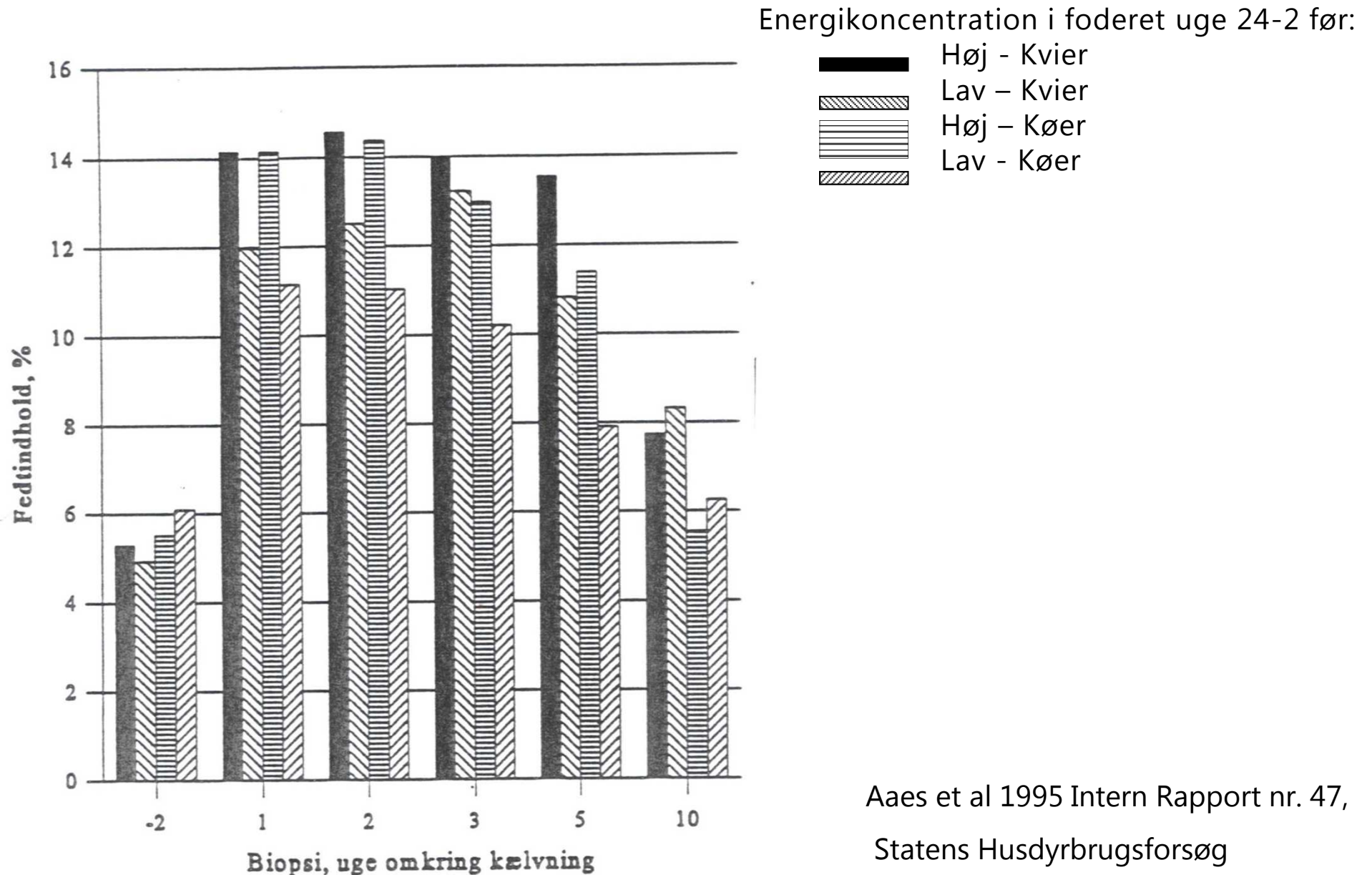
Lav
(0.75 FE/kg TS)
Høj
(0.93 FE/kg TS)

C4...C14:1 C16...C16:1 C18...C18:3
C4...C14:1 C16...C16:1 C18...C18:3

Figur 3.4: Effekt af højt og lavt foderniveau 24-2 uger før kælvning på insulin (a) og FFA (b) i plasma



Figur 3.5: Fedtinfiltration i leveren efter kælving ved højt og lavt foderniveau før kælving



Aaes et al 1995 Intern Rapport nr. 47,
Statens Husdyrbrugsforsøg