

# Het rendement van benutting van variatie in voerefficiëntie in lacterend melkvee

Wageningen, januari 2009

Afstudeerscriptie van:  
E.J.M. Krol; 860318480060

Begeleider: dr. Ir. P.B.M. Berentsen  
Vakcode: BEC-80433



## **Voorwoord**

Dit voorwoord leidt mijn scriptie in, gemaakt voor de Leerstoelgroep Bedrijfseconomie van Wageningen Universiteit. Met zoals al op de voorpagina te zien is, als titel 'Het rendement van benutting van variatie in voerefficiëntie in lacterend melkvee'. Een onderwerp gerelateerd aan de melkveehouderij met een economisch en voedingskundig aspect. Deze combinatie maakte mij meteen zó enthousiast, dat ik na een semester gestudeerd te hebben aan Cornell University in de Verenigde Staten, en nog geen week terug in Nederland, direct toch vrij intensief aan het werk ben gegaan met mijn scriptie. En deze combinatie, gevoed met de enthousiaste en goede begeleiding van Paul Berentsen, maakte het mogelijk dit enthousiasme ook zonder problemen vol te houden. Het is erg plezierig wanneer je zelf vooruit wilt, het idee te hebben dat anderen dit ondersteunen, maar minstens net zo belangrijk om op bepaalde momenten kritische feedback te krijgen om zelf kritisch te blijven. Graag wil ik daarom Paul Berentsen bedanken voor zijn kritische en enthousiaste begeleiding. Ook Geert André wil ik graag bedanken voor het delen van zijn kennis over de verschillende aspecten van Dynamisch voeren en de hulp bij met name de statistische analyse.

Tegen vrienden die hun scriptie aan het schrijven zijn, zeg ik wel eens, dat een scriptie zichzelf niet schrijft. Dit is iets waar ik zelf toch ook tegenaan liep, in met name de laatste weken. Ik wil daarom vooral toch ook even mijn ouders bedanken voor hun hulp, geduld en vooral hun begrip, en ook mijn huisgenoten, voor het blijven tonen van interesse in mijn scriptie, over een toch vrij specifiek onderwerp.



## Samenvatting

Voerkosten vormen één van de meest belangrijkste kostenfactoren op melkveebedrijven. Daarnaast heeft een overschot aan mineralen aan de afvoerszijde nadelige financiële en milieutechnische effecten. Het is daarom belangrijk een goede energie-efficiëntie te realiseren. In de melkveehouderij is het gangbaar een basisrantsoen te verstrekken aangevuld met een standaard ingesteld krachtvoergift. Dit systeem houdt geen rekening met individuele verschillen in energie-efficiëntie. Uit onderzoek blijkt echter dat er grote verschillen in de energie-efficiëntie tussen koeien onderling bestaan. Dit verschil in individuele energie-efficiëntie leidde tot de ontwikkeling van Dynamisch voeren, een monitoringssysteem dat dagelijks de individuele economisch optimale krachtvoergift bepaalt. Dynamisch voeren werkt met de individuele melkproductierespons op krachtvoer en berekent dus niet de individuele energie-efficiëntie. Doel van dit onderzoek is (1) het bepalen van de gemiddelde energie-efficiëntie van een groep koeien gevoerd door middel van Dynamisch voeren, (2) de correlatie tussen de met Dynamisch voeren berekende individuele respons op krachtvoer en individuele energie-efficiëntie te bepalen en (3) de economische consequenties van een Dynamisch voersysteem op bedrijfsniveau te bepalen.

Uit analyse van gegevens van 89 koeien, aan welke krachtvoer werd verstrekt met behulp van het Dynamisch voersysteem, blijkt dat er een correlatie is van 0,20 tussen de individuele krachtvoeresponsparameters van Dynamisch voeren en individuele residuele energie-efficiëntie. De gemiddelde energieopname van de koeien was 29,94 VEM per kg meetmelk lager dan verwacht werd uitgaande van de gemiddelde energiebehoefte berekend met behulp van de CVB norm. De gemiddelde aanzet van lichaamsgewicht was hoger dan de gemiddelde mobilisering. De dieren zijn tijdens de meetperiode dus niet stelselmatig onder hun energiebehoefte gevoerd. De DVE-opname is vergelijkbaar met de CVB norm. De dieren zijn daarom tijdens de meetperiode niet stelselmatig onder de DVE-behoefte gevoerd. Met behulp van Dynamisch Voeren kan dus efficiënter gevoerd kan worden dan met het gangbare systeem waarin koeien gevoerd worden volgens de (CVB) norm.

Met behulp van een LP model zijn de economische consequenties van een energie-efficiëntieverbetering van 29,94 VEM per kg meetmelk op bedrijfsniveau berekend. Omdat de bedrijfsintensiteit van een melkveebedrijf invloed kan hebben op de productiestrategie zijn de economische consequenties berekend voor een 'gemiddeld' bedrijf met een intensiteit van 12.349 kg melk/ha, en een 'intensief' bedrijf met een intensiteit van 15.206kg melk per ha. Omdat quotum een effect kan hebben op de productiestrategie, zijn er berekeningen gedaan voor de bedrijven in een situatie met een quotum van 517.00kg en in een situatie zonder quotum. Om het effect van de lagere energiebehoefte in een situatie zonder quotumrestrictie te berekenen wordt de quotumrestrictie vervangen door een restrictie op de totale energieopname. Als gevolg van de lagere energiebehoefte per koe kan het aantal koeien iets uitgebreid kan worden. De melkproductie in de situaties zonder quotum stijgt hierdoor naar

540.000kg. Wanneer een gemiddeld bedrijf met een quotum van 517.000kg de energie-efficiëntieverbetering optimaal zou benutten, heeft dit consequenties voor krachtvoerkosten, de kosten voor ruwvoervoorziening en de variabele kosten zoals meststoffen en leidt dit in een quotumsituatie tot een verbetering van de arbeidsopbrengst met € 2.645 en in een situatie zonder quotum met € 6.616,- Het verschil in de arbeidsopbrengst is voor het intensieve bedrijf is iets lager dan voor het gemiddelde bedrijf, omdat het gemiddelde bedrijf in een situatie zit waarin het nog mogelijkheden heeft de grond optimaler te benutten terwijl het intensieve bedrijf in een situatie zit waarin het de grond al optimaal benut. Het beter benutten van de variatie in energie-efficiëntie door middel van dynamisch voeren leidt in het algemeen tot een verlaging van de stikstof- en fosfaatverliezen. Wordt de verbeterde efficiëntie gebruikt om de totale melkproductie te vergroten dan verdwijnt dit positieve milieu-effect.

Uit een gevoeligheidsanalyse op de energie-efficiëntieverbetering blijkt dat een groter verschil in energie-efficiëntie niet leidt tot een evenredige verhoging van het rendement. Verschillende restricties die zijn opgenomen in het model zoals de OEB-norm, het minimum aan maïs- en graskuil en het maximum aan krachtvoer beperken toename van het rendement bij toename van het verschil in energie-efficiëntie. Uit een gevoeligheidsanalyse op de melkprijs blijkt dat een verandering van de melkprijs met 10% in een situatie zonder quotum leidt tot een verandering van het rendement van Dynamisch voeren met €660. De melkproductie is in de situaties zonder quotum efficiënter in vergelijking tot de situatie met gemiddelde energiebehoefte. Een verhoging van de melkprijs zorgt dat dit verschil groter wordt, waardoor het rendement van Dynamisch voeren toeneemt. Bij een verlaging van de melkprijs wordt de productie van extra melk in de situaties zonder quotum minder efficiënt, waardoor het rendement van Dynamisch voeren in deze situaties daalt. Een verandering van de krachtvoerkosten heeft verschillende effecten op de bedrijfssituaties, dit is voornamelijk het gevolg van verschillen in de verhouding tussen ruwvoer en krachtvoer in de rantsoenen en verschil in de mogelijkheden tot substitutie van krachtvoer met ruwvoer.

## Inhoudsopgave

<b>1.</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>9</b>
1.1	Aanleiding .....	9
1.2	Doelstellingen .....	10
1.3	Leeswijzer .....	10
<b>2.</b>	<b>Energie-efficiëntie en opnamecapaciteit van melkvee</b> .....	<b>13</b>
2.1	Energiebehoefte en verdeling .....	13
2.1.1	Onderhoud voor essentiële metabolische processen .....	13
2.1.2	Dracht .....	14
2.1.3	Lactatie.....	14
2.1.4	Groei tot streefgewicht.....	15
2.1.5	Vetaanzet.....	15
2.2	Voeropnameregulatie .....	15
2.2.1	Invloed van lactatienummer en dracht op voeropname .....	16
2.2.2	Omgevingsfactoren van invloed op voeropname.....	16
2.2.3	Het modelleren van ruwvoeropname.....	17
2.2.4	Variatie in energie-efficiëntie en opnamecapaciteit .....	17
2.3	Ruwvoersubstitutie.....	18
2.4	Effect van het rantsoen op melksamenstelling.....	20
2.5	Effect van krachtvoerrestrekking op mobilisering van lichaamsreserves .....	22
2.6	Individuele krachtvoerallocatie.....	23
2.7	Energie-efficiëntie in bedrijfseconomisch perspectief .....	25
<b>3.</b>	<b>Bepaling variatie in energieopname en DVEopname</b> .....	<b>27</b>
3.1	Data .....	27
3.2	Screening van de data .....	27
3.3	Berekening van de residuele energieopname .....	28
3.4	Berekening van de residuele DVE-opname .....	31
3.5	Resultaten van de statistische analyse .....	34
<b>4</b>	<b>Bepaling economische consequenties</b> .....	<b>39</b>
4.1	Inleiding .....	39
4.2	Het Basismodel .....	39
4.3	Opzet van de berekeningen.....	43
4.4	Resultaten .....	44
4.4.1	Technische resultaten.....	44
4.4.2	Milieutechnische resultaten.....	48
4.4.3	Economische resultaten.....	50
4.5	Gevoeligheidsanalyses .....	51
4.5.1	Verschil in energie-efficiëntie ten opzichte van de CVB-norm.....	51
4.5.2	Melkprijs.....	52
4.5.3	Krachtvoerprijs.....	53
<b>5.</b>	<b>Discussie</b> .....	<b>55</b>
5.1	Statistische analyse .....	55
5.2	Economische analyse.....	56
<b>6.</b>	<b>Conclusies</b> .....	<b>59</b>
<b>7.</b>	<b>Referenties</b> .....	<b>61</b>





## 1. Inleiding

### 1.1 Aanleiding

Door verschillende factoren heeft in 2007-2008 een scherpe stijging van voerkosten op melkveebedrijven plaatsgevonden. Zowel ruwvoer, bijproducten als krachtvoer hebben verschillende prijsstijgingen doorgemaakt en met de huidige perspectieven zullen voerkosten in de toekomst een grote kostenpost blijven. Het belang van een efficiënte benutting van het voer neemt hierdoor toe. Daarnaast heeft een niet optimale efficiëntie van de benutting van het voer en de daarin aanwezige mineralen op een bedrijf aan de afvoerzijde nadelige effecten. De afvoer van niet benutte mineralen kan afvoerkosten tot gevolg hebben en leidt tot extra belasting van het milieu. Voeren en voederwinning kosten tijd. Met toename van bedrijven die met vreemde arbeid produceren, zal op arbeidsefficiëntie meer nadruk gelegd worden in het bedrijfsmanagement. Het belang van energie-efficiëntie wordt dus steeds groter en de aandacht voor individuele energie-efficiëntie neemt hierdoor toe.

In verschillende onderzoeken is aangetoond dat tussen koeien onderling significante variatie in energie-efficiëntie bestaat. (Korver, 1982, Veerkamp et al., 1994). Energie-efficiëntie wordt vaak gedefinieerd als de melkproductie per hoeveelheid geconsumeerde VEM. (Britt et al., 2002) en wordt beïnvloedt door zowel diereigen (interne) als externe factoren. Een deel van de opgenomen VEM is echter nodig om de koe in haar onderhoudsbehoefte en in andere noodzakelijke processen te voorzien en heeft dus geen invloed op de wijze waarop VEM omgezet wordt in melk. Een koe met hoge productie lijkt hierdoor altijd een betere energie-efficiëntie te hebben dan een koe met een lagere productie. Om gebruik te maken van verschillen in individuele energie-efficiëntie is (residuele) energie-efficiëntie van een koe daarom beter te definiëren als de melkproductie per hoeveelheid geconsumeerde VEM gecorrigeerd voor onderhoudsbehoefte, jeugdgroei, dracht en mobilisering en aanzet van lichaamsreserves.

Op veel melkveebedrijven in Nederland wordt aan het melkvee een basisrantsoen met daarnaast een individuele krachtvoergift verstrekt. De krachtvoergift wordt over het algemeen gebaseerd op een door een voedingsevaluatiesysteem voorspelde energiebalans (Cant, 2005). Verstrekking van krachtvoer wordt na afkalven meestal lineair opgebouwd in ongeveer de eerste weken 3 van de lactatie tot de lactatiepiek, waarna het gift in meeste gevallen constant blijft. Vanaf week 10-14 wordt het krachtvoergift langzaam afgebouwd, in overeenstemming met daling van de melkproductie. (Kokkonen et al, 2004). Deze systemen gaan uit van de gemiddelde energie-efficiëntie en houden geen rekening met individuele variatie. Doordat veranderingen in melkproductie als gevolg van verandering in de krachtvoerallocatie per koe vrij eenvoudig te meten zijn, is de productierespons van een koe op aanpassing van de krachtvoergift te bepalen.

Dynamisch Voeren, een monitoringssysteem dat het economisch optimale krachtvoergift per koe bepaalt aan de hand van veranderingen in melkproductie als gevolg van veranderingen in krachtvoerallocatie, is ontwikkeld en getest door Duinkerken et al. (2003) en Andre et al. (2007). Dynamisch voeren werkt dus met de individuele melkproductierespons op krachtvoer en berekent dus niet de individuele energie-efficiëntie. Andre et al. (2007) geven aan dat de energie-efficiëntie niet noodzakelijk is om het individuele economisch optimaal krachtvoergift te berekenen. De krachtvoergift heeft echter effect op de individuele opname van ruwvoer en daardoor op de optimale samenstelling van het totale rantsoen en het optimale teeltplan van het bedrijf. Om het effect van Dynamisch voeren op bedrijfsniveau te berekenen, is het daarom gewenst de correlatie tussen de respons op krachtvoer en energie-efficiëntie en het effect van Dynamisch voeren op de energieopname te berekenen.

De bedrijfsintensiteit van een melkveebedrijf is van invloed op de economische waarde van energie-efficiëntie. Het economisch rendement van implementatie van individuele krachtvoerallocatie per koe, ofwel van dynamisch voeren (Duinkerken et al., 2003) zal daarom per bedrijf verschillen. Daarnaast zal in 2015 naar grote waarschijnlijkheid het quotasysteem verdwijnen. Dit zal effect hebben op de bedrijfsvoering op melkveebedrijven op de voerstrategie van bedrijven. Door quotering van melk is de nadruk in Nederland gelegd op kostenbeperking. Met verdwijning van het melkquotum zal de nadruk wellicht verschuiven naar optimalisatie van productie.

### *1.2 Doelstellingen*

Dit onderzoek heeft de volgende doelstellingen:

- Bepaling van de gemiddelde energie-efficiëntie van melkkoeien gevoerd met behulp van Dynamisch voeren;
- Bepaling van de correlatie tussen energie-efficiëntie en door Dynamisch voeren berekende responsparameters op krachtvoer;
- Bepaling van de economische consequenties van benutting van de gevonden variatie voor bedrijven verschillend in intensiteit in een situatie met of zonder quotum

### *1.3 Leeswijzer*

Deze thesis start met het geven van de benodigde achtergrond. Door middel van literatuuronderzoek worden de verschillende aspecten van energie-efficiëntie en voeropname kort belicht. Hierbij zullen ook economische aspecten behandeld worden. Vervolgens volgt in hoofdstuk 3 een analyse van individuele energie-efficiëntie op basis van door ASG verstrekte data. Deze analyse wordt ingeleid met een opzet van de berekeningen en afgesloten met resultaten. Deze resultaten worden vervolgens in hoofdstuk 4 gebruikt als uitgangspunt voor berekeningen met het milieutechnisch-economische LP-model van Berentsen en Giesen (1995). De berekeningen geven inzicht in de economische consequenties van benutting van de gevonden variatie bij verschillende bedrijfsintensiteiten

en in de situatie met en zonder quotum. De berekeningen met het LP-model worden opnieuw ingeleid met een opzet van de berekeningen en ook hoofdstuk 4 heeft een eigen paragraaf met resultaten van de berekeningen. Hierna wordt in de discussie ingegaan op zowel de berekeningen van de energie-efficiëntie als op de berekeningen die gedaan zijn met het LP-model. Tot slot volgt een conclusie.



## 2. Energie-efficiëntie en opnamecapaciteit van melkvee

In dit hoofdstuk wordt aan de hand van literatuurstudies gekeken naar de grootte van de variatie tussen koeien en het effect van deze variatie op productie. Allereerst wordt ingegaan op de energiebehoefte van de individuele melkkoe en op de factoren die hierop van invloed zijn. Vervolgens wordt uitgewerkt hoe voeropname gereguleerd wordt. Zowel de diereigen als de externe factoren worden kort toegelicht. Daarna wordt het effect van krachtvoerverstrekking op ruwvoeropname en op melkproductie en melksamenstelling uitgewerkt. Verder wordt kort aandacht besteedt aan mobilisatie van lichaamsreserves en de invloed van krachtvoer op deze mobilisatie. Ten slotte zal kort ingegaan worden op de resultaten van twee experimenten met individuele krachtvoerallocatie.

### 2.1. Energiebehoefte en verdeling

Opgenomen energie in een lacterende koe wordt verdeeld over functies in de volgende voorkeursvolgorde (Glazier, 2002, Oldham and Emmans, 1989):

1. Onderhoud van essentiële metabolische processen
2. Dracht
3. Lactatie
4. Groei tot streefgewicht bij volwassenheid
5. Vetaanzet om streefwaarden metabolische vetreserves te behalen en vet gebruikt voor vetmobilisering aan te vullen

Wanneer voedselbeschikbaarheid gelimiteerd is, zal lichaamsonderhoud (homeostasis en overleving) voorrang krijgen boven eigenschappen gerelateerd aan productie, reproductie of groei (Glazier, 2002). Door verschillen in onder andere productiepotentieel, lactatiestadium, stadium van dracht en streefwaarde voor vetaanzet verschilt energiebehoefte en energieverdeling over bovenstaande functies per dier en verschilt de energiebehoefte van een dier tijdens de verschillende periodes van lactatie en van dracht.

#### 2.1.1 Onderhoud voor essentiële metabolische processen

Totale energieopname heeft genetische correlaties met lichaamsgewicht en hieraan gerelateerde kenmerken. Dit indiceert dat grotere koeien meer energie opnemen. Hoe groter de koe, hoe meer energie nodig is voor onderhoudsprocessen. De toename in energieopname van grotere koeien, is in de eerste plaats het resultaat van hogere onderhoudsbehoeften en gaat niet samen met winst in melkproductie (Parke et al., 1995, Veerkamp et al., 1994). Het CVB werkt met een energiebehoefte voor onderhoud van:

$$VEM_{\text{onderhoud}} = 42,4 * LG^{0.75} \quad (2.1)$$

Waarin:

VEM<sub>onderhoud</sub>: behoefte in VEM per dag. 1 VEM komt overeen met 1,65 KCal en met 6,9069 \* 10<sup>3</sup> MJ NE<sup>1</sup>

LG: Lichaamsgewicht in kg

Dit komt voor een dier van 650 kg neer op een energiebehoefte voor onderhoud van 5.323 VEM per dag. Het CVB hanteert een 15% hogere energiebehoefte voor onderhoud bij weidegang, onder andere door de langere afstanden die koeien moeten afleggen in de weideperiode.

### 2.1.2 Dracht

Energiebehoefte voor dracht neemt geleidelijk toe en neemt vanaf maand 8 sterk toe (tabel 1). Vanaf deze maand gaat de dracht gaat over het algemeen gepaard met een sterke daling in het melkgift. Vaak worden koeien de laatste 1-2 maanden droog gezet, zodat geen energie meer aan melkproductie besteed hoeft te worden.

Tabel 2.1: Energiebehoefte voor dracht (MJ NE<sup>1</sup> per maand dracht)

Maand	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Energiebehoefte in MJ NE <sup>1</sup> *dag <sup>-1</sup>	.00	.00	.37	1.41	3.17	5.63	8.80	12.68	17.26

### 2.1.3 Lactatie

Energiebehoefte voor melkproductie is in het begin van de lactatie substantieel hoger dan later in de lactatie. Het CVB hanteert voor energiebehoefte voor melk een formule met een kwadratisch effect in de vereiste energieopname voor melkproductie. Een hogere melkproductie vereist relatief gezien een hogere energieopname per kg geproduceerde melk, met name doordat een hogere energieopname leidt tot een lagere nutriëntenadsorptie in de pens en het maag-darmkanaal (CVB, 2007):

$$VEM_{\text{productie}} = 440 * CM + 0,73 * CM^2 \quad (2.2)$$

Waarin:

VEM<sub>productie</sub>: Energiebehoefte in VEM per dag

CM: Melkgift in kg per dag in meetmelk

Broster en Broster (1984) concluderen dat op korte termijn, bij verstrekking van een normaal rantsoen, een verandering in de opname van 1 MJ metaboliseerbare energie leidt tot een toename van 0,1 l melk inclusief 0,01 kg melkcomponenten (exclusief vet).

De productiepotentieel varieert per koe en is onder andere afhankelijk van de opnamecapaciteit van de koe, de regulatie van verschillende hormonen die melkproductie

beïnvloeden (Horan et al., 2006) en met name in de eerste twee lactaties, van de capaciteit van het uier (Beever, 1991). In de eerste 6-12 weken van de lactatie is voeropname limiterend en kan het dier enkel door voeropname niet aan haar totale energiebehoefte voldoen (Beever., 2003). Lichaamsreserves van het dier worden dan bijgezet om aan de energiebehoefte te voldoen.

#### 2.1.4 Groei tot streefgewicht

Indien de nutriënten aanwezig zijn, groeien koeien in het eerste en tweede jaar van hun lactatie door tot hun streefgewicht. Het CVB hanteert een gemiddeld gewicht voor een HF vaars van 540 kg en voor een volwassen HF koe van 650 kg. Het CVB rekent naast een energietoeslag in VEM ook met een eiwit toeslag in gram Darm verteerbaar eiwit (g DVE) per dag in de eerste 2 lactaties om tot het volwassen streefgewicht van 650 kg te komen (tabel 2).

Tabel 2: VEM en DVE toeslagen tijdens lactatie voor jong melkvee

	Lichaamsgewicht gemiddeld	Toeslag per dag	
		VEM	g DVE
1 <sup>e</sup> lactatie	540 kg	660	37
2 <sup>e</sup> lactatie	595 kg	330	19

#### 2.1.5 Vetaanzet

De gestreefde vetaanzet wordt over het algemeen alleen bereikt wanneer ad libitum hoge kwaliteit voer aan de koeien wordt verstrekt. Dit gebeurt over het algemeen in de praktijk niet. De meeste melkveehouders beschouwen koeien met een dergelijke hoeveelheid vetaanzet als onwenselijk door onder andere verhoogde kans op problemen als melkziekte na afkalven. HF koeien worden erg dik wanneer zij ad libitum toegang hebben tot hoge kwaliteit voer en groeien door tot een gewicht rond de 700 kg (Forbes, 2007). Vetaanzet verschilt substantieel tussen koeien en kan variëren van extreem hoge tot extreem lage waarden. Behoeft tot vetaanzet varieert daarnaast per lactatiestadium (Oldham en Emmans, 2002). Een koe kan wanneer zij niet aan haar energiebehoefte kan voldoen, energie mobiliseren uit vetweefsel of uit eiwitten afkomstig van spierweefsels. Tussen koeien zitten grote verschillen in de mate waarop zij hun lichaamsreserves gebruiken voor melkproductie. De mate van mobilisering is sterk gecorreleerd aan melkproductiepotentieel (Oldham en Emmans, 1989). Over het algemeen geldt hoe hoger het productiepotentieel, hoe hoger mobilisering van lichaamsreserves. Oldham en Emmans (1988) rapporteren een gemiddelde mobilisering van lichaamseiwit van 0,3% van het totale lichaamseiwit per dag, met maxima voor mobilisering van 3% per dag. Meer dan 25% van het lichaamseiwit kan worden gemobiliseerd om melkproductie te ondersteunen (Oldham en Emmans, 1988). Baldwin et al. (1987) vonden voor vetmobilisering maxima van 2.2 kg vet/dag. Over het algemeen vindt vetmobilisering

plaats in de eerste 6-12 weken en worden de gemobiliseerde vetreserves vanaf week 18 weer aangevuld (Beever, 2007).

## *2.2 Voeropnameregulatie*

Een koe zal aan de hand van haar energiebehoefte proberen voer op te nemen om aan deze energiebehoefte te kunnen voldoen. Energiebehoefte is echter niet de enige factor van invloed op de regulatie van voeropname. Voeropname is een combinatie van fysische en metabolische factoren. Fysische factoren zijn voornamelijk gerelateerd aan de capaciteit van het maagdarmkanaal, voerkwaliteit en de snelheid van degradatie en passage. Van de verschillende voereigenschappen die effect hebben op de voeropname, is hoeveelheid onverteerbare droge stof de belangrijkste factor. Metabolische controlemechanismen bestaan uit feedback van eindproducten op de vertering en feedback op het metabolisme door neurale receptoren in het brein (Chase, 2007). De precieze controlemechanismen zijn complex en nog niet precies bekend. De Minimal Total Discomfort Theory van Forbes (2007) is een vrij recente theorie waarin verondersteld wordt dat dieren eten volgens een integratie van negatieve en positieve signalen van receptoren, waaronder neurale receptoren, maag en lever receptoren, metabolische receptoren en receptoren in vetweefsels. Deze signalen genereren zogenaamde discomforts. De discomforts worden samen opgeteld om een geïntegreerd signaal in het dier te leveren wat het dier de sensorische eigenschappen van het betreffende voer leert (Forbes, 2007). MTD is geen voorspellingsmodel maar een onderzoekstool om te begrijpen hoe opname en selectie zouden kunnen worden beheerst.

### *2.2.1 Invloed van lactatienummer en dracht op voeropname*

Koeien bereiken in hun tweede lactatie hun volledige opnamecapaciteit. De opnamecapaciteit van een eerstekalfs koe, gekalfd op tweejarige leeftijd (500 kg) is slechts rond de 80% van de capaciteit van meerkalfse koeien (Jarrige et al., 1986). Voeropname neemt later in de dracht af onder invloed van fysische en endocriene factoren (Forbes, 2007). Compressie van de van pensruimte door de groeiende foetus kan leiden tot limitering van de opnamecapaciteit (Forbes, 1986). Ingvarsten en Andersen (2000) suggereren dat energieopname laat in dracht wordt beïnvloed door oestrogenen. Opname van krachtvoer wordt sterker beïnvloed door oestrogenen dan ruwvoeropname. Uit experimenten van Ingvarsten en Andersen (2000) waarin voeropname van koeien laat in dracht een rantsoen met een hoge energiedichtheid (hogere concentratie krachtvoer) gevoerd werd en waar een tweede groep koeien, tevens laat in dracht, een rantsoen met een lagere energiedichtheid (hogere concentratie ruwvoer) gevoerd werd, bleek dat totale energieopname van de koeien met het rantsoen met hogere energiedichtheid lager is dan dat van de koeien gevoerd met het rantsoen met lagere energiedichtheid. Ondanks dat penscompressie een kleinere rol zou moeten spelen in het rantsoen met hogere energiedichtheid, is de totale afname van energieopname hoger in dit rantsoen. Afname van de voeropname laat in dracht kan dus niet enkel een gevolg zijn van penscompressie. Onderzoek van Bargeloh et al. (1975) waarin blokkering van de



oestrogenactivatie zorgde voor hogere opnames van krachtvoer dan in de controlegroep ondersteunen de suggestie van Ingvarlsen en Andersen (2000).

### 2.2.2 *Omgevingsfactoren voeropname*

In zijn boek '*Voluntary Food Intake*' (2007) geeft Forbes een overzicht van de externe factoren die vrijwillige voeropname beïnvloeden. Belangrijkste factoren zijn de voereigenschappen, de manier van verstrekking en voerfrequentie van het gevoerde voer. Extreme hitte en kou kunnen zorgen dat dieren meer energie nodig hebben om aan hun onderhoudsbehoeften te voldoen. Daarnaast kunnen hittestress door hoge temperaturen of hogere temperaturen gecombineerd met hoge luchtvochtigheid leiden tot een depressie in voeropname omdat dieren hun overvloedige lichaamswarmte niet kwijt kunnen raken. Toegenomen mobiliteit wanneer koeien lange afstanden moeten lopen (lange looplijnen) verhoogt de energiebehoefte en daarmee de voeropname. Overbezetting van meer dan 30% (afhankelijk van managementfactoren mogelijk al bij een lager percentage), kan voeropname negatief beïnvloeden. Daarnaast zorgt overbezetting voor een afname van het aantal maaltijden en een toename van de hoeveelheid opgenomen energie per tijdseenheid. Dit heeft een negatief effect op de nutriëntenadsorptie. Ook sociale stress en ziekte hebben een negatief effect op voeropname. Verder kan smaak de voeropname op korte termijn beïnvloeden.

### 2.2.3 *Het modelleren van voeropname*

Krachtvoer wordt over het algemeen beperkt verstrekt en de melkveehouder is in dat geval op de hoogte van het verstrekte krachtvoergif. Ruwvoer is vaak lastiger te bepalen omdat in veel systemen onbeperkt ruwvoer aan de koeien verstrekt wordt. (Oldham en Emmans, 1989). Men werkt daarom in veel gevallen met een benadering van de ruwvoeropname. In de loop van de jaren zijn verschillende modellen ontwikkeld om voeropname te kunnen voorspellen. Elk model werkt met modelspecifieke inputfactoren, maar de belangrijkste inputfactoren zijn voor alle modellen gelijk. De belangrijkste inputfactoren zijn voerkwaliteit, gewicht, lactatiestadium en stadium van dracht. Naast deze inputfactoren, wordt melkproductie in diverse modellen als één van de belangrijkste inputfactoren gebruikt, onder andere in het Franse INRA model (Jarrige et al., 1986), het Nederlandse koemodel 2002 (Zom et al.) en het Amerikaanse NRC 2001 (National Academy Press, 2001). Deze modellen geven over het algemeen een vrij goede voorspelling van de werkelijke voeropname (Forbes, 2007). Verschillende onderzoekers beschouwen het hanteren van melkproductie als inputfactor echter als een nadeel. Melkproductie vormt in feite een deel van de productierespons op voeropname en dient dus als outputfactor beschouwd te worden (Beever et al., 1991, Forbes, 2007). Onder andere door Rook et al. (1990), Bruce et al., (1984) en Baldwin et al. (1987) zijn modellen ontwikkeld die de melkproductierespons van het dier voorspellen aan de hand van de voorspelde opname van nutriënten. Het blijkt lastig om alle factoren van invloed op voeropname en melkrespons mee te nemen in de modellen en deze modellen geven dan ook

relatief matige beschrijvingen van de werkelijkheid (Beever et al., 1991, Forbes, 2007). Beever et al. (1991) concluderen daarom dat er nog ruimte is voor verbetering van de modellen.

#### *2.2.4 Variatie in energie-efficiëntie en voeropnamecapaciteit*

Energie-efficiëntie is de efficiëntie waarmee een dier 1 kg DS voer omzet in een bepaald aantal kg DS product. Hoe efficiënter een dier in haar voerefficiëntie, hoe meer kg DS product een dier kan produceren uit 1 kg DS voer. De belangrijkste factor van invloed op energie-efficiëntie is de rantsoensamenstelling. Rantsoenen met een niet optimale samenstelling hebben een negatieve invloed op de PH en de bacteriepopulaties in de pens. Dit leidt tot een slechte vertering en lagere energie-efficiëntie (Beever et al., 2007). Daarnaast leidt een te hoge of te lage passagetijd van de nutriënten in de pens en het darmkanaal tot een verminderde mogelijkheid tot vertering en adsorptie, wat een negatief effect heeft op de energie-efficiëntie (Beever et al., 2007).

Een deel van de opgenomen energie is nodig om de koe in haar onderhoudsbehoefte te voorzien en heeft geen invloed op de wijze waarop metaboliseerbare energie omgezet kan worden in product. Wanneer twee koeien met gelijke melkproductie van verschillend grootte, zal de kleinere koe, ongeacht de wijze waarop deze koe haar voer omzet, altijd als meest efficiënt beoordeeld worden. De onderhoudsbehoefte van een koe zelf verschilt daarnaast gedurende de lactatie sterk. Om gebruik te maken van verschillen in individuele energie-efficiëntie is, kan daarom beter gewerkt worden met residuele energie-efficiëntie. Residuele energie-efficiëntie is te definiëren als de benodigde hoeveelheid op te nemen energie (bijvoorbeeld in VEM of MJ) gecorrigeerd voor onderhoud, jeugdgroei, dracht en energiemobilisatie uit lichaamsreserves die nodig is voor de productie van 1 kg (meet)melk (van Arendonck et al., 1991). De residuele energie-efficiëntie is lastig te bepalen in het eerste deel van de lactatie door bijkomstigheid van allerlei factoren waaronder benutting van eigen lichaamsreserves. In de mate waarin een dier zijn lichaamsreserves benut, is zoals eerder genoemd, grote variatie. (Beever, 2003). Beever (2003) onderzocht het energiemetabolisme in koeien in een 6-week interval tussen week 6 en 30 van lactatie aan de hand van bepaling van kg meetmelkproductie per kg gevoerde DS. De koeien hadden ad libitum toegang tot een rantsoen met een gemeten ME dichtheid van 12 MJ ME per kg DS. Vóór correctie voor mobilisering van lichaamsreserves of aanzet van lichaamsreserves, was de omzetting van 1 kg DS in kg meetmelk in een range van 1.95 tot 1.47 kg meetmelk per kg gevoerde DS. Koeien met een productie van respectievelijk gemiddeld 50kg meetmelk per dag behaalden gemiddeld een omzetting van 1.95 kg melk per kg DS en koeien met een productie van gemiddeld 30 kg meetmelk per dag behaalden gemiddeld een omzetting van 1.47kg meetmelk per kg DS. De gemiddelde omzetting bedroeg 1,67 kg meetmelk per kg gevoerde DS. Na correctie van melkproductie uit mobilisatie van lichaamsreserves in vroege lactatie en gebruik van opgenomen energie om lichaamreserves te herstellen, gebaseerd op de

Australische aannames van energie metabolisme in runderen (AFRC 1993) bleek verschil in energieomzetting per kg meetmelk een kleinere range te hebben. De koeien die 50 kg melk per dag produceerden behaalden een gemiddelde omzetting van 1.91 kg meetmelk per kg gevoerde DS. Koeien met een melkproductie van 30-35 kg melk per dag behaalden een gemiddelde omzetting van 1,71 kg meetmelk per kg DS. Dit benadrukt het belang van correctie voor aanzet en mobilisering van lichaamsreserves en ondanks de kleinere range suggereert dit dat er een mogelijkheid is voor verbetering van de effectiviteit waarmee energie omgezet wordt. Residuele energie-efficiëntie is gedeeltelijk erfelijk bepaald en sterk positief gerelateerd aan melkproductie (Arendonck et al., 1991). Arendonk et al. (1991) vonden erfelijkheid voor residuele energie-efficiëntie van 0.19.

Naast de sterke positieve relatie tussen residuele energie-efficiëntie en melkproductie, is residuele energie-efficiëntie positief gerelateerd aan energieopname. Dieren met een hogere energieopname, ongeacht lichaamsgrootte, blijken in staat om marginaal meer melk per unit opgenomen energie te kunnen produceren, daarmee de residuele energie-efficiëntie verhogend. (Parke et al., 1995). Hoogproductieve koeien hebben een hogere totale opname van energie en DS, een hogere opname van DS per maaltijd en vertonen meer kauwbewegingen per minuut (Parke et al., 1995).

In verschillende onderzoeken is naar voren gekomen dat behoorlijke variatie bestaat in de opnamecapaciteit van koeien. (Jarrige, 1986, Ingvarsten, 1994, Veerkamp et al., 1994; Huthanen et al., 2008). Omdat krachtvoergiften over het algemeen vaststaan per koe, komt de grootste variatie in DS opname uit variatie in de opname van ruwvoer. Uit een uitgebreide literatuurstudie concluderen Jarrige et al. (1986) dat er een range in ruwvoeropname is van 70-140g DS/kg lichaamsgewicht.

### *2.3 Ruwvoersubstitutie*

DS opname, en daaraan gerelateerd energie-opname, wordt sterk beïnvloed door de hoeveelheid en samenstelling van het krachtvoer en mogelijke interacties tussen krachtvoerverstrekking en ruwvoer opnamecapaciteit. De verandering in DS opname van ruwvoer per kg extra krachtvoer wordt substitutieniveau genoemd. Samenstelling van zowel het krachtvoer als het ruwvoer, heeft invloed op het substitutieniveau van ruwvoer.

Hoe hoger de ruwvoerkwaliteit, hoe groter de verlaging in DS opname van ruwvoer bij verstrekking van extra krachtvoer (Bines, 1976). Dit suggereert dat fysische beperkingen voeropname bij de substitutie van slechte tot matige kwaliteit ruwvoer beheersen terwijl bij goede kwaliteit ruwvoer voeropname voornamelijk metabolisch gereguleerd wordt.

Ook de hoeveelheid krachtvoer dat verstrekt wordt in het rantsoen heeft ook invloed op het substitutieniveau. Een toename van krachtvoer veroorzaakt een afname van de digestie van

ruwvoer in de pens, veroorzaakt door effecten van snel gefermenteerd zetmeel op vezelvertering. (Forbes, 2007). Het ruwvoer substitutieniveau is daarom hoger bij hoge krachtvoergiften dan bij lagere krachtvoergiften. Huthanen et al. (2008) vonden een sterk curvilineair effect van grootte van het krachtgift op ruwvoeropname ( $P < 0,001$ ). De effecten van krachtvoer op de penswerking zijn minder negatief wanneer het krachtvoer meer vezels bevat. Vezelrijke krachtvoerders geven daarom een lager substitutieniveau dan krachtvoerders met weinig vezels (Jarrige, 1986; Faverdin et al., 1991).

Jarrige et al. (1986) ontwikkelden een systeem waarin het effect van het kwaliteit van het ruwvoer op het substitutieniveau verwerkt is. Alle ruwvoerders kunnen omgezet worden in een zogenaamd referentievoer met vastgestelde effecten op DS opname. Dit referentievoer heeft de vulwaarde 1. Jarrige et al. (1986) kozen als referentievoer graskuil. Ruwvoerders met slechte verteerbaarheid zoals hooi krijgen een grotere vulwaarde dan 1 terwijl maiskuil bijvoorbeeld een vulwaarde heeft van 0,7 of zelfs lagere vulwaarden kan hebben.

Vulwaarde wordt berekend als:

$$FFV = 122,6 / \text{VDMI} / \text{kg BW}^{0,75} \quad (2.3)$$

Waarin:

FFV: Vulwaarde van het ruwvoer (kg DS)

VDMI: Vrijwillige voeropname van het ruwvoer

BW: Lichaamsgewicht

Met behulp van de vulwaarden komen Jarrige et al. (1986) met de volgende formule voor substitutieniveau:

$$S = 0,673 + 1,134 \text{ OMD} - 0,0665 \text{ FFV} + 126,2 \text{ PC} - 118,2 \text{ PC}^2 \quad (2.4)$$

Waarin:

S: substitutieniveau

OMD: verteerbaarheid van organische stof in het ruwvoer (g/g DS)

en gebaseerd is op opname van DS/dier

BW: lichaamsgewicht van het dier in kg

PC: proportie krachtvoer in het rantsoen

Naast dat voereigenschappen invloed hebben op het substitutieniveau, zijn er ook een aantal diergebonden factoren die invloed hebben op het substitutieniveau zoals melkproductie en conditiescore. Voor de dieren met een hoog productieniveau is DS opname limiterend en zij kunnen in hun energieopname uit DS nog niet aan hun totale energiebehoeften voldoen. Substitutie van ruwvoer met krachtvoer geeft hen de mogelijkheid hun energieopname te verhogen. Dieren met een hoge productie hebben daarom een relatief laag substitutieniveau.

Een koe heeft, wanneer zij aan energiebehoefte voor melkproductie heeft voldaan, afhankelijk van in hoeverre zij haar streefwaarde voor vetaanzet heeft bereikt, een energiebehoefte voor aanzet van lichaamsvet. Dieren met een groter verschil tussen streefgewicht en conditiescore hebben, bij gelijke melkproductie, meer energie nodig om aan hun energiebehoefte te voldoen. Faverdin et al. (1991) vonden na analysering van hun resultaten significante relaties tussen substitutieniveau en conditiescore. Bij toename van conditiescore nam het substitutieniveau toe. Faverdin et al. (1991) omschreven de relaties tussen substitutieniveau en melkproductie en substitutieniveau en conditiescore (uitgedrukt als energiebalans) als volgt:

$$\text{Substitutieniveau} = 0,7 - 0,11 \text{ dMP} \quad (2.5)$$

$$\text{Substitutieniveau} = 0,50 + 0,14 \text{ EB} \quad (2.6)$$

Waarin:

dMP: de verandering in melkproductie tussen verstrekking van het lage krachtvoergift (2kg) en het hoge krachtvoergift (6kg)

EB: de energie balans in UFL ( waarde te herleiden uit het verschil tussen gewenste en geobserveerde lichaamsconditie (Faverdin, 1991))

Substitutieniveaus zijn over het algemeen lager in graassystemen, doordat factoren in het rantsoen zoals fysische bulk en de relatief langzame opname van voer van grazende koeien de opname van koeien kunnen beperken. (Kennedy et al., 2003).

#### *2.4 Effect van het rantsoen op melksamenstelling*

Melkproductie en –samenstelling wordt door zowel diereigen factoren als invloeden van buitenaf beïnvloed. Invloeden van buitenaf zijn met name gerelateerd aan de rantsoensamenstelling. Diereigen factoren zijn genetische aanleg voor melkproductie en productie van melkcomponenten, leeftijd, nummer van lactatie en dracht. Verandering in melkproductie bij substitutie door krachtvoer is gerelateerd aan de kwaliteit van het ruwvoer waarvoor gesubstitueerd wordt. Hoe hoger de kwaliteit van het ruwvoer, hoe minder hoog de stijging in melkproductie. Melkproductie en eiwit- en vetpercentages gedurende de lactatie zijn gerelateerd. De vet- en eiwitpercentages nemen af in vroege lactatie terwijl melkproductie omhoog gaat. Na de piekproductie nemen de percentages langzaam weer toe tot het eind van de lactatie (De Groen, 1989). Metingen van het effect van verhoging van het krachtvoergift op de melksamenstelling concluderen (naast ad lib ruwvoerverstrekking) in de meeste gevallen een lichte stijging van het eiwit- en lactosegehalte in melk. Het vetgehalte blijft over het algemeen gelijk. De stijging van het eiwit- en lactosegehalte is al te zien bij verstrekking van relatief lage krachtvoergiften en neemt toe bij verhoging van de krachtvoergiften. Resultaten van Faverdin (1991) tonen significante stijging van het eiwitgehalte bij verstrekking van een laag krachtvoergift (2kg DS krachtvoer) en een hoog

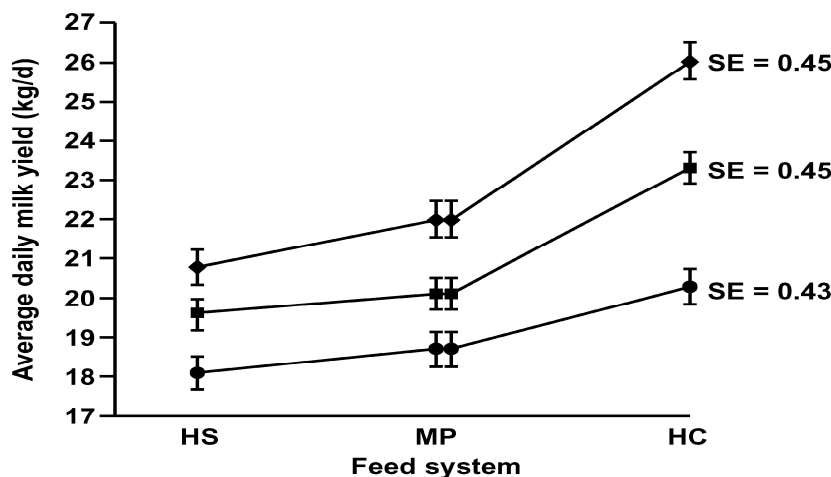
krachtvoergif (6 kg DS krachtvoer) van respectievelijk 0.2g extra eiwit per kg melk en 1.4g extra eiwit per kg melk ten opzichte van de eiwitgehalten vóór verstrekking van een krachtvoergif. Resultaten bij krachtvoerverstrekking in graassystemen geven over het algemeen naast de (lichte) stijging in eiwit- en lactosegehalten een lichte daling van de vetgehalten. Deze daling is licht toenemend bij een groeiend krachtvoergif (Faverdin et al., 2004; Robinson et al., 1997) met een nog steeds hoger totaal kg vet in de geproduceerde melk. Extreme krachtvoergiften leiden tot een sterke daling van het vetgehalte (Robinson et al., 2004). Er zijn enkele bepalingen van de partiële efficiëntie van de melkcomponentensynthese. Chwalibog (1991) vond efficiënties van 54% voor melklactose en eiwit en efficiënties tot 82% voor melkvet. Chwalibog (1991) rapporteren een toename van de individuele variatie in vetgehalte bij een toename in de opgenomen hoeveelheid verteerbare energie. De gemiddelde toename in opgenomen verteerbare energie leidde tot een kleine daling in de gemiddelde vetgehalten (0.3g per kg/liter meetmelk).

### *2.5 Effect van krachtvoerverstrekking op mobilisering van lichaamsreserves*

Mobilisering van lichaamsreserves verhoogt het risico op stofwisselingsziekten en vruchtbaarheidsproblemen (Pherson, 1966; Baird, 1982) en het is daarom gewenst om de mobilisering van reserves en de periode waarin mobilisering van reserves plaatsvindt te beperken. Krachtvoerverstrekking in het begin van de lactatie leidt tot een hogere melkproductie, maar leidt over het algemeen niet tot een verschil in de mate van mobilisering van koeien waaraan geen krachtvoer verstrekt wordt (Roche et al., 2006). Horan et al. (2006) vonden echter wel een afname van de tijd waarin mobilisering van lichaamsreserves plaatsvond wanneer in graassystemen krachtvoer verstrekt werd. Als verklaring hiervoor suggereren Horan et al. (2006) dat krachtvoer herstel van Groeihormoonreceptoren (GHR) in grazende koeien aan kan sturen. Groeihormoon (GH) is één van de hormonen die na afkalving gluconeogenese en mobilisering van vet faciliteert. Door deze mobilisering kan extra melk geproduceerd worden. GH kan zich binden aan Groeihormoonreceptoren (GHR). De GHR initiëren een negatieve feedback op de afgifte van GH. Dit leidt tot een daling in de concentratie GH. De concentratie GHR in postpartum koeien is verlaagd en begint zich na ongeveer 3 weken bij verstrekking van TMR rantsoenen weer te herstellen (Kobayashi et al., 1999). In graassystemen blijkt dit herstel pas na 4-8 weken op gang te komen (Roche et al., 2006). De aanwezigheid van GHR neemt toe met een toenemende plasma insuline concentratie. (Rhoads et al. 2004). Krachtvoer veroorzaakt een verandering in de pensfermentatie van een acetaat-dominante naar een propionzuurdominante fermentatie (van Soest, 1994). Een hogere propionzuurproductie wordt verwacht te leiden tot een toename in insuline secretie. Dit resulteert mogelijk dus in een eerder herstel van de concentratie GHR (Horan et al., 2006).

## 2.6 Individuele krachtvoerallocatie

In Oceanie en Ierland is de laatste jaren in graassystemen onderzoek gedaan naar krachtvoerverstrekking aan koeien van lijnen met verschillende genetische aanleg voor melkproductie. Aan de hand van verschillen in productie-efficiëntie van de veestapel is geprobeerd vast te stellen of het economisch aantrekkelijk is om krachtvoer te aan de koeien verstrekken. Horan et al. (2005) vergeleken de productierespons van drie verschillende HF lijnen met verschillende fokwaarden voor productie. Zij noemden de lijnen 'Noord Amerika Hoge Productiviteit' (gefokt op hoge productie, hoogste productie), 'Noord-Amerika Hoge Duurzaamheid' (gefokt op duurzaamheid, gemiddelde productie) en 'Nieuw Zeeland' (gefokt op andere kenmerken zoals vruchtbaarheid, laagste productie). De Nieuw Zeelandse lijn bleek een lagere productierespons in op verstrekking van krachtvoer te hebben dan de overige twee lijnen (figuur 1). Daarnaast bestudeerden Horan et al. (2005) in deze studie het effect van het systeem waarin de dieren gehouden werden op de productie efficiëntie van de verschillende lijnen.



Figuur 1. Effect van interactie tussen krachtvoerverstrekking op melkproductie bij 3 verschillende lijnen HF koeien ( hoge productie (bovenste lijn), grote duurzaamheid (middelste lijn) en Nieuw Zeeland (onderste lijn)) in 3 verschillende managementsystemen (HS = high stocking rate (hoge bezettingsgraad), MP = high grass (dag en nacht graassysteem), HC = high concentrate (hoog krachtvoergift)). SE is de in de proef gevonden standaarddeviatie per voersysteem. (Horan et al., 2005) MP is een graassysteem waarin een laag krachtvoergift wordt verstrekt van 376 kg DS per koe/jaar, HC is een graassysteem waarin een krachtvoergift van 1540 kg DS per koe/jaar wordt verstrekt.

Horan et al. (2005) concluderen na een economische analyse dat met huidige perspectieven het economisch gezien het meest rendabel is om koeien met een hoge fokwaarde voor melkproductie een hoog krachtvoergift (1540 kg DS per lactatie/koe) te verstrekken en koeien met een lage fokwaarde voor melkproductie slechts een laag krachtvoergift (376kg DS per lactatie/koe) te verstrekken.

Uit onderzoek van Garcia et al. (2007) blijken koeien die individueel krachtvoer verstrekt krijgen een hogere melk- en melkcomponentenproductie te hebben ten opzichte van de

controlegroep. Een groep van 23 koeien (allen 49-79 dagen in lactatie) werd naar behoefte individueel krachtvoer verstrekt (3-7 kg per koe per dag). Aan de controlegroep van 23 koeien (ook 49-79 dagen in lactatie) werd een vast krachtvoergift per koe (5 kg per koe per dag) verstrekt. Beide groepen hadden toegang tot verse luzerne en beperkte mogelijkheid tot opname van maïskuil. Het totaal verstrekte kg krachtvoergift verdeeld over beide groepen, was gelijk. De groep met individuele krachtvoerverstrekking had een significant hogere melkproductie (3%) en hogere productie van melkcomponenten (7%) dan de groep met het vaste krachtvoergift. De stijging van melkcomponenten bestond voornamelijk uit een stijging van het vetpercentage in de melk. Het eiwitpercentage in de melk bleef nagenoeg gelijk. De totale nutriëntenopname van beide groepen was gelijk. Garcia et al. (2007) suggereren dat de hogere melkcomponenten productie het gevolg was van een betere rantsoenbalans dan de rantsoenbalans van de controlegroep. De minder productieve koeien namen relatief meer krachtvoer op in de controlegroep dan in de groep waarin individueel krachtvoer verstrekt werd. Daarnaast hadden de hoogproductieve koeien een relatief hogere energieopname per koe in de groep van individuele krachtvoerallocatie dan in de controlegroep. Deze dieren hadden naast een hogere opname van krachtvoer een hogere opname van maïskuil, de graastijd en de opname van luzerne daalden licht. De dieren van de controle groep en de groep met individuele krachtvoerallocatie verloren in de periode van het experiment (5 weken) in vergelijkbare mate lichaamsgewicht.

### *2.7 Energie-efficiëntie in bedrijfseconomisch perspectief*

Door quotering van melk is de nadruk in Nederland gelegd op kostenbeperking. Met verdwijning van het melkquotum zal de nadruk wellicht verschuiven naar optimalisatie van productie. Door de verschuiving naar optimalisatie van productie, kan het bijvoorbeeld voor bedrijven nog aantrekkelijker worden een hogere productie per koe te realiseren, ook al leidt dit tot hogere voerkosten per koe. Op basis van een uitgebreide literatuurstudie concludeert vanderHaar (1998) vanuit het perspectief van de Amerikaanse melkveehouderij, waar geen quotumrestricties gelden, dat een hogere melkproductie per koe leidt tot een hogere rendabiliteit. Volgens vanderHaar leidt een melkproductie tot 15.000 kg per jaar (3,5% vet, 3% eiwit dus gelijk aan 13.845kg meetmelk per jaar) tot de hoogste winst in biologische efficiëntie per unit. Dit zorgt immers voor 'Dilution of maintenance' omdat per unit gebruikte energie relatief steeds minder energie voor onderhoud gebruikt wordt. De door vanderHaar (1998) gedefinieerde biologische efficiëntie komt overeen met de definitie die in deze scriptie gehanteerd wordt voor (bruto) energie-efficiëntie. Een hogere melkproductie vereist een hogere energie-opname. Bij een hogere energie opname kunnen nutriënten, zoals eerder genoemd, minder efficiënt worden geabsorbeerd. Een toename van melkproductie tot 21.000 kg melk per jaar (gelijk aan 19.383 kg meetmelk per jaar) leidt volgens vanderHaar wanneer alle effecten op nutriëntenadsorptie en op 'dilution of maintenance' worden meegenomen, waarschijnlijk niet langer tot verdere winst in biologische efficiëntie maar zorgt ondanks de over het algemeen relatief hoge voerkosten tot een hogere rendabiliteit omdat door deze toename in productiviteit de vaste kosten worden verlaagd ten opzichte van de totale kosten.



De melkprijs zal naar verwachting met 5-15% gaan dalen (Zijlstra et al.,2008). Een lagere melkprijs zal effect hebben op de productiestrategie van melkveehouders. Om met de lagere melkopbrengsten rendabel te kunnen opereren, zal de melkveehouderij na de geleidelijke schaalvergroting in het verleden, naar verwachting een nieuwe ronde van schaalvergroting doormaken. Wanneer bedrijven groter worden, kan een investering in bijvoorbeeld een krachtvoersysteem wellicht intensiever en efficiënter gebruikt worden. De rendabiliteit van een individueel krachtvoersysteem wordt in dergelijke situaties hoger en investering in een individueel krachtvoerallocatiesysteem zal wellicht aantrekkelijker zijn.



### 3. Bepaling variatie in energie-opname per kg meetmelk

Dit hoofdstuk begint met een overzicht van de dataset en met een toelichting op de screening en analyse van de data. Vervolgens wordt ingegaan op de berekeningen die gebruikt zijn om de energie- en DVE-opname te bepalen. Om te kunnen bepalen of de dieren met behulp van Dynamisch voeren niet onder de individuele DVE-behoefte zijn gevoerd, is naast een bepaling van de individuele energie-opname een bepaling van de individuele DVE-opname gedaan. De energie-efficiëntie, die in het literatuuronderzoek besproken is, is de reciproque van energie-opname. Omdat in dit onderzoek verder vooral ingegaan wordt op de bepaling van het verschil in energie-opname tussen koeien is besloten met opname in plaats van efficiëntie te werken. Dit hoofdstuk wordt afgesloten met een overzicht van de resultaten van de statistische analyses.

#### 3.1 Data

De gegevens die zijn geanalyseerd, zijn afkomstig uit een database met dagelijkse metingen van melkproductie, lichaamsgewicht, ruwvoer- en krachtvoeropname van 91 koeien, verzameld op het High-Tech proefbedrijf van ASG Lelystad in de periode 30 juni 2006 tot 1 januari 2007. Van 11 koeien zijn gegevens verzameld uit 2 verschillende lactaties. Tijdens de droogstand zijn geen gegevens geregistreerd. De koeien hadden tijdens de meetperiode een gemiddelde melkproductie van 29.31 kg melk per dag met een vetpercentage van 4,42% en een eiwitpercentage van 3,54% bij een gemiddelde melkfrequentie van 2,5 keer per dag (Andre et al., 2007).

Een mengsel van ruwvoer en sojameel werd tijdens de meetperiode dagelijks ad libitum verstrekt aan de koeien. Het ruwvoer bestond uit graskuil en snijmaïs (tabel 3.1). Daarnaast werd sojameel verstrekt, aangevuld met een commerciële krachtvoermix (simplimix, tabel 3.1). In de eerste 90 lactatiedagen was de ratio tussen snijmaïs, graskuil en sojameel 13:4:3 op droge stof basis. Voor koeien meer dan 90 dagen in lactatie werden de proporties snijmaïs en sojameel langzaam afgebouwd tot 0 in het laatste kwartaal voor droogzetten. (Andre et al., 2007). Tijdens de meetperiode werd geen beweiding toegepast. Het ruwvoer werd verstrekt door middel van het Atlantis voersysteem. Door het ruwvoer werd een kleine hoeveelheid van het krachtvoersupplement Simplimix en een kleine hoeveelheid krachtvoerbrok, type Stalrendement gemixt (tabel 3.3). Het Atlantis voersysteem verstrekt individueel voer via een in de ligboxenstal geplaatst voerstation. Het voerstation registreerde per voersoort het aantal kg voer dat dagelijks per koe verstrekt is.

Tabel 3.1 Voereigenschappen van de verstrekte voersoorten

	gem. DS in %	VEM/kg DS	g DVE/kg DS
Graskuil 1	46,0	913	72
Graskuil 2	43,8	973	86
Snijmais 1	33,0	911	44
Snijmais 2	34,0	928	46
Snijmais 3	32,8	959	48
Simplimix	90,0	940	90
Stalrendement	88,0	942.05	100

Het aanvullende krachtvoer werd op basis van bepalingen van het prototype Dynamisch Voersysteem (Andre et al., 2007) naar gelang de voorspelde individuele respons op het krachtvoer (krachtvoertype Stalrendement, tabel 3.1) aan de koeien verstrekt. De krachtvoerverstrekking vond plaats in krachtvoerboxen en in de melkrobot. Gedurende de eerste 20 lactatiedagen van de lactatie werd krachtvoerverstrekking lineair opgebouwd met 0,5 kg per dag to een krachtvoergift van 10 kg per dag voor vaarzen en tot 12 kg per dag voor meerkalfse koeien. Na de eerste 20 lactatiedagen is de proportie van krachtvoer in het dieet beperkt tot 40% van de totale voeropname (Andre et al., 2007). De hoeveelheid krachtvoer verstrekt in de krachtvoerboxen en de melkrobot werd dagelijks per koe geregistreerd.

Naar gelang de eigen behoefte van de koe werden de koeien 1-5 maal daags gemolken door een melkrobot. Deze melkrobot registreerde het dagelijkse melkgift en registreerde daarnaast ongeveer 1 maal in de week de bijbehorende vet-, eiwit en ureumgehalten. De melkrobot registreerde verder dagelijks het lichaamsgewicht van de koeien.

### 3.2 Screening van de data

In het totaal bevat de database 12805 waarnemingen van de 91 aanwezige koeien. Een waarneming bevat alle metingen en registraties die per koe op een afzonderlijke dag gemaakt zijn. Doordat in de eerste maand van de meetperiode geen metingen van het lichaamsgewicht gedaan zijn, bevat de database waarnemingen zonder lichaamsgewichtbepaling. Er is daarom besloten de waarnemingen met ontbrekende meetgegevens uit de database te verwijderen (tabel 3.2). Tevens ontbreken door storingen met het Atlantis voersysteem of problemen in de registratie van het voersysteem, 670 individuele registraties van ruwvoeropname. De waarnemingen waar deze registraties ontbreken zijn daarom uit de database verwijderd.

De betrouwbaarheid van de ruwvoermetingen uitgevoerd door het Atlantis voersysteem is niet optimaal. Er waren verschillende extreme registraties, die het gevolg lijken te zijn van

onjuiste registratie van metingen. Besloten is de waarnemingen met ruwvoerregistraties 25 kg onder en het gemiddelde van 35 kg nat product per dag en waarnemingen met opnames boven 90 kg nat product per dag te verwijderen.

De waarnemingen van koe 1530 en koe 3731 zijn niet meegenomen in de berekeningen. Van koe 1530 zijn minder dan 10 waarnemingen. De betrouwbaarheid van de van de waarnemingen is hierdoor laag. Koe 3731 heeft slechts 27 waarnemingen en is tijdens de meetperiode ziek geweest waaronder het merendeel van de waarnemingen afwijkend is. Uiteindelijk worden de berekeningen uitgevoerd met gegevens uit een database bestaande uit 9.366 waarnemingen van 100 koelijken. Een overzicht van de verwijderde data per oorzaak is gegeven in tabel 3.2.

Tabel 3.2: Overzicht van de verwijderde data per oorzaak

Waarnemingen oorspronkelijk aanwezig in dataset	12805	100%
Oorzaak	Verwijderd	Percentage van totaal
- ontbrekende gewichtsmeting	1083	8,5%
- ontbrekende totaal kg ruwvoer	410	3,2%
-missende data ruwvoerb Bestand Atlantis	1042	8,1%
-Afwijkende waarnemingen voeropname (>90 kg/dag)	51	0,4%
-Afwijkende waarnemingen voeropname (<10 kg/dag)	38	0,3%
-Storingen aan het functioneren van Atlantis (voeropname aan het voerrek)	780	6,1%
-Onvoldoende waarnemingen per koe en ziekte	35	0,3%
<b>Totaal verwijderd</b>	<b>3439</b>	<b>26,8%</b>
Waarnemingen na correctie aanwezig in dataset	9366	73,2%

### 3.3 Berekening van de energieopname en de residuele energieopname

Per koe worden de energieopname en de residuele energieopname over de meetperiode bepaald. De totale energieopname wordt bepaald met behulp van de volgende formule:

$$E_{\text{tot}} = \sum \text{Totale dagelijkse energie opnames in VEM in de meetperiode} \quad (3.1)$$

Onderstaande formule voor de verdeling van opgenomen energie die leidt tot de residuele energieopname:

$$E_{\text{restot}} = E_{\text{tot}} - E_{\text{onderhoud}} - E_{\text{aanzet en groei}} + E_{\text{mobilisering}} \quad (3.2)$$

Waarin:

$E_{\text{restot}}$ : Residuele energieopname in VEM in de meetperiode

$E_{\text{tot}}$ :  $\sum$  Totale dagelijkse energie opnames in VEM in de meetperiode

$E_{\text{onderhoud}}$ :  $\sum$  Dagelijkse energiebehoeftes in VEM voor onderhoud tijdens de meetperiode

$E_{\text{aanzet en groei}}$ :  $\sum$  Energiebehoefte in VEM voor aanzet van lichaamsreserves en groei tijdens de meetperiode.

$E_{\text{mobilisering}}$ :  $\sum$  Beschikbare energie afkomstig van mobilisatie van lichaamsreserves in de meetperiode

De energieopname uit de afzonderlijke voersoorten wordt berekend met behulp van gegevens over de voederwaarde in VEM per kg DS per afzonderlijke voersoort. De totale energie opname wordt verkregen door de energie opnames uit alle voersoorten bij elkaar op te tellen.

Het model berekend uit de dagelijkse met energiebehoefte voor onderhoud de behoefte voor onderhoud tijdens de meetperiode met behulp van onderstaande formules (CVB, 2007):

$$E_{\text{onderhouddagelijks}} = 42,4 * LG^{0,75} \quad (3.3)$$

Waarin:

$E_{\text{onderhouddagelijks}}$ : Behoefte in VEM per dag

LG: Lichaamsgewicht in kg

En:

$E_{\text{onderhoud}}$ :  $\sum E_{\text{onderhouddagelijks}}$  in de meetperiode

De energie gebruikt voor aanzet en groei en energie verkregen uit mobilisatie worden bepaald met behulp van het lichaamsgewicht. Hierbij wordt aangenomen dat de verschillen in gewicht het gevolg zijn van mobilisatie of aanzet van vetweefsels. De mobilisatie van vetweefsels levert 17,61 MJ per kilogram gemobiliseerd lichaamsweefsel op (Groen, 1989). Dit komt overeen met  $(17,61 * 10^3) / 6,9 = 2.552,2$  VEM/kilogram gemobiliseerd lichaamsweefsel. Na correctie van assimilatieprocessen, wordt 1 kg aanzet van lichaamsreserves gevormd uit 20,71 MJ opgenomen energie (Groen, 1989). Dit komt overeen met een energiebehoefte van  $(20,71 * 10^3) / 6,9 = 3.001,4$  VEM voor de aanzet van 1 kg lichaamsweefsel. De energiebehoefte voor de jeugdgroei die bij dieren in de eerste en tweede lactatie plaatsvindt, wordt aangenomen gedekt te zijn door de energiebehoefte die gerekend wordt voor het aanzetten van lichaamsweefsels in deze meetperiode. De koeien werden ongeveer in de 8<sup>e</sup> maand van dracht drooggezet, waarna tot na het afkalven geen waarnemingen van deze koeien zijn geregistreerd. De energiebehoefte voor dracht is tot de 8<sup>e</sup> maand van dracht vrij laag (Groen, 1989) en ook de toename in lichaamsgewicht als gevolg van dracht tot de 8<sup>e</sup> maand is laag. (Groen, 1989). Tevens zijn niet alle gegevens over dracht van alle koeien in de database bekend. Bij het berekenen van de energie-efficiëntie wordt daarom aangenomen dat de gewichtstoename die plaatsvindt in de eerste 8 maanden van de dracht en de energiebehoefte die de dracht in deze periode met zich meebrengt, verwaarloosbaar klein zijn.

Het lichaamsgewicht van de koeien is tijdens de proefperiode dagelijks bepaald. Dit gebeurde zonder toezicht automatisch in de melkrobot. Om te corrigeren voor het effect van eventuele onnauwkeurige lichaamsgewichtbepalingen, is de mediaan van 7 achtereenvolgende gewichtbepalingen gehanteerd. Met behulp van de verschillen tussen de 7daagse mediaan van het lichaamsgewicht aan het begin van de meetperiode, de minimale en/of maximale mediaan 7 daagse mediaan in de meetperiode en de 7 daagse mediaan aan het eind van de meetperiode wordt bepaald hoeveel kg lichaamsreserves het dier tijdens de meetperiode aangezet heeft en/of gemobiliseerd heeft.

Omdat een aantal waarnemingen uit de database verwijderd zijn, wordt de gewichtstoename (afname) gecorrigeerd voor het aantal dagen dat ontbreekt in de database met behulp van volgende formule:

$$G_{\text{corr}} = G_{\text{toename}(afname)} * W_{\text{toename}(afname)} / T_{\text{toename}(afname)} \quad (3.4)$$

Waarin:

$G_{\text{corr}}$  = gecorrigeerde toename (afname) van het lichaamsgewicht in kg tijdens de meetperiode

$G_{\text{toename}(afname)}$ : Aantal kg waarmee het lichaamsgewicht is toegenomen (afgenomen) tijdens de meetperiode

$W_{\text{toename}(afname)}$ : Het aantal waarnemingen waar lichaamsgewichtstoename (afname) geregistreerd is in de meetperiode.

$T_{\text{toename}(afname)}$ : Het aantal dagen dat er lichaamsgewichtstoename (afname) heeft plaatsgevonden in de meetperiode.

Met behulp van de totale meetmelkproductie in de meetperiode en de (residuele) energieopname van de meetperiode kan de (residuele) energieopname per kg meetmelk worden berekend:

$$E_{\text{opn}} = E_{\text{tot}} / \text{Kg Meetmelk} \quad (3.5)$$

Waarin:

$E_{\text{opn}}$ : Energieopname per kg meetmelk in VEM in de meetperiode

$E_{\text{tot}}$ : Energieopname in VEM in de meetperiode

Kg Meetmelk:  $\sum$  dagelijkse meetmelkproducties in de meetperiode

En:

$$E_{\text{res}} = E_{\text{restot}} / \text{Kg Meetmelk} \quad (3.6)$$

Waarin:

$E_{res}$ : Residuele energieopname per kg meetmelk in VEM in de meetperiode

$E_{restot}$ : Residuele energieopname in VEM in de meetperiode

Kg Meetmelk:  $\sum$  dagelijkse meetmelkproducties in de meetperiode.

Het aantal kg meetmelk wordt berekend met behulp van onderstaande formule (CVB, 2007):

$$\text{Kg meetmelk} = \text{Kg melk} * (0,337 + (0,116 * \text{vet\%}) + (0,060 * \text{eiwit\%})) \quad (3.7)$$

De (residuele) energie-efficiëntie is de reciproque van de residuele voeropname:

$$E_{eff} = (E_{opn} / \text{Kg Meetmelk})^{-1} \quad (3.8)$$

$$E_{effres} = (E_{res} / \text{Kg Meetmelk})^{-1} \quad (3.9)$$

#### 3.4 Berekening van de DVE-opname en de residuele DVE-opname

De hoeveelheid DVE opgenomen kan worden berekend met de volgende formule:

$$DVE_{tot} = \sum \text{Totale dagelijkse opnames van DVE in grammen in de meetperiode} \quad (3.10)$$

De residuele DVE opname kan voor de koe bepaald worden met behulp van de volgende formule:

$$DVE_{restot} = DVE_{tot} - DVE_{onderhoud} - DVE_{jeugdgroei} \quad (3.11)$$

Waarin:

$DVE_{restot}$ : Residuele opname van DVE in grammen in de meetperiode

$DVE_{tot}$ :  $\sum$  Totale dagelijkse opnames van DVE in grammen in de meetperiode

$DVE_{onderhoud}$ :  $\sum$  Dagelijkse behoefte aan DVE in grammen voor onderhoud over de meetperiode

$DVE_{jeugdgroei}$ :  $\sum$  Dagelijkse behoefte aan DVE voor jeugdgroei over de meetperiode

De DVE opname uit de afzonderlijke voersoorten wordt berekend met behulp van DVE gehalten per kg DS van elke afzonderlijke voersoort. De totale DVE opname wordt verkregen door de DVE opnames uit alle voersoorten bij elkaar op te tellen.

DVE behoefte voor onderhoud wordt berekend als volgt (CVB, 2007):



$$DVE_{\text{onderhouddagelijks}} = (2,75 * LG^{,5} + 0,2 * LG^{0,6}) / 0,67 \quad (3.12)$$

Waarin:

$DVE_{\text{onderhouddagelijks}}$ : DVE behoefte voor onderhoud in gram/dag

LG: Lichaamsgewicht

En:

$DVE_{\text{onderhoud}}$ :  $\sum DVE_{\text{onderhouddagelijks}}$  in de meetperiode

De DVE behoefte in het 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> jaar voor jeugdgroei is 37g/dag in het eerste jaar, en 19 g/dag in het tweede jaar. Met behulp deze waarden, gegevens over het lactatienummer en het aantal waarnemingen wordt de DVE behoefte voor jeugdgroei in de meetperiode per koe berekend.

Vervolgens kan de (residuele) DVE-opname per kg meetmelk berekend worden:

$$DVE_{\text{opn}} = DVE_{\text{opnt}} / \text{Kg Meetmelk} \quad (3.13)$$

Waarin:

$DVE_{\text{opn}}$ : DVE-opname in g DVE per kg meetmelk in de meetperiode

$DVE_{\text{tott}}$ : DVE-opname in de meetperiode als berekend in formule 3.10

Kg Meetmelk:  $\sum$  Dagelijkse melkproducties in kg meetmelk in de meetperiode, als berekend in formule 3.6.

En:

$$DVE_{\text{res}} = DVE_{\text{restot}} / \text{Kg Meetmelk} \quad (3.14)$$

Waarin:

$DVE_{\text{res}}$ : Residuele opname in g DVE per kg meetmelk in de meetperiode

$DVE_{\text{restot}}$ : Residuele opname van DVE in de meetperiode als berekend in formule 3.11

Kg Meetmelk:  $\sum$  Dagelijkse melkproducties in kg meetmelk in de meetperiode, als berekend in formule 3.4.

De (residuele) DVE-efficiëntie ( $DVE_{\text{res}}$ ) is de reciproque van de (residuele) DVE-opname:

$$(DVE_{\text{opn}} / \text{Kg Meetmelk})^{-1} \quad (3.15)$$

$$(DVE_{\text{res}} / \text{Kg Meetmelk})^{-1} \quad (3.16)$$

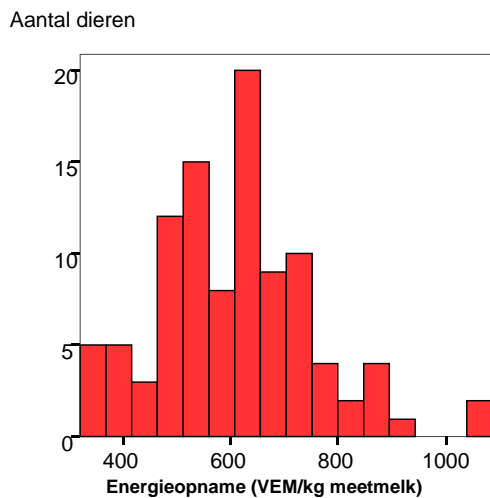
### 3.5 Resultaten van de statistische analyse

Het gemiddelde, het minimum, maximum en de standaardafwijking van de belangrijkste variabelen zijn opgenomen in tabel 3.1.

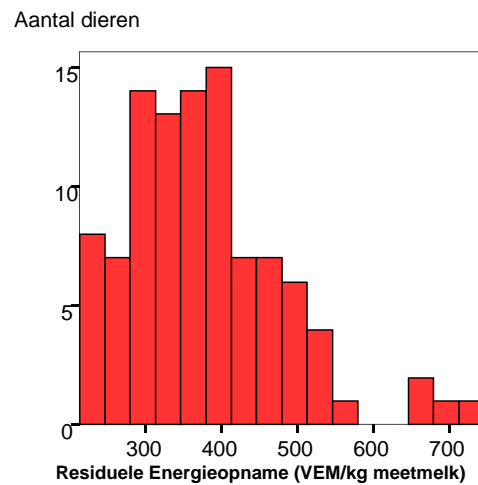
Tabel 3.1: Gemiddelde, maximum, minimum en standaardafwijking per variabele

	Minimum	Maximum	Gemiddelde	Standaard afwijking
Tijd metingen (dagen/koe)	17	164	112.38	50.61
Gemiddelde melkproductie (kg meetmelk/koe)	12	56	30.51	9.24
Gemiddeld Lichaamsgewicht (kg/koe)	462	771	626.78	72.46
Gewichtstoename (kg/koe)	0	136	51.43	34.18
Gewichtsafname (kg/koe)	0	62	14.56	16.45
Tijd gewichtstoename (dagen/koe)	0	164	89.41	50.27
Tijd gewichtsafname (dagen/koe)	0	130	22.97	27.07
Energieopname (VEM/kg meetmelk)	320	1085	606.46	147.17
Residuele Energieopname (VEM/kgmeetmelk)	212	745	377.10	105.14
DVEopname (gDVEkg/meetmelk)	27	86	50.22	11.69
Residuele DVE-opname (gDVE/kgmeetmelk)	24	73	45.40	10.81

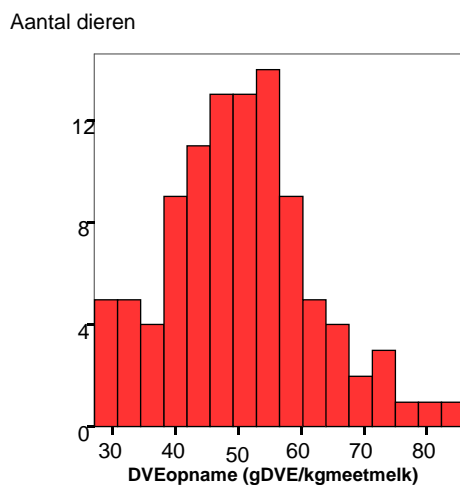
Figuur 3.1, figuur 3.2, figuur 3.3 en figuur 3.4 geven de verdeling van de van respectievelijk Energieopname, Residuele energieopname, DVE-opname en Residuele DVE-opname. Uit de grafieken blijkt dat Energieopname, Residuele energieopname, DVE-opname en Residuele DVE-opname een normale verdeling hebben. De grote spreiding in Residuele energieopname (figuur 3.2) wijst op de aanwezigheid van grote verschillen in de residuele energie-efficiënte van koeien.



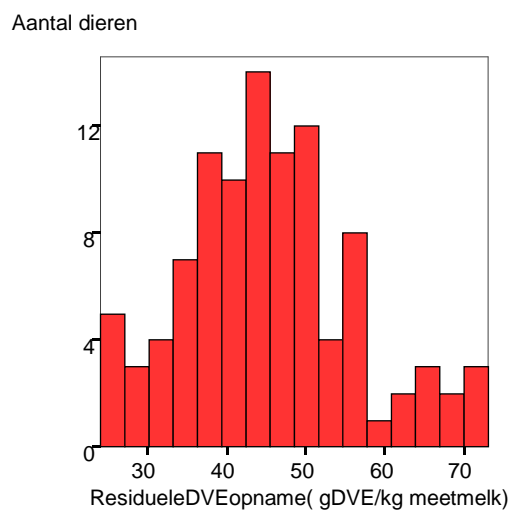
Figuur 3.1: Verdeling van de energieopname



Figuur 3.2: Verdeling van Residuele energieopname



Figuur 3.3: Verdeling van de DVE-opname



Figuur 3.4: Verdeling van de Residuele DVE-opname

De gemiddelde aanzet van energie in kg lichaamswefsel was groter dan de gemiddelde mobilisatie van energie uit lichaamswefsel (tabel 3.1). Hieruit kan worden afgeleid dat de koeien niet structureel onder hun energiebehoefte voor onderhoud en melkproductie gevoerd zijn. Het is mogelijk de gevonden gemiddelde energieopname per kg meetmelk van de koeien te vergelijken met de standaardnormen van energiebehoefte van het CVB om te kunnen vaststellen of gebruikmaken van de individuele krachtvoerrespons met behulp een Dynamisch voersysteem leidt tot een lagere gemiddelde energiebehoefte.

Wanneer op basis van de gemiddelden uit tabel 3.1 de gemiddelde dagelijkse energiebehoefte uitgerekend wordt met behulp van de formule van het CVB (2007) (formule 2.2) resulteert dit in  $42,4 * 627^{0,75} + 440 * 30,51 + 0,73 * (30,51)^2 = 19.417$  VEM. Dit is gelijk

aan 636,40 VEM/kg meetmelk. De gemiddelde VEM behoefte per kg meetmelk (nog niet gecorrigeerd voor onderhoud, aanzet en mobilisatie) van de koeien in de meetperiode is 606,46 VEM/kg meetmelk. Dit is  $636,40 - 606,46 = 29,94$  VEM/kg meetmelk, ofwel 4,71% lager dan de door CVB voorspelde energiebehoefte. Toepassing van Dynamisch voeren heeft dus het effect dat gemiddeld 29,94 VEM/kg meetmelk minder dan de CVB-norm verstrekt kan worden aan de koeien zonder dat dit leidt tot problemen in de energiebehoefte van individuele koeien. De formule voor de totale energiebehoefte van een melkkoe van het CVB heeft geen aparte aannamen of correcties voor de energie die opgenomen wordt voor de mobilisering of aanzet van lichaamsweefsels. De energiebehoefte hiervoor wordt verondersteld gedekt te zijn binnen de energiebehoefte voor melkproductie. Het is daarom niet mogelijk de berekende residuele energieopname te vergelijken met een norm van het CVB.

Op basis van de gemiddelden uit tabel 3.1 kan de totale door CVB aangehouden DVE behoefte per kg melk worden berekend als  $((2,75 \cdot 627^{0,5} + 0,2 \cdot 627^{0,6}) / 0,67) / 30,51 + 1,396 \cdot 33,5 + 0,000195 \cdot 3,35^2 = 50,60$  gram DVE/kg melk. Dit is vrijwel gelijk aan de gemiddelde verstrekking van 50,22 gram DVE/kg meetmelk tijdens de meetperiode. Met behulp van formule 3.9 kan de DVE-behoefte voor meetmelkproductie per kg melk worden berekend. Dit resulteert met een gemiddeld eiwitpercentage van 3,35% per koe in een DVE behoefte van  $1,396 \cdot 33,5 + 0,000195 \cdot 3,35^2 = 46,77$  gram DVE/kg melk. De residuele DVE-opname is een weergave van het aantal gram DVE per kg melk gebruikt voor melkproductie. Hierin is de DVE behoefte voor jeugdgroei in de eerste twee lactaties niet meegenomen. De gemiddelde residuele DVE-opname in de meetperiode is 45,40 gram DVE/kg meetmelk. Dit is  $46,77 - 45,40 = 1,33$  gram ofwel  $45,40 / 46,77 = 2,93\%$  lager dan de volgens de norm veronderstelde DVE behoefte/kg meetmelk. Met het Dynamisch voeren blijft de DVE behoefte dus gedekt en wordt geen overbodig DVE aan de koeien verstrekt.

Om optimaal gebruikt te kunnen maken van de verschillen in efficiëntie tussen koeien moet de krachtvoerverstrekking gebaseerd zijn op de residuele energie-efficiëntie per koe. Dynamisch Voeren bepaalt het optimale krachtvoergift echter op basis van gegevens over de individuele melkrespons op krachtvoer van koeien en niet op gegevens van de individuele energie-efficiëntie. Met behulp van responsparameters berekenden Andre et al. (2007) de individuele economisch optimale instellingen voor krachtvoerverstrekking. De economisch optimale instelling wordt verondersteld te bestaan uit melkoprangst minus voerkosten. (Andre et al., 2007). Voerkosten zijn afhankelijk van de prijs van krachtvoer ( $C \pi$ ) en ruwvoer ( $R \pi$ ). Melkoprangst ( $\pi \mu$ ) wordt beïnvloed door de individuele melkprijs, die afhankelijk is van de melksamenstelling (Andre et al., 2007). Uit statistische analyse blijkt een correlatie van -0,20 tussen de responsparameter  $C_1$  welke in het Dynamisch Voersysteem het (lineaire) effect van krachtvoer op melk voorspelt en de werkelijke residuele energieopname (tabel 3.3). Omdat residuele energie-efficiëntie de reciproque is van residuele energieopname is de correlatie tussen responsparameter  $C_1$  en residuele energie-efficiëntie dus 0,20.

Tabel: 3.2: Overzicht van de parameterschattingen, standaardfout per schatting en t-waarde

Parameter	Waarde	Standaardfout	t(97)	t-waarde
$C_0$	152.8	29.7	5.14	<.001
$C_1$	-68.4	15.9	-4.31	<.001
$\Gamma_1$	8.798	0.739	11.90	<.001
$\Gamma_2$	31.1	16.9	1.83	0.070

$C_0$ ,  $C_1$  en  $\Gamma_1$  hebben een t-waarde <0.05 en vormen daarmee betrouwbare parameterschattingen voor de regressiefunctie. De statistisch aantoonbare correlatie tussen de regressiefunctie van de responsparameters en Residuele energie-efficiëntie laat zien dat Dynamisch Voeren beslissingen voor het verstrekken van krachtvoer deels baseert op de residuele energie-efficiëntie van het dier. Het economisch optimale krachtvoergift is naast van de residuele energie-efficiëntie, mogelijk deels afhankelijk van andere factoren zoals opnamecapaciteit van de koe en de mogelijkheden van het dier om energie uit ruwvoer op te nemen door bijvoorbeeld sociale factoren. Dieren met een lage voeropnamecapaciteit moeten hun energie uit kwalitatief beter voer halen als dieren met een hoge opnamecapaciteit en dieren die bijvoorbeeld laag in de rangorde staan, worden eerder bij het voerhek weggejaagd en hebben zodoende minder mogelijkheid om voldoende ruwvoer op te nemen.



## 4. Bepaling economische consequenties

In dit hoofdstuk worden berekeningen van de economische consequenties van de toepassing van een Dynamisch Voersysteem voor een gemiddeld bedrijf en een intensief bedrijf gedaan. Na een korte inleiding volgt een toelichting op het model. Vervolgens worden de inputfactoren die gebruikt zijn voor de berekening van het gemiddelde melkveebedrijf en het intensieve melkveebedrijf toegelicht. Dit hoofdstuk wordt afgesloten met een beschrijving van de resultaten.

### 4.1 Inleiding

Uit de resultaten van hoofdstuk 3 bleek dat met behulp van Dynamisch Voeren efficiënter gevoerd kan worden dan het gangbare systeem waarin koeien gevoerd worden volgens de (CVB) norm. Dit zorgt er voor dat de gemiddelde VEM-opname per kg meetmelk 29,94 VEM lager is dan de CVB-norm. Om het rendement van deze energie-efficiëntieverbetering op bedrijfsniveau te bepalen worden de economische consequenties van een verlaging van de energieopname per kg meetmelk die een Dynamisch Voersysteem oplevert, met behulp van een bedrijfsmodel berekend. Omdat economische consequenties van een verlaging van de energiebehoefte mogelijk afhankelijk zijn van de bedrijfssituatie, bijvoorbeeld van de intensiteit van het bedrijf, worden de consequenties zowel voor een bedrijf met een gemiddelde intensiteit als voor een bedrijf met een hogere intensiteit doorgerekend.

### 4.2 Het basismodel

Het model bevat een aantal beperkingen en technische relaties tussen de activiteiten die meegenomen worden in de berekeningen. Het model is in 1994 ontwikkeld, maar is in de loop van de jaren aangepast aan de grote ontwikkelingen in de melkveehouderij. Recentelijk (2008) hebben Veenstra en Vessies het model in zijn geheel ge-updated en onder andere de arbeidsbehoefte aangepast.

Het LP model heeft de vorm:

Maximaliseer  $\{Z = c'x\}$

met  $Ax \leq b$

en  $x \geq 0$

Hierin geldt:

x: Activiteitsvector

c: Vector van de opbrengst per activiteit

A: Matrix van de technische coëfficiënten

b: Vector van de right-hand-side waarden

Het LP model bestaat uit ongeveer 100 activiteiten en 80 beperkingen. Binnen de activiteiten kunnen 9 groepen worden onderscheiden:

1. Melkvee- en jongveestapel
2. Voederwinning voor jongvee
3. Voederwinning voor melkkoeien
4. Aan- en verkoop van vee
5. Aan- en verkoop van voedermiddelen
6. Aan- en afvoer van meststoffen
7. Verschillende mogelijkheden van mestaanwending
8. Oogstwerkzaamheden in loonwerk of eigen mechanisatie
9. Aanschaf van oogstmachines

Elke activiteit heeft zijn eigen specifieke vector van input en output coëfficiënten. Alle vectoren samen vormen matrix A. De rijen van de matrix geven het type en de vorm van de beperkingen die gebruikt worden aan. De belangrijkste punten verantwoordelijk voor het goed functioneren van het model worden hieronder kort toegelicht.

- a. Voor de vaste productiemiddelen grond, melkquotum, stalcapaciteit en arbeid zijn maxima ingesteld.
- b. De voederbehoeftes van de dieren worden gekoppeld aan de productie en aankoop van voedermiddelen.
- c. De nutriëntenbehoeftes van gras- en bouwland worden gekoppeld aan de beschikbare nutriënten in organische mest en aangekochte kunstmest. Waarbij de geproduceerde hoeveelheid mest uitgereden of afgevoerd moet worden.
- d. De mineralenbalans bepaalt de overschotten van N,  $P_2O_5$  en  $K_2O$  op bedrijfsniveau en de verliezen van N,  $P_2O_5$  en  $K_2O$  naar de lucht, bodem en grondwater.
- e. Productieactiviteiten en werkzaamheden zijn gekoppeld, zodat noodzakelijke werkzaamheden plaatsvinden.
- f. Werkzaamheden in eigen beheer zijn gekoppeld, zodat noodzakelijke werkzaamheden plaatsvinden.
- g. Werkzaamheden in eigen beheer zijn gekoppeld aan de investering in machines.

De laatste rij bevat de doelfunctie van het LP model welke door het model gemaximaliseerd wordt. De startsituatie van het bedrijf is gespecificeerd door de right-hand-side waarden voor land, melkquota, koeplaatsen en arbeid, en door een aantal bedrijfsspecifieke coëfficiënten zoals melkproductie per koe en grasproductie per hectare. Deze bedrijfsspecifieke coëfficiënten zijn voornamelijk gebaseerd op gegevens van Kwantitatieve Informatie Veehouderij (KWIN) en het Handboek voor de Rundveehouderij. Het uitgangspunt van het LP



model is een melkkoe met een vaste melkproductie en een vast vet- en eiwitpercentage, welke kalft in februari. Deze koe wordt twee maal daags gemolken in een visgraat melkstal met acht melkstellen. Het model gaat uit van een jaarlijkse vervanging van 33% van de melkkoeien. Vervanging vindt plaats door vaarzen uit eigen opfok. Verder werkt het model met een uitvalspercentage van 12% onder het jongvee. Het uitvalspercentage bestaat uit uitval door sterfte en verkoop van jongvee. Eén jongvee-eenheid wordt gevormd uit de totale stalruimte die de gemiddelde opfok tot een melkkoe vraagt en bestaat uit een kalf <1 jaar en een pink >1 jaar. Het jongvee vraagt hiermee een stalcapaciteit van 1,82 en een melkkoe een stalcapaciteit van 1. Arbeidsbehoefte is door Veenstra en Vessies (2008) in het model aangepast. Arbeidsbehoefte is gebaseerd op arbeidscoëfficiënten uit het arbeidsbegrotingsprogramma Agrowerk. De grotere oogstwerkzaamheden worden uitgevoerd in loonwerk. Het LP-model maakt een splitsing tussen stal- en weideperiode. De weideperiode loopt van 1 mei tot 31 oktober. In de weideperiode kan gekozen worden voor beperkt en onbeperkt weiden. Het bio-economische model van Groen (1988) wordt gebruikt om melkproductie, energiebehoeften droge stofopnamecapaciteit in de zomer- en winterperiode te berekenen. Aan de hand van de energiebehoefte, DS opnamecapaciteit en voerkwaliteit wordt vervolgens de voeropname bepaald (Korver, 1982). Een berekening van de energiebehoefte volgens deze formule komt vrijwel overeen met de berekening van het CVB. In het model is substitutie van ruwvoer met krachtvoer opgenomen. De substitutieratio van krachtvoer voor een referentiegewas wordt gegeven met de volgende formule (Achten en Tollens 1986):

$$SR = 0,26 * CL + 0,023 * CL^2 \quad (4.1)$$

Waarin:

SR: De totale substitutiewaarde voor het referentiegewas in grasopnamecapaciteit in (kg DS referentie gras) \* (CL kg DS krachtvoer)<sup>-1</sup>

CL: Krachtvoerniveau in kg DS \* dag<sup>-1</sup>

Hierin kan krachtvoer in het rantsoen opgenomen met units van 0,1 kg DS \* dag<sup>-1</sup>. De energiewaarde van krachtvoer is 7,21 MJ NE<sup>1</sup> per kg DS.

Bovenstaande formule is continue en kan niet als zodanig in een LP model worden ingepast. In het model zijn daarom per krachtvoersoort, vulwaarden (afgeleid van de substitutiewaarden) voor vier verschillende 'krachtvoerniveaus' opgenomen. Verder wordt in het model een vereiste toegevoegd die een minimale structuurwaarde in het rantsoen garandeert (CVB, 1991). In de stalperiode is een minimum van 2 kg doge stof van graskuil per koe per dag vereist. Deze restrictie is opgenomen om te garanderen dat graskuil opgenomen is in het stalrantsoen. Dit is gangbaar in Nederlandse melkveehouderij en de restrictie dwingt het model in de meeste gevallen tot het maaien van gras. Gegeven de

fluctuaties in grasproductie in de weideperiode, is het maaien van gras noodzakelijk voor goed graslandmanagement. Energiebehoefte voor jongvee worden berekend via de formules van het CVB (1991).

Energieproductie uit het verbouwen van gras is in het model afhankelijk van grondsoort, grondwaterstand en stikstof gebruik. Berekeningen worden gedaan voor een Nederlands melkveebedrijf op een zandgrond met behulp van grondwatertabel VI. Deze tamelijk droge grond representeert 26% van het totale areaal zandgrond en geeft een goede afspiegeling van het gemiddelde grondtype dat in eigendom is van melkveebedrijven (Goossen en Meeuwissen, 1990). Afhankelijk van aanwending van 100, 200 of 300kg stikstof per hectare kan de opbrengst per hectare berekend worden. Gras kan gebruikt worden voor grazen of voor inkuilen. Na het aftrekken van inkuil- en voerverliezen kunnen de energie- en eiwitwaarde en de hoeveelheid DS per snede bepaald worden. Met behulp van deze waarden berekend het model de DS opname van het melkvee.

Het oogsten van maïs vindt plaats aan het einde van het seizoen. Om een acceptabele productie te behalen, dient een minimaal niveau van nutriënten aanwezig te zijn. Verstrekte nutriënten boven dit niveau, hebben slechts een marginaal effect op de opbrengst. Grondwaterstand heeft op snijmaïsproductie een vergelijkbaar effect als op grasproductie en dezelfde waarden kunnen daarom voor de snijmaïs gebruikt worden. Met behulp van de gegeven DS productie van snijmaïs (Bloem en Kolkman, 1992) en de gemiddelde energieproductie (CVB, 1991) kan de bruto energieproductie berekend worden. Wanneer het bedrijf een overschot heeft aan ruwvoer, geeft het model de mogelijkheid om snijmaïs te verkopen. In dat geval zijn de kosten voor oogsten en inkuilen voor de koper.

Als toevoeging op eigen geproduceerd voer kan krachtvoer, gedroogde bietenpulp en snijmaïs aangekocht worden. In de stalperiode is er mogelijkheid tot aankoop van drie soorten krachtvoer: standaard, eiwitrijk en zeer eiwitrijk. In de weideperiode kan alleen standaard brok gevoerd worden en is een minimum krachtvoergift van 1 kg als beperking in het model opgenomen. Aangekochte snijmaïs wordt verondersteld dezelfde kwaliteit te hebben als zelfverbouwde snijmaïs. De prijs is inclusief oogst- en inkuilkosten.

Voor het mestbeleid zijn de Gebruiksnormen van 2006 geïmplementeerd in het model. Gebruiksnormen voor dierlijke mest zijn opgenomen voor een situatie mét en een situatie zonder derogatie. Daarnaast zijn de gebruiksnormen voor de totale stikstof- en fosfaatbemesting in het model opgenomen. Deze aanpassingen van het milieubeleid zijn uitgevoerd door Veenstra (2005) en Taks (2005). Aanvoer van mineralen vindt plaats door het aankopen van voer, kunstmest en door depositie. Het afvoeren van mineralen vindt plaats door verkoop van melk, vlees en snijmaïs en door mest die afgevoerd wordt. De concentraties van mineralen in de mest worden bepaald de opname van de in het rantsoen

van de dieren aanwezige mineralen. Het verschil tussen de mineralen in het voer en de mineralenafvoer in de melk en het vlees, wordt verondersteld in de mest terecht te komen. Door deze mineralen te delen door de totale hoeveelheid geproduceerde mest, bepaald het model de concentratie mineralen in de mest.

#### *4.3. Opzet van de berekeningen*

Als vaste productiefactoren worden het gemiddelde melkquotum van een Nederlandse melkveebedrijf van 517.000 kg meetmelk en het gemiddelde aantal ha grond van een Nederlands melkveebedrijf, dat 42 hectare bedraagt, genomen. Verder wordt de stalcapaciteit aangepast aan het aantal aanwezige dieren en wordt het aantal jaarlijkse vaste arbeidsuren gelijkgesteld aan de uren op jaarbasis gemaakt door 1 persoon (de ondernemer zelf). Cijfers van de vaste productiefactoren zijn afkomstig van het LEI (2005) en al eerder gebruikt in het LP model door Veenstra en Vessies (2008). De economische gegevens in de database van het LEI zijn representatief voor 95% van de totale agrarische productie. Overige uitgangspunten van de bedrijven zijn beschreven door Veenstra en Vessies (2008) in hun opzet van de berekeningen met het LP model. Het model werkt met beperkt weiden in de zomerperiode. De gemiddelde melkproductie van het High Tech bedrijf van ASG in Lelystad bedroeg 9400 kg melk. In het door Veenstra en Vessies ge-updated model is het Nederlandse gemiddelde van 7.700 kg melk per koe is opgenomen. Omdat niet onderzocht is of de in de resultaten van de in hoofdstuk 3 beschreven voerefficiëntie gelijk zijn voor koeien met een gemiddelde melkproductie van 7.700kg en voor koeien met een gemiddelde melkproductie van 9.400kg, wordt de gemiddelde jaarlijkse melkproductie in de berekeningen aangepast naar 9.400kg. De voederbehoeften voor melkkoeien met deze hogere productie worden aangepast aan de hand van het model van Groen (1988). De kVEM behoefte is 2.954 KVEM per koe in de winterperiode en 3.621 KVEM per koe in de zomerperiode. DVE behoefte is 247,6 kg DVE per koe in de winterperiode en 308,5 kg DVE per koe in de zomerperiode. De droge stof opnamecapaciteit per koe bedraagt 2.582 kg droge stof in de stalperiode en 3.200 kg droge stof in de weideperiode.

Er worden berekeningen gemaakt voor twee bedrijven met een verschillende intensiteit, het gemiddelde bedrijf en het intensieve bedrijf. Het verschil tussen het gemiddelde bedrijf en het intensieve bedrijf bestaat in het model uit een verschil tussen de bedrijven in de waarde voor 'Oppervlakte cultuurgrond'. Het totale oppervlakte cultuurgrond in gebruik voor het gemiddelde bedrijf is 42 ha. en het oppervlakte cultuurgrond in gebruik voor het intensieve bedrijf is 34ha. De intensiteit van het gemiddelde bedrijf bedraagt daardoor 12.349 kg melk/ha en de intensiteit van het intensieve bedrijf bedraagt 15.206 kg melk/ha. Tot slot wordt een gevoeligheidsanalyse van de melkprijs op de arbeidsopbrengst en van de krachtvoerprijs op de arbeidsopbrengst gedaan.

Om het effect van de lagere gemiddelde energiebehoefte te berekenen is de 'Jaarlijkse kVEM behoefte' (per koe) in de situaties met een lagere energiebehoefte verlaagd. Het model voert altijd op de energienorm, dus een lagere energiebehoefte leidt altijd tot een lagere energieopname.

Om het effect van de lagere energiebehoefte in een situatie zonder quotumrestrictie te berekenen wordt de quotumrestrictie vervangen door een restrictie op de totale energieopname. Dit betekent dat als gevolg van de lagere energiebehoefte per koe het aantal koeien iets uitgebreid kan worden. Omdat de energieopname gelijk is aan de energiebehoefte wordt de totale energiebehoefte voor alle koeien samen als beperking opgenomen. In tabel 4.1 zijn de verschillende situaties naast elkaar gezet.

Tabel 4.1: Aanpassingen per bedrijfs situatie op de uitgangspunten van de berekeningen

Bedrijf	Gemiddeld bedrijf			Intensief bedrijf		
	Gemiddelde energiebehoefte	Lagere energiebehoefte		Gemiddelde energiebehoefte	Lagere energiebehoefte	
		Met quotum	Zonder quotum		Met quotum	Zonder quotum
Oppervlakte cultuurgrond (ha)	42	42	42	34	34	34
Jaarlijkse kVEM behoefte (per koe)	6.575	6.294	6.294	6.575	6.294	6.294
Melkquotum	517.000	517.000	-	517.000	517.000	

#### 4.4 Resultaten

In deze paragraaf worden de belangrijkste consequenties van een verbetering van de energie-efficiëntie besproken. Dit gebeurt eerst aan de hand van de technische resultaten, vervolgens worden de verschillen in de milieutechnische resultaten besproken en tenslotte worden de belangrijkste verschillen in de economische resultaten toegelicht. Dit hoofdstuk wordt afgesloten met een gevoeligheidsanalyse van het veronderstelde effect van Dynamisch voeren op de energie-efficiëntieverbetering, de melkprijs en de krachtvoerprijs.

##### 4.4.1 Technische resultaten

Zowel het gemiddelde als het intensieve bedrijf heeft in de situatie met een gemiddelde energiebehoefte 55 stuks melkvee op het bedrijf. De technische resultaten laten zien dat zowel het gemiddelde als het intensieve bedrijf in een situatie met lagere energiebehoefte waar quotum niet langer een restrictie vormt, 2 melkkoeien en 1 jongvee-eenheid meer gaat aanhouden, waardoor meer uren gewerkt wordt en de melkproductie met 23.000kg verhoogd wordt. De verschillen tussen het stal- en weide rantsoen van de bedrijven staan in tabel 4.3.

Tabel 4.3: Rantsoen melkkoeien in stal- en weideperiode

Rantsoen mk stalperiode (kg/koe/dag)	Gemiddeld bedrijf			Intensief bedrijf		
	Gem. energie-behoefte	Lagere energiebehoefte Met quotum	Zonder quotum	Gem. energie-behoefte	Lagere energiebehoefte Met quotum	Zonder quotum
<b>Rantsoen mk stalperiode (kg/koe/dag)</b>						
- kuilgras 200 N (kg ds)	2.53	2.00	2,00	0,00	0,00	0,00
- kuilgras 300 N (kg ds)	0.00	0.00	0,00	2,00	2,00	2,00
- mais (kg ds)	9.14	9,97	8,48	7,99	7,22	7,22
- krachtvoer totaal	6.42	5,33	6,81	8,02	8,02	8,02
* standaard	1.76	0,00	2,15	4,17	4,47	4,47
* zeer eiwitrijk	4.66	5,33	4,65	3,85	3,56	3,56
- OEB stalrantsoen (kg)	0.20	0.20	0,20	0,20	0,20	0,20
- DVE boven de norm (kg)	0.21	0.17	0,17	0,19	0,13	0,13
- P boven de norm (kg)	0.02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
- Beperking rantsoen Stalperiode	E,B,O	E,O	E,O	E,O	E,O	E,O
<b>Rantsoen mk weideperiode (kg/koe/dag)</b>						
- gras 100 N (kg ds)	4.36	5.60	5,49	0,00	0,00	0,00
- gras 200 N (kg ds)	10.15	9.26	9,37	14,53	14,82	14,82
- mais (kg ds)	4.02	4.02	4,02	4,02	4,02	4,02
- krachtvoer totaal	2.31	1.03	1,00	2,25	1,00	1,00
* standaard	2.31	1.03	1,00	2,25	1,00	1,00
- OEB weiderantsoen	0.20	0.20	0,20	0,28	0,30	0,30
- DVE boven de norm (kg)	0.10	0.01	0,01	0,01	0,11	0,03
- P boven de norm (kg)	0.02	0.01	0,01	0,02	0,01	0,01
- Beperking rantsoen weideperiode	E,B,O	E,B,O	E,B	E,B	E,B	E,B

#### Het rantsoen in de stalperiode

In de tabel is te zien dat het gemiddelde bedrijf in de stalperiode een rantsoen voert met kuilgras en maïs, aangevuld met standaard en zeer eiwitrijke krachtvoerbrok. Dit rantsoen voldoet aan de totale energiebehoefte van de koe (beperking E). Omdat de opnamecapaciteit (beperking B) beperkend is, kan niet alle energie uit het goedkopere ruwvoer gehaald worden, en wordt krachtvoer bijgevoerd. Om aan de OEB-norm te kunnen voldoen (beperking O) voert het bedrijf deels een duurdere zeer eiwitrijke brok. Het gemiddelde bedrijf met de lagere energiebehoefte in een situatie met quotum is nog steeds zelfvoorzienend in ruwvoer en kan daarom bij een verlaging van de energiebehoefte omdat de opnamecapaciteit gelijk blijft, zoveel mogelijk van het relatief dure krachtvoer substitueren met ruwvoer. Het bedrijf gaat in deze situatie iets meer maïs en iets minder gras verbouwen, om meer energie uit eigen ruwvoerproductie in het rantsoen op te kunnen nemen. Het aandeel maïs in het rantsoen stijgt hierdoor. Omdat het model een restrictie heeft ingesteld die waarborgt dat in de stalperiode minstens 2 kg graskuil opgenomen is in het rantsoen, is in de situatie van het gemiddelde bedrijf met lagere energiebehoefte met quotum toch nog 2 kg graskuil opgenomen. Maïs bevat relatief weinig eiwit en om aan de OEB-norm te kunnen voldoen, bestaat al het krachtvoer wat bijgevoerd wordt uit de duurdere zeer eiwitrijke brok. De lagere

totale voeropname en het opnemen van krachtvoer in dit rantsoen om aan de OEB-norm te kunnen voldoen leiden ertoe dat opnamecapaciteit in deze situatie niet langer beperkend is. De bedrijfssituatie met van het gemiddelde bedrijf met een lagere gemiddelde energiebehoefte zonder quotumrestrictie voert net als het gemiddelde bedrijf met lagere energiebehoefte met quotum, het minimum aan graskuil. Het bedrijf heeft in deze situatie per koe relatief minder eigen verbouwd ruwvoer ter beschikking en het koopt daarom meer energie uit krachtvoer aan. Ook hier is door het hogere aandeel krachtvoer, opnamecapaciteit niet langer beperkend.

Het intensieve bedrijf heeft een lagere ruwvoerproductie dan het gemiddelde bedrijf en moet hierdoor meer voer aankopen. Het aankopen van krachtvoer is voor dit bedrijf in het model de meest optimale manier om aan de beperkingen van het rantsoen te kunnen voldoen. Het intensieve bedrijf heeft daarom in alledrie de bedrijfssituaties 8 kg krachtvoerbrok in het rantsoen opgenomen. Dit is maximaal mogelijke aantal kg krachtvoerbrok. Door het hoge aandeel krachtvoer in het rantsoen is de opnamecapaciteit is dan ook niet beperkend voor het intensieve bedrijf. De OEB-norm en energienorm zijn nog wel beperkend. Ook in de bedrijfssituaties van de intensieve bedrijven is het minimum aan graskuil in het rantsoen opgenomen. Het intensieve bedrijf voert wanneer de energiebehoefte omlaag gaat, minder snijmaïs per koe.

#### *Het rantsoen in de weideperiode*

In alle rantsoenen in de weideperiode is als gevolg van de in het model opgenomen restrictie, het minimum van 4 kg snijmaïs opgenomen. Het rantsoen in de weideperiode van het gemiddelde bedrijf met gemiddelde energiebehoefte bestaat daarnaast voornamelijk uit gras, aangevuld met 2,31 kg standaardbrok. Opnamecapaciteit, de OEB-norm en energiebehoefte zijn in deze situatie opnieuw alledrie beperkend. Omdat gras relatief veel eiwit bevat, is het voeren van de standaardbrok voldoende om aan de OEB-norm te kunnen voldoen. De krachtvoerverstrekking in deze situatie is daarom voornamelijk om aan de energiebehoefte van de koeien te kunnen voldoen. Het verschil tussen het weiderantsoen van de twee situaties met lagere energiebehoeften en de situatie met gemiddelde energiebehoefte, bestaat voornamelijk uit een verlaging van de standaardbrok met ongeveer 1,3 kg in de situaties met lagere energiebehoefte.

Het grootste verschil van het rantsoen tussen het intensieve bedrijf en het gemiddelde bedrijf in de weideperiode is voornamelijk dat de gemiddelde bedrijven gras met een lager stikstofgift per hectare voeren. De intensieve bedrijven hebben een hoger stikstofgift per hectare omdat deze bedrijven de kosten voor ruwvoeraankoop proberen te beperken door de maximale grasproductie per hectare te realiseren. Het verschil tussen de energiebehoeften tussen de bedrijfssituaties van het intensieve bedrijf met gemiddelde energiebehoefte en met lagere energiebehoefte is net als bij het gemiddelde bedrijf terug te vinden in het hogere aandeel van krachtvoer in het rantsoen bij de situatie met een gemiddelde energiebehoefte ten

opzichte van de situaties met een lagere energiebehoefte. Dit verschil is opnieuw ongeveer 1,3 kg. Het krachtvoergift is in de situaties van het intensieve bedrijf met lagere energiebehoefte 1 kg, wat als minimaal krachtvoergift opgenomen is in het model. De OEB-norm is net als bij het gemiddelde bedrijf zonder quotumrestrictie, voor het intensieve bedrijf in alle situaties niet langer beperkend. De verschillen in de teeltplannen in de situaties zijn terug te herleiden op de verschillen in de rantsoenen. In tabel 4.4 zijn de teeltplannen van de bedrijven samengevat.

Tabel 4.5: Het teeltplan

Teeltplan (ha)	Gemiddeld bedrijf			Intensief bedrijf		
	Gem. energie-behoefte	Lagere energiebehoefte	Zonder quotum	Gem. energie-behoefte	Lagere energiebehoefte	Zonder quotum
- grasland	29.31	28.39	29.40	24.74	25.61	26.23
- mais voor melk- en jongvee	12.56	13.61	12.60	9,26	8,39	7,77
N-niveau grasland (Nmin/ha)	154.73	158.05	168,50	224,62	209,08	224,25
Aankoop mais (1000 kVem)	0.00	0.00	0,00	32,85	35,91	49,33
Idem in ha	0.00	0,00	2,79	2,79	3,05	4,19
Aankoop kv (1000 kVEM)	84.08	62.49	79,12	98,16	86,78	90,66
Aankoop kv opfok (1000 kg)	1.55	1.55	1,62	1,55	1,55	1,62

#### Het teeltplan

Het teeltplan voor het gemiddelde bedrijf bestaat uit 29,31 ha. grasland waarop gemiddeld 154,73 stikstof per hectare wordt aangewend. Daarnaast is 12,5 hectare van de 42 hectare in gebruik voor het verbouwen van snijmaïs voor het melk- en jongvee. Het verschil tussen het gemiddelde bedrijf in een situatie met een gemiddelde en in een situatie met een lagere energiebehoefte met quotum is niet erg groot. Het bedrijf in de situatie met lagere energiebehoefte met quotum verbouwt iets minder gras en iets meer maïs. Het bedrijf in een situatie met een lagere energiebehoefte zonder quotumrestrictie verbouwt juist meer gras en minder maïs. Dit het resultaat van de intensivering van het bedrijf. Het bedrijf moet ruwvoer gaan aankopen. Kuilgras kan in het model niet aangekocht worden en zal dus door het bedrijf zelf verbouwd moeten worden, terwijl er wel een mogelijkheid bestaat om snijmaïs aan te kopen. Het model stuurt daarom op het realiseren van de eigen grasproductie en maïsproductie is slechts een sluitpost. Het bedrijf bemest het grasland in deze situatie intensiever dan dat het bedrijf in de andere twee bedrijfssituaties doet. Ook dit is het gevolg van de intensivering van het bedrijf. Het wordt voor het bedrijf in deze intensievere situatie aantrekkelijk om een hogere productie per hectare grasland te realiseren.

De teeltplannen van de bedrijfssituaties van het intensieve bedrijf en het gemiddelde bedrijf verschillen met name in de hoeveelheid snijmaïs opgenomen in het teeltplan. De oorzaak

hiervoor is opnieuw dat het intensieve bedrijf door haar intensiteit niet zelfvoorzienend is in ruwvoer. In het model enkel mogelijk is om snijmaïs aan te kopen. Het intensieve bedrijf met gemiddelde energiebehoefte en het intensieve bedrijf met lagere energiebehoefte zonder quotum hebben weinig verschillen in hun teeltplannen. Het intensieve bedrijf in een situatie met lagere energiebehoefte zonder quotumrestrictie, verbouwt nog minder snijmaïs en meer gras dan het intensieve bedrijf in de andere situaties. Dit is het gevolg van verdere intensivering van het bedrijf, waardoor het bedrijf relatief nog een groter deel van haar ruwvoer zal moeten aankopen.

#### 4.4.2 Milieutechnische resultaten

Tabel 4.6 geeft de N en P2O5 balansen op bedrijfsniveau in de verschillende situaties.

Tabel 4.6: Milieutechnische resultaten

N-balans bedrijfsniveau:	Gemiddelde bedrijf			Intensieve bedrijf		
	Gem. energie- Behoefte	Lagere energiebehoefte Met quotum	Zonder quotum	Gem. energie- Behoefte	Lagere energiebehoefte Met quotum	Zonder quotum
- Aanvoer (kg/ha)						
* depositie	49,00	49,00	49,00	49,00	49,00	49,00
* krachtvoer	73,15	64,42	71,46	95,03	85,18	88,99
* kunstmest	85,57	94,35	99,18	123,19	120,86	130,57
* ruwvoer	0,00	0,00	0,00	14,39	15,72	21,60
Totaal	207,71	219,64	281,61	270,76	290,16	281,37
- Afvoer (kg/ha)						
* melk	65,24	65,24	68,16	80,59	80,59	84,20
* vlees (verkopen-aankopen)	5,52	5,52	5,76	6,82	5,76	6,82
* ruwvoer	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
* mest	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Totaal	70,76	70,76	73,92	87,41	87,41	91,32
- Overschot (kg/ha)	136,95	137,01	145,72	194,20	183,35	198,85
P2O5-balans bedrijfsniveau:						
- Aanvoer (kg/ha)						
* krachtvoer	31,92	27,42	31,01	42,20	37,74	39,43
* kunstmest	15,58	15,91	16,50	16,63	19,26	15,49
* ruwvoer	0,00	0,00	0,00	4,65	5,08	6,98
Totaal	47,50	47,50	63,48	62,09	61,90	61,58
- Afvoer (kg/ha)						
* melk	25,36	25,36	26,49	31,32	31,32	32,72
* vlees (verkopen-aankopen)	4,17	4,17	4,36	5,15	4,36	5,15
* ruwvoer	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
* mest	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Totaal	29,53	29,53	30,85	36,47	36,47	38,11
- Overschot (kg/ha)	17,97	13,81	16,66	27,01	25,61	23,80



Het gemiddelde bedrijf heeft als grootste aanvoerposten van N en P aanvoer in kunstmest en in krachtvoer. De grootste afvoerposten bestaan uit afvoer in melk en in dieren. Het bedrijf hoeft geen mest af te zetten. De bedrijfssituaties met lagere energiebehoeften hebben een lagere aanvoer van N en P in krachtvoer dan het gemiddelde bedrijf. Het P overschot is voor het gemiddelde bedrijf in de situaties met lagere energiebehoefte daardoor lager dan in de situatie met gemiddelde energiebehoefte. Voornamelijk door de hogere aanvoer van N in kunstmest in de bedrijfssituaties van het gemiddelde bedrijf met lagere energiebehoefte, is het N overschot per ha groter dan voor het gemiddelde bedrijf met gemiddelde energiebehoefte. Bij de productie van ruwvoer heeft het bedrijf stikstofverliezen. De stikstofverliezen van het aangekochte voer zijn al gemaakt vóór de aankoop van dit voer, wat resulteert in een gunstigere stikstofbalans voor aangekocht voer dan voor zelf geproduceerd voer. Omdat het gemiddelde bedrijf in de situaties met lagere energiebehoefte in vergelijking tot het gemiddelde bedrijf in de situatie met gemiddelde energiebehoefte meer ruwvoer uit eigen productie heeft opgenomen in het rantsoen, zijn de stikstofverliezen in deze situaties hoger. Het gemiddelde bedrijf hoeft in deze situaties nog steeds geen mest af te voeren.

De intensieve bedrijfssituaties hebben een hogere aanvoer van mineralen dan de gemiddelde bedrijfssituaties door de hogere aanvoer in kunstmest en in het aangekochte ruwvoer. De intensieve bedrijfssituaties hebben door de hogere aanvoer van mineralen en het lagere aantal ha, ondanks een iets grotere afvoer van mineralen in melk en vlees, een duidelijk hoger N en P overschot per ha dan de gemiddelde bedrijfssituaties. De bedrijfssituatie met lagere energiebehoefte met quotum heeft een lagere aanvoer van N en P in krachtvoer dan het bedrijf met gemiddelde energiebehoefte, waardoor het bedrijf met lagere energiebehoefte met quotum een lager N en P overschot heeft. Het bedrijf met lagere energiebehoefte zonder quotumrestrictie heeft door de lagere aanvoer van mineralen in krachtvoer en de grotere afvoer van mineralen in voornamelijk melk, een lager overschot van P maar een hoger N overschot, voornamelijk doordat in deze situatie de aanvoer van N in aangekocht ruwvoer hoger is dan voor het intensieve bedrijf met gemiddelde energiebehoefte. Het intensieve bedrijf in geen van de situaties mest af te voeren.

#### 4.4.3 Economische resultaten

In tabel 4.7 zijn de economische resultaten van de verschillende optimalisaties samengevat.

Tabel 4.7: Economische resultaten

Economische resultaten	Gemiddeld bedrijf			Intensief bedrijf		
	Gemiddelde energie- Behoefte	Lagere energiebehoefte		Gemiddelde energie- Behoefte	Lagere energiebehoefte	
Opbrengsten (in euro's)		Met quotum	Zonder quotum		Met quotum	Zonder quotum
Melk	148.115	148.115	154.739	148.115	148.115	154.739
Omzet en aanwas	16.601	16.601	17.343	16.601	16.601	17.343
Bedrijfstoeslag	22.499	22.499	22.499	22.499	22.499	22.499
Totale opbrengsten	187.216	187.216	194.582	187.216	187.216	194.582
Kosten (in euro's)						
Kosten grasland	7.959	6.935	7.612	6.674	6.752	7.044
Kosten maisland	15.509	16.812	15.559	11.434	10.365	9.590
Krachtvoerkosten	15.731	12.602	15.046	17.607	15.664	16.365
Aangekocht ruwvoer	0	0	0	4.524	4.944	6.792
Kosten meststoffen	2.947	3.221	3.380	3.327	3319	3486
Injecteren mest	5.066	4.998	5.259	5.047	5006	5405
Overige variabele kosten	23.380	23.380	24.425	23.380	23,380	24,425
Totale variabele kosten	70.593	67.948	71.283	71.992	69430	73107
Totale vaste kosten	87.416	87.416	87.476	83.313	83.313	83,373
Arbeidsopbrengst ( in euro's)	29.207	31.852	35.823	31.910	34.472	38.101
Toename arbeidsopbrengst (in euro's)		2.645	6.621		2.562	6.191
Toename arbeidsopbrengst per 100 kg melk (in euro's)		0,52	1,23		0,50	1,15

De optimalisatie van het gemiddelde bedrijf in een situatie met gemiddelde energiebehoefte resulteert in een arbeidsopbrengst van €29.207. De opbrengsten bestaan uit melk, omzet en aanwas en bedrijfstoelagen. De grootste kostenposten zijn de vaste kosten voor machines, land en gebouwen, krachtvoerkosten en kosten voor het beheren van het maïs- en grasland. Optimalisatie van het gemiddelde bedrijf met lagere energiebehoefte in een situatie met quotum resulteert in een arbeidsopbrengst van € 31.852. Dit is een verschil van € 2.645. De optimalisatie van het gemiddelde bedrijf met lagere energiekosten en in een situatie zonder quotumrestrictie resulteert in een arbeidsopbrengst van € 35.823. Dit is een verschil van € 6.621,- ten opzichte van de situatie met gemiddelde energiebehoefte. Het grootste verschil tussen het gemiddelde bedrijf in een situatie met gemiddelde energiebehoefte en de twee situaties met lagere energiebehoefte zijn de lagere krachtvoerkosten in de situaties met lagere energiebehoefte. Het bedrijf met lagere energiebehoefte zonder quotum heeft hogere kosten voor meststoffen, injecteerkosten en jongveekosten dan het bedrijf met gemiddelde energiebehoefte. Het verschil in opbrengst in de situatie met lagere energiebehoefte zonder quotumrestrictie is het gevolg van hogere opbrengsten uit verkoop van melk als

gevolg van een stijging van de melkproductie van 517.000 kg naar 540.000 kg en uit verkoop van melk- en jongvee.

De optimalisatie van het intensieve bedrijf resulteert bij de drie situaties in een iets hogere arbeidsopbrengst dan in de situaties van het gemiddelde bedrijf, voornamelijk als gevolg van de lagere kosten voor grond op het intensieve bedrijf. De optimalisatie van het intensieve bedrijf met gemiddelde energiebehoefte resulteert in een arbeidsopbrengst van € 31.910. De optimalisatie voor de situatie van het intensieve bedrijf met lagere energiebehoeften met quotum resulteert in een arbeidsopbrengst van €34.472 Dit is een verschil van ongeveer €2.562 ten opzichte van het intensieve bedrijf met gemiddelde energiebehoefte. Het verschil is dus iets minder dan bij het gemiddelde bedrijf. De optimalisatie van het intensieve bedrijf in een situatie met lagere energiebehoeften zonder quotumrestrictie resulteert in een arbeidsopbrengst van €38.101. Dit geeft opnieuw een iets minder groot verschil van ongeveer € 6.191 ten opzichte van het intensieve bedrijf met gemiddelde energiebehoefte. Het grootste verschil tussen het intensieve bedrijf in de situatie met gemiddelde energiebehoeften ten opzichte van de situaties met lagere energiebehoeften wordt wederom gevormd door de lagere krachtvoerkosten. Het intensieve bedrijf in de situaties met lagere energiebehoeften heeft echter hogere kosten voor vooral aankoop van ruwvoer (snijmaïs). Net als bij het gemiddelde bedrijf heeft het intensieve bedrijf in de situatie met lagere energiebehoeften zonder quotumrestrictie daarnaast iets hogere variabele kosten, drijfmestkosten en jongveekosten. Hiertegenover staan opnieuw de hogere opbrengsten voor verkoop uit melk en verkoop uit melk- en jongvee.

#### *4.5 Gevoeligheidsanalyses*

Om te testen hoe robuust de uitkomsten zijn, zal allereerst een gevoeligheidsanalyse gemaakt worden op de gerealiseerde verbetering van de energie-efficiëntie door het berekenen van het effect van een 50% lagere energie-efficiëntieverbetering en het effect van een 50% hogere energie-efficiëntieverbetering. Hierna volgen de gevoeligheidsanalyses van twee factoren die een grote invloed hebben op de arbeidsopbrengst. Allereerst zal het effect van een verhoging en verlaging van de melkprijs met 10% berekend worden. Vervolgens zal het effect van een verhoging en verlaging van de prijs voor krachtvoer met 10% berekend worden.

##### *4.5.1 Verschil in energie-opname ten opzichte van de CVB-norm*

In deze scriptie zijn de economische consequenties berekend van een verbetering van de energie-efficiëntie van 29,94 VEM per kg meetmelk ten opzichte van de norm van het CVB door Dynamisch voeren. Omdat de berekende energie-efficiëntieverbetering gebaseerd is op verschillende aannames en daardoor nogal onzeker is, is het goed om te bepalen wat het economische effect is van een 50% lagere en een 50% hogere energie-efficiëntieverbetering.

De effecten op de arbeidsopbrengst in de verschillende bedrijfssituaties van een 50% lagere en 50% hogere energie-efficiëntieverbetering zijn daarom hieronder samengevat in tabel 4.8.

*Tabel 4.8: Overzicht van de arbeidsopbrengst per bedrijfssituatie bij een verhoging of verlaging het verschil in energie-efficiëntie met 50%*

	Gemiddeld bedrijf Gemiddelde energie- Behoefte	Lagere energiebehoefte Met quotum Zonder quotum		Intensief bedrijf Gemiddelde energie- Behoefte	Lagere energiebehoefte Met quotum Zonder quotum		
Basissituatie:							
- Arbeidsopbrengst	29.207	31,852	35,823	31.910	34.472	38.101	
- Toename arbeidsopbrengst	-	2.645	6.616	-	2.562	6.191	
- Toename arbeidsopbrengst per 100 kg melk	-	0,52	1,23	-	0,50	1,15	
50% lagere verbetering energie-efficiëntie:							
- Arbeidsopbrengst	29.207	30.384	32.455	31.910	33.214	34.932	
- Toename arbeidsopbrengst	-	1.117	3.248	-	1.304	3.022	
- Toename arbeidsopbrengst per 100 kg melk	-	0,22	0,62	-	0,23	0,57	
50% hogere verbetering energie-efficiëntie:							
- Arbeidsopbrengst	29.207	32.286	38.585	31.910	35.241	40.918	
- Toename arbeidsopbrengst	-	3.079	9.378	-	3.331	9.008	
- Toename arbeidsopbrengst per 100 kg melk	-	0,60	1,70	-	0,64	1,63	

Uit de tabel wordt duidelijk dat een 50% lagere energie-efficiëntieverbetering voor alle bedrijven een groter effect heeft op de arbeidsopbrengst dan een 50% hogere energie-efficiëntieverbetering. De belangrijkste reden hiervoor is dat het dier bij een energie-efficiëntieverbetering niet alleen minder energie hoeft op te nemen maar ook dat dan opnamecapaciteit minder snel als beperking geldt. In het rantsoen kan daardoor het duurdere krachtvoer gedeeltelijk met ruwvoer gesubstitueerd worden. Dit effect neemt niet lineair toe bij toename van de energie-efficiëntieverbetering omdat de in het model opgenomen restricties zoals bijvoorbeeld de OEB-norm en het voeren van een minimum aan krachtvoer, graskuil en snijmaïs bij toename van de energie-efficiëntie op een bepaald punt als beperking zullen gaan werken.

#### 4.5.2 Melkprijs

Opbrengsten uit melkgeld vormen de belangrijkste opbrengsten van het melkveebedrijf. De melkprijs is de afgelopen paar jaar vrij hevig gefluctueerd en het is de verwachting dat de melkprijs in de toekomst vrij hevig zal blijven fluctueren (Zijlstra et al., 2007). De melkprijs kan een effect hebben op de productiestrategie van het bedrijf en op de arbeidsopbrengst. In tabel 4.9 zijn de effecten van een verhoging en verlaging van de melkprijs met 10% op de arbeidsopbrengst en op het rendement van een verbetering van de energie-efficiëntieverbetering per bedrijfssituatie samengevat.

Tabel 4.9: Overzicht van de arbeidsopbrengst per bedrijfssituatie bij een verhoging of verlaging van de melkprijs met 10%

	Gemiddeld bedrijf Gemiddel de energie-			Intensief bedrijf		Lagere energiebehoefte Zonder quotum
	Behoefte	Lagere energiebehoefte Met quotum	Zonder quotum	Gemiddelde energie- Behoefte	Met- quotum	
Basissituatie:						
- Arbeidsopbrengst	29.207	31,852	35,823	31.910	34.472	38.101
- Toename arbeidsopbrengst	-	2.645	6.616	-	2.562	6.191
- Toename arbeidsopbrengst per 100 kg melk	-	0,52	1,23	-	0,50	1,15
10% lagere melkprijs						
- Arbeidsopbrengst	14.395	17.040	20.349	17.098	19.660	22.627
- Toename arbeidsopbrengst	-	2.645	5.954	-	2.562	5.529
- Toename arbeidsopbrengst per 100 kg melk	-	0,52	1,10	-	0,50	1,02
10% hogere melkprijs						
- Arbeidsopbrengst	44.019	46.664	51.297	46.722	49.284	53.575
- Toename arbeidsopbrengst	-	2.645	7.278	-	2.562	6.853
- Toename arbeidsopbrengst per 100 kg melk	-	0,52	1,35	-	0,50	1,27

Een verlaging van de melkprijs met 10% zorgt voor alle bedrijfssituaties voor een daling van het melkgeld met 10%. De opbrengsten in de situaties zonder quotumrestrictie produceren, door verhoging van de melkproductie in deze situaties, efficiënter melk produceren dan de situatie met gemiddelde energiebehoefte. Bij een verhoging van de melkprijs zal dit verschil toenemen ten opzichte van de situatie met gemiddelde energiebehoefte. Hierdoor leidt een stijging van de melkprijs in tot een verhoging van het rendement van Dynamisch voeren. Bij een verlaging van de melkprijs wordt de productie van extra melk in de situaties zonder quotumrestrictie minder efficiënt, waardoor het rendement van Dynamisch voeren in deze situaties daalt, terwijl een verandering in de melkprijs bij de situaties met quotum geen effect heeft op de rendabiliteit van Dynamisch voeren. Een verschil in melkproductie van 23.000 kg melk tussen de bedrijfssituaties met quotum en de bedrijfssituaties zonder quotumrestrictie heeft als gevolg dat de rendabiliteit van Dynamisch voeren in de situatie zonder quotum bij verlaging van de melkprijs met 10% € 661 lager en bij een verhoging van de melkprijs met 10% € 661 hoger is.

#### 4.5.3 Krachtvoerprijs

Kosten voor aangekocht krachtvoer vormen een grote kostenpost voor de verschillende bedrijfssituaties. Ook de krachtvoerkosten kunnen daarom een effect hebben op de productiestrategie van het bedrijf en op de arbeidsopbrengst. In tabel 4.10 zijn de effecten op de arbeidsopbrengst voor de situaties samengevat.

Tabel 4.10: Overzicht van de arbeidsopbrengst per bedrijfssituatie bij een verhoging of verlaging van de krachtvoerprijs met 10%

	Gemiddeld bedrijf Gemiddelde energie- Behoefte			Intensief bedrijf Gemiddelde energie- Behoefte		
	Behoefte	Lagere energiebehoefte Met quotum	Zonder quotum	Behoefte	Lagere energiebehoefte Met quotum	Zonder quotum
Basissituatie:						
- Arbeidsopbrengst	29.207	31.852	35.823	31.910	34.472	38.101
- Toename arbeidsopbrengst	-	2.645	6.616	-	2.562	6.191
- Toename arbeidsopbrengst per 100 kg melk	-	0,52	1,23	-	0,50	1,15
10% lagere krachtvoerprijs						
- Arbeidsopbrengst	30.808	33.137	37.343	33.678	36.048	40.034
- Toename arbeidsopbrengst	-	2.329	6.535	-	2.370	6.356
- Toename arbeidsopbrengst per 100 kg melk	-	0,41	1,21	-	0,46	1,18
10% hogere krachtvoerprijs						
- Arbeidsopbrengst	28.646	30.621	34.496	30.322	33.137	36.707
- Toename in arbeidsopbrengst	-	1.975	5.850	-	2.815	6.385
- Toename arbeidsopbrengst per 100 kg melk	-	0,38	1,08	-	0,54	1,18

Uit tabel 4.10 blijkt dat een verandering van de krachtvoerprijs een wisselend gevolg heeft voor het rendement van dynamisch voeren. Van belang hierbij is de verhouding krachtvoer/ruwvoer die in de basissituaties in het stalrantsoen gevoerd wordt. Uit tabel 4.3 blijkt dat relatief veel krachtvoer gevoerd wordt. Bij een verlaging van de krachtvoerprijs blijven de rantsoenen globaal gesproken hetzelfde. Dit betekent dat voor het gemiddelde bedrijf met quotum de besparing op de krachtvoerkosten ten opzichte van de situatie met gemiddelde energiebehoefte door de lagere krachtvoerprijs minder geld oplevert. Hierdoor neemt het rendement van Dynamisch voeren af. Bij de stap naar de situatie met de lagere energiebehoefte zonder quotum treedt een tegengesteld effect op. Door de vergroting van de veestapel moet extra krachtvoer aangekocht worden en omdat dit goedkoper is komt het rendement weer dicht bij het rendement in de basissituatie te liggen. Omdat het intensieve bedrijf veel extra krachtvoer aankoopt wordt het rendement zelfs beter.

Bij een verhoging van de krachtvoerprijs gaat het gemiddelde bedrijf in de situaties met de lagere energiebehoefte krachtvoer vervangen door hogere productie van eigen ruwvoer. In de situatie met de gemiddelde energiebehoefte kan dat niet vanwege de beperkte opnamecapaciteit. Dit leidt tot een verlaging van het rendement. Het intensieve bedrijf heeft minder mogelijkheden om het rantsoen te wijzigen, vandaar een verhoging van het rendement door de hogere krachtvoerprijs.

## 5. Discussie

In de discussie wordt eerst ingegaan op de beperkingen van de statistische analyses en worden een aantal aannames die gemaakt zijn bij de berekeningen kort bediscussieerd. Vervolgens wordt ingegaan op de berekeningen met het LP-model. Enkele aannames van de modelberekeningen worden bediscussieerd, waarna de resultaten van de optimalisaties bediscussieerd worden.

### *Statistische analyse*

Aan alle koeien waarvan individuele energieopname en individuele residuele energieopname zijn bepaald, werd krachtvoer verstrekt volgens het Dynamisch Voersysteem. Dit maakt het niet mogelijk de resultaten van de bepalingen te vergelijken met een controlegroep om de eventuele effecten van het Dynamisch voersysteem op de individuele (residuele) voeropname te bepalen. Het ontbreken van een controlegroep maakt het onmogelijk de gevonden hogere gemiddelde energie-efficiëntie met zekerheid toe te schrijven aan Dynamisch voeren.

Uit de literatuur blijkt dat residuele energieopname bestaat uit de energieopname gecorrigeerd voor onderhoud, jeugdgroei, dracht en mobilisering en aanzet van lichaamsweefsels. Bij de berekening van de residuele energieopname is de behoefte voor dracht echter niet meegenomen omdat deze verwaarloosbaar klein wordt geschat. Omdat het over vrij lage verschillen gaat, 29,94 VEM per kg meetmelk is slechts 4,71% van de totale residuele energieopname per kg meetmelk, kan deze veronderstelling bediscussieerd worden. De gegevens over dracht van de koeien waren echter niet compleet en wanneer behoeften voor dracht wel waren meegenomen, was het verschil tussen de bepaalde residuele energieopname en de norm groter geweest waardoor de resultaten van het verschil tussen de voeropname van de koeien uit de proef en de norm een te lage bepaling zijn. Daarnaast is energie benodigd voor dracht niet direct te meten maar kan deze alleen berekend worden met het aannemen van een energiebehoefte voor dracht.

Bij het berekenen van de energie-efficiëntie per koe, zijn alle waarnemingen van de koeien meegenomen. Van een aantal koeien is ook de energie-efficiëntie van de eerste 20 dagen berekend, en van een aantal koeien zijn zelfs slechts enkel berekeningen van de energie-efficiëntie aan het begin van de lactatie beschikbaar, en geen verdere gegevens van de efficiëntie later in de lactatie. Dynamisch voeren bouwt het krachtvoergift in de eerste 20 dagen van de lactatie voor alle koeien op dezelfde wijze lineair op en begint pas op dag 20 met het bepalen van het optimale krachtvoergift met behulp van de responsparameters op krachtvoer. Dynamisch voeren is op deze manier ingesteld, omdat aan het begin van de lactatie nog niet voldoende gegevens beschikbaar zijn om goede basisparameters te bepalen en omdat het moeilijk is om in de eerste dagen van de lactatie door bijkomstigheid van andere factoren de krachtvoerrespons vast te kunnen stellen (Duinkerken et al., 2003). In de

berekening van de correlatie zijn dus gegevens over de individuele gemiddelde energie-efficiëntie van een aantal koeien vergeleken met het gemiddelde van responsparameters die niet de complete weergave van de gemiddelde energie-efficiëntie over alle meetdagen vormen. Dit kan een effect hebben op het correlatiecoëfficiënt.

In de literatuur zijn verschillende effecten van de respons in melkgift op krachtvoer beschreven. Voorbeelden hiervan zijn het effect van conditiescore en melkproductie op substitutieniveau (Faverdin et al., 1991). Deze effecten zouden meegenomen kunnen worden in de bepaling van de responsparameters van Dynamisch voeren. Hierdoor zouden de responsparameters nauwkeuriger kunnen worden. Ook dit zou een effect kunnen hebben op het correlatiecoëfficiënt.

### *Economische analyse*

Het 'intensieve' bedrijf is gebruikt om te kunnen bepalen wat de invloed op de resultaten is wanneer een bedrijf niet zelfvoorzienend is in haar ruwvoervoorziening. In het model is dit bij een intensiteit van 15.000kg melk/ha al een tijd niet meer het geval. In Nederland echter zijn veel melkveebedrijven stukken intensiever dan het 'intensieve bedrijf'. Daarnaast zijn er verschillende bedrijven met een intensiteit van rond de 20.000kg melk/ha, welke zichzelf nog als zelfvoorzienend in de ruwvoervoorziening beschouwen. Deze bedrijven werken echter over het algemeen niet met weidegang en voeren vaak bijproducten bij. Het is daarom discutabel een bedrijf zelfvoorzienend in ruwvoer te noemen. In deze scriptie is daarom gekozen bedrijven welke ander voer dan het eigen verbouwde ruwvoer moeten aanvoeren, niet langer als zelfvoorzienend in ruwvoer te beschouwen.

De berekeningen zijn gedaan in een situatie waar het bedrijf werkt met beperkt weiden. De mogelijkheden om de dieren het jaarrond op stal te houden of om onbeperkt weiden toe te passen, wat in de melkveehouderij in veel gevallen wel gebeurt, zijn niet opgenomen in de berekeningen. Hierdoor dekt de optimalisatie van het teeltplan en het rantsoen dus maar een beperkt deel van alle mogelijkheden voor het rantsoen en het teeltplan. De keuze voor een bedrijf met beperkte weidegang is gemaakt omdat het merendeel van de Nederlandse melkveehouders beperkte weidegang toepast. 55% van de Nederlandse melkveebedrijven paste in 2007 beperkte weidegang toe (LEI, 2008), 23% onbeperkte weidegang en 22% stalde de dieren het jaarrond op.

In het model kan enkel snijmaïs aangekocht worden en een beperkt aanbod bijproducten. De keuzes die het melkveebedrijf heeft in de aankoop van voer zijn daarom beperkt ten opzichte van de praktijk. Ondanks de beperkte keuze in het model, blijft de verwachting dat dit de totale uitkomst van de optimalisatie niet in grote mate beïnvloeden.



Wanneer het verschil in arbeidsopbrengst omgerekend wordt naar het dagelijks resultaat per koe per dag, uitgaande van de 305 dagenproductie welke in het model aangehouden wordt, geeft Dynamisch voeren in de minst rendabele situatie, het gemiddelde bedrijf in een situatie met quotum, een rendement 0,16 cent per koe per dag en voor de meest rendabele situatie, het gemiddelde bedrijf in een situatie zonder quotumrestrictie, van 0,38 cent per koe per dag. André et al. berekenden het rendement van Dynamisch voeren per koe per dag van 4 melkveebedrijven die gebruik maakten van een Dynamisch voersysteem. In dit onderzoek werd het rendement op dierniveau berekend, het effect op bedrijfsniveau werd niet berekend. André berekenden een rendement van 0,20 tot 2,03 euro per koe per dag (André et al., ongepubliceerd). De berekening van het rendement in dit onderzoek in de minst rendabele situatie komt vrij goed overeen met de berekeningen van André et al. Geen van de berekende rendementen komen echter in de buurt van de 2,03 euro welke André et. al in hun meest positieve situatie berekend hebben. Uit de berekeningen van het model blijkt dat de bedrijven in een situatie zonder quotumrestrictie optimaler gebruik kunnen maken van Dynamisch voeren. In de berekeningen is gekozen de bedrijven niet verder te laten groeien dan dat er ruimte in de energie aanwezig op het bedrijf om de dieren te voeren is vrijgekomen doordat per dier minder energie nodig is. In werkelijkheid kunnen bedrijven in een situatie zonder quotum makkelijker verder doorgroeien. Het is echter niet waarschijnlijk dat met bijvoorbeeld een grotere bedrijfsomvang met behulp van het model een rendement in de buurt van deze 2,03 euro berekend kan worden. Het positieve effect van een hogere melkproductie op het effect van Dynamisch voeren zal niet in een gelijke mate mee blijven groeien. Wanneer het bedrijf een zekere omvang heeft bereikt, zullen andere factoren zorgen voor een verhoging van de kosten. Zo zal de stalcapaciteit vergroot moeten worden, waardoor de vaste kosten zullen stijgen. Daarnaast zal het bedrijf wanneer het intensiever wordt en geen grond aankoopt, op een bepaald moment verplicht zijn mest af te voeren, wat kosten met zich mee brengt.

Het bedrijf Agrovision, gespecialiseerd in software voor managementsystemen voor agrarische bedrijven heeft Dynamisch voeren in samenwerking met Agrifirm en For Farmers, twee mengvoederproducenten, in Nederland in de markt gezet. Aan een bedrijf met 70 melkkoeien bieden zij Dynamisch voeren aan voor 300 euro op jaarbasis. Hiervoor leveren zij technische ondersteuning en veevoedkundige ondersteuning. Voorwaarden waar het melkveebedrijf aan moet voldoen om gebruik te kunnen maken van Dynamisch voeren zijn de aanwezigheid van krachtvoerstations met koeherkenning en automatische melkmeting gekoppeld aan het managementsysteem van het bedrijf. Bij bepaling van de rendabiliteit van Dynamisch voeren moet daarom overwogen worden om de kosten van deze voorvereisten voor Dynamisch voeren (deels) mee te nemen.

Het berekende rendement van Dynamisch voeren gaat uit van een optimalisatie van de bedrijfsstrategie. Wanneer de bedrijfsstrategie niet als zodanig wordt aangepast, benut het

bedrijf niet alle voordelen van een hogere energie-efficiëntie en zal het rendement van Dynamisch voeren dus lager zijn dan mogelijk is. Het is daarom van belang dat melkveebedrijven die gaan werken met Dynamisch voeren, goede begeleiding en voorlichting krijgen zodat zij de voordelen van een lagere energie-efficiëntie die Dynamisch voeren met zich meebrengt, optimaal kunnen benutten.

In de bedrijfssituaties van het intensieve bedrijf werkt het als het maximum aan krachtvoer dat opgenomen in het model als een restrictie. Het bedrijf zou een hoger rendement van Dynamisch voeren kunnen realiseren, wanneer deze beperking niet in het model was opgenomen. André et al (2007) bediscussiëren na onderzoek met het Dynamisch voersysteem, dat de risico's op pensverzuring welke verondersteld worden toe te nemen wanneer grote hoeveelheden krachtvoer aan melkvee worden verstrekt, sterk per koe verschillen en zo goed als niet voorkomen bij Dynamisch voeren omdat de afname van de vertering, die gepaard gaat met pensverzuring bij het berekenen van de responsparameters meegenomen wordt. Als reactie hierop wordt het krachtvoergift indien nodig, dus weer naar beneden bijgesteld. Het is daarom mogelijk dieren die een goede respons op krachtvoer blijven geven, zonder extra risico's op gezondheidsproblemen een vrij groot krachtvoergift te verstrekken. Met deze mogelijkheid is in het model geen rekening gehouden. Maar omdat model met een gemiddeld rantsoen en niet met individuele rantsoenen lijkt het maximum van gemiddeld 8 kg krachtvoer per koe genoeg ruimte te bieden om koeien met een goede krachtvoerespons een hoge krachtvoergift te verstrekken.

## 6. Conclusie

Uit statistische analyse van gegevens van 89 koeien, gevoerd met behulp van Dynamisch Voeren blijkt een correlatie van 0,20 tussen de responsparameter  $C_1$  welke in het Dynamisch Voersysteem het (lineaire) effect van krachtvoer op melk voorspelt en residuele energie-efficiëntie.

De gemiddelde energie-opname van de koeien gevoerd met het Dynamisch voersysteem was 29,94 VEM per kg meetmelk lager dan verwacht werd uitgaande van de berekende energiebehoefte met behulp van de CVB norm. De gemiddelde aanzet van lichaamsgewicht was hoger dan de gemiddelde mobilisering. Dieren zijn tijdens de meetperiode dus niet stelselmatig onder hun energiebehoefte gevoerd. De DVE-opname is vergelijkbaar met de door CVB voorspelde behoefte. De dieren zijn daarom tijdens de meetperiode niet stelselmatig onder de DVE-behoefte gevoerd. Met behulp van Dynamisch Voeren kan dus efficiënter gevoerd worden dan met het gangbare systeem waarin koeien gevoerd worden volgens de (CVB) norm.

Een energie-efficiëntieverbetering leidt bij een gemiddeld bedrijf in een quotumsituatie tot een verbetering van de arbeidsopbrengst met € 2.645,- en met € 6.616,- in een situatie zonder quotum. Het verschil in de arbeidsopbrengst in een situatie met lagere energiebehoeften voor het intensieve bedrijf is iets lager dan voor het gemiddelde bedrijf, omdat het gemiddelde bedrijf in een situatie zit waarin het nog mogelijkheden heeft de grond optimaler te benutten terwijl het intensieve bedrijf in een situatie zit waarin het de grond al optimaal benut.

Het beter benutten van de variatie in energie-efficiëntie door middel van dynamisch voeren leidt in het algemeen tot een verlaging van de stikstof- en fosfaatverliezen. Wordt de verbeterde efficiëntie gebruikt om de totale melkproductie te vergroten dan verdwijnt dit positieve milieu-effect.

Een groter verschil in energie-efficiëntie leidt niet tot een gelijksoortige verhoging van het rendement. Verschillende restricties die zijn opgenomen in het model zoals de OEB-norm, het minimum aan maïs- en graskuil en het maximum aan krachtvoer hebben een negatief effect op de toename van het rendement bij toename van het verschil in energie-efficiëntie.

De opbrengsten in de situaties zonder quotumrestrictie stijgen bij een verhoging van de melkprijs relatief meer doordat de melkproductie in deze situatie efficiënter is in vergelijking tot de situatie met gemiddelde energiebehoefte. Hierdoor leidt een stijging van de melkprijs in tot een verhoging van het rendement van Dynamisch voeren. Bij een verlaging van de melkprijs wordt de productie van extra melk in de situaties zonder quotumrestrictie minder efficiënt, waardoor het rendement van Dynamisch voeren in deze situaties daalt. Een

verandering van de melkprijs met 10% leidt in een situatie zonder quotum bij een melkproductie die 23.000kg hoger is dan in een situatie met quotum tot een toename van het effect op het rendement van Dynamisch voeren met €660.

Een verandering van de krachtvoerkosten heeft verschillende effecten op de bedrijfssituaties. Dit is voornamelijk het gevolg van verschillen in de verhouding tussen ruwvoer en krachtvoer in de rantsoenen van de bedrijven en verschil in de mogelijkheden van substitutie van krachtvoer met ruwvoer.

## 7. Referenties

- Adkinson, R.W.; Farmer, W.S.; Jenny, B.F. (1993). Feeding practices and income over feed cost on pasture-oriented dairy farms in Louisiana. *Journal of Dairy Sciences*; 76; p. 3547-3554
- André, G; Berentsen, P.B.M.; Duinkerken, van, G.;Engel, B, Oude Lansink; A.G.J.M. (unpublished) A simulation study to assess the economic potential of individual variation in milk yield response to concentrate intake of dairy cows during early lactation
- Arendonck, van, J.A.M. (1998). Genetic Aspects of Feeding Traits in Heifers.
- Arendonck, van, J.A.M.; Nieuwhof, G.J.; Vos, H.; Korver, S. (1991) Genetic Aspects of Feed Intake and Feed Efficiency in lactating dairy heifers. *Livestock Production Science*; 29 (1991); p. 263-275.
- Baldwin et al. 1987
- Bargeloh, J.F., Hibbs, J.W. en Conrad, H.R. (1975). Effect of prepartal hormone administration on feed intake and mineral metabolims of cows. *Journal Of Dairy Science*; 58; p.1701-1707
- Beever, D.E.; Rook, A.J.; France, J.; Dhanoa, M.S. and Gill, M.; (1991). A review of empirical and mechanistic models of lactational performance by the dairy cow. *Livestock Production Science*; p. 29:115-130.
- Beever, D.E. (2003). Managing dairy cows for optimal performance. *Recent advances in animal nutrition in Australia 2003*;14; p. 33–47.
- Beever, D.E. (2005). Feed conversion efficiency as a key determinant of dairy herd performance: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*; 47 (2007); p 645–657
- Bines, J.A. (1976) Regulation of food intake in dairy cows in relation to milk production. *Livestock Production Science*; 2; p. 115-128.
- Binfield, J., Donnellan, T., Hanrhan, K. en Westhoff, P. (2003). The Luxembouorg CAP reform agreement: Implicatons for EU and Irish Agriculture. Teagasc, p 1-69; Dublin, Ireland: rural Economy Research Centre.
- Broster, W.H.; Broster, V.H.; Clements, A.J. (1993) Feed utilization by the dairy cow over multiple lactations: a review. *Livestock Production Science*; 34 (1993); p. 1-21.
- de Aurajo; A.E.M., de Vries, A. (2003). Ranking of Dairy Farmers based on economic measures per cwt milk sold and per cwt milk equivalent. *Journal of Dairy Sciences*; 82 (suppl. 1); p. 358
- Bruce, J.M. ; Broadbent, J.P. en Topps, J.H. (1984). A model of the energy system of lactating and pregnant cows. *Journal of Animal Production*; 38; p. 351-362.
- Cant, J.P. 2005. Integration of data in feed evaluation systems. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism; 2<sup>nd</sup> edition; CAB International.

- McCarthy, S.; Horan, B.; Dillon, P.; O'Connor, P.; Rath, M.; Shalloo, L. (2007) Economic Comparison of Divergent Strains of Holstein-Friesian Cows in Various Pasture-Based Production Systems. *Journal of Dairy Science*; 90 (2007); p. 1493-1505
- Coulon, J.B en Rémond, B (1991). Variations in milk output and milk protein content in response to the level of energy supply to the dairy cow: a review. *Livestock Production Science*, 29 ( 1991 ); p. 31-47
- Chase, L.E. (2007). Dry Matter Intake: The Foundation of Dairy Rations. Department of Animal Science Cornell University.
- Chwalibog, A. (1991). Partial efficiencies of energy deposition in milk. 'Energy metabolism of farm animals; EAAP; 58; p. 300–304.
- Duinkerken, G. van; André, G.; Zom, R.L.G. (2003) Prototype van een Dynamisch Krachtvoer Advies Systeem voor Melkvee. (Prototype of a Dynamic Model for Concentrate Feeding to Dairy Cows.) *Praktijkrapport 37, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad*
- Emmans, G.C., Kyriazakis, I., 2001. Consequences of genetic change in farm animals on food intake and feeding behaviour. *Proceedings of the Nutrition Society* 60, 115–125.
- Faverdin, P.; Dulphy, J.P.; Coulon, J.B. ; Vérité, R. ; Garel, J.P. ; Rouel, J. ; Marquis, B. (1991). Substitution of roughage by concentrates for dairy cows. *Livestock Production Science*; 27 (1991); p. 137-156
- Forbes, M. (2007). *Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals 2<sup>nd</sup> edition*. CABI Head Office, Wallingford, Oxfordshire, UK. ISBN-13: 978 84593279 4
- van den Haar, M. (1998). Efficiency of Nutrient Use and Relationship to Profitability on Dairy Farms. *Journal of Dairy Sciences*; 81; p. 272–282
- Forbes, J.M. (1986). Effect of sex hormones, perganancy and lactation on digestion, metabolism and voluntary food intake. *Control of Digestion and Met abolism in the Ruminant*. Prentice Hall, New Jersey, p. 420-435.
- Glazier, D.S., 2002. Resource-allocation rules and the heritability of traits. *Evolution* 56, 1696–1700.
- Hooven, N.W.; Miller, R.H. en Smith, J.W. (1972). Relationships among whole- and part-lactation gross feed efficiency, feed consumption and milk yield. *Journal of Dairy Science*; 55 (1972); p. 1113-1122.
- Friggens, N.C.; Emmans, G.C.; Kyriazakis, I.; Oldham, J.D.; Lewis, M. (1997). Feed Intake Relative to Stage of Lactation for Dairy Cows Consuming Total Mixed Diets with a High or Low Ratio of Concentrate to Forage. *Journal of Dairy Science*; 81 (1998); p.2228-2239.
- Garcia, S.C.; Pedernera, M.; Fulkerson, W.J.; Horadagoda, A.; Nandra, K. (2007). Feeding concentrates based on individual cow requirements improves the yield of milk solids in

- dairy cows grazing restricted pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture*; 47 (2007); p. 502-508.
- Horan, B., P.; Faverdin, L.; Delaby, M.; Rath, P. Dillon. 2006. The effect of strain of Holstein-Friesian dairy cow on grass intake and milk production in various pasture-based systems. *Animal Science* ; 82 ; p.435–444.
- Huhtanen, P; Rinne, M; Nousiainen, J. (2008). Evaluation of concentrate factors affecting silage intake of dairy cows: a development of the relative total diet intake index. *Animal* (2008); 2:6; p. 942-953.
- Ingvarsen, K.L. (1994). Models of voluntary food intake in cattle. *Livestock Production Science*; 39; p. 19-39.
- Ingvarsen, K.L. en Andersen, J.B. (2000). Integration of metabolism and intake regulation: a review focusing on periparturient animals. *Journal of Dairy Science*; 83; p. 1573-1597
- Jarrige, R.; Demarquilly, C., Dulphy, J.P.; Hoden, A.; Robelin, J.; Geay, Y.; Journet, M.; Malterre, C.; Micol, D.; Petit, M.(1986). The INRA "Fill unit " system for predicting the voluntary intake of forage –based diets in ruminants: a review. *Journal of Animal Science*; 63 (1986); p. 1737-1758
- Kennedy, J.; Dillon, P.; Delaby, L.; Faverdin, P.; Stakelum, G.; Rath, M. (2003). Effect of Genetic Merit and Concentrate Supplementation on Grass Intake and Milk Production with Holstein Friesian Dairy Cows. *Journal of Dairy Sciences*; 86 (2003); p. 610-621.
- Korver, S. (1982). Feed intake and production in dairy breeds dependent on the ration. Phd Thesis, Wageningen Universiteit, Nederland.
- Korver, S. (1988). Genetic Aspects of Feed Intake and Feed Efficiency in Dairy Cattle: A Review. *Livestock Production Science*; 20 (1988); p. 1-13
- Kobayashi, Y., C. K.; Boyd, C. J.; Bracken, W. R.; Lamberson, D. H.; Keisler, M en Lucy, M.C. (1999). Reduced growth hormone receptor (GHR) messenger ribonucleic acid in liver of periparturient cattle is caused by a specific down-regulation of GHR1A that is associated with decreased insulin-like growth factor I. *Endocrinology* 140; p. 3947–3954
- Mertens, D.R. (1994). Regulation of forage intake in forage quality, evaluation and utilization. pp. 450-493, *American Society of Agronomy*, Madison, WI, USA.
- Oldham, J.D., Emmans, G.C., 1989. Prediction of responses to protein and energy-yielding nutrients. *Nutrition and lactation in the dairy cow*; p. 76-9; P. C. Garnsworthy, ed. Butterworths, London, England.
- Oldham, J.D., Emmans, G.C., 1989. Prediction of responses to required nutrients in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 72, 3212–3229.
- O'Keily, P.; Moloney, A.P; Killen, L.; Shannon, A. (1994). A computer program to calculate the cost of providing ruminants with home-produced feedstuff. *Computers and Electronics in Agriculture*;19:1 (1994); p. 23- 36

- Parke, P. Kennedy, B.W.; Dekkers, J.C.M.; Moore, R.K.; Jairath, L. (1999). Genetic and phenotypic parameter estimates between production, feed intake, feed efficiency, body weight and linear type traits in first lactation heifers. *Canadian Journal of Animal Science*; 79 (1999); p. 425-431
- Politiek, R.D.; (1957). De invloed van erfelijkheid en milieu op de samenstelling van de melk bij Friese koeien en de praktische mogelijkheid van selectie op eiwitgehalte. Thesis, Agricultural University, Wageningen.
- Pitroff, W. en Kothmann, M.M. (2001). Quantitative prediction of feed intake in ruminants 2. Conceptual and mathematical analysis of models for cattle. *Livestock Production Science*; 71 (2001); p. 151-169.
- Rhoads, R. P., J. W. Kim, B. J. Leury, L. H. Baumgard, N. Segole, S. J. Frank, D. E. Bauman, and Y. R. Bosclair. 2004. Insulin increases the abundance of the growth hormone receptor in liver and adipose tissue of periparturient dairy cows. *J. Nutr.* 134:1020–1027.
- Robinson, P. H. en McQueen, R. E. (1995). Influence of Level of Concentrate Allocation and Fermentability of Forage Fiber on Chewing Behavior and Production of Dairy Cows. *Journal of Dairy Sciences*; 80 (1995); p. 681-691.
- Roche, J.R; Berry, D.P; Kolver, E.S. (2006) Holstein-Friesian Strain and Feed Effects on Milk Production, Body Weight, and Body Condition Score Profiles in Grazing Dairy Cows. *Journal of Dairy Sciences*; 89 (2006); p.3532–3543
- Rook, A.J., Gill. M. en Willink, R.D. (1990). Prediction of the voluntary intake of grass silage by lactating cows. *Journal of animal Production*; 50; p.
- Shaloo, L.; Kennedy, J.; Wallace, M.; Rath, M.; Dillon, P. (2004). The economic impact of cow genetic potential for milk production and concentrate supplementation level on the profitability of pasture based systems under different EU milk quota scenarios. *Journal of Agricultural Sciences*; 142 (2004); p. 357-369.
- Van Soest, P. J. 1994. Microbes in the gut. Pages 253–280 in *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd rev ed. Cornell University Press, Ithaca, NY.
- Thomas, C. (1987). Factors affecting substitution rates in dairy cows on silage based rations. *Recent Advances in Animal Nutrition*; 233 (1987); pp. 205–216.
- Veerkamp, R.F.; Simm, G.; Persaud, P. (1994). Potential value of linear type traits for the prediction of intake, efficiency and economic margins in dairy cattle. *Livestock Production Science*; 38 (1994); p. 179-189
- Vries, de, M.J.; Beek, van der, S.; Kaal-Lansbergen, L.M.T.E; Ouweltjes, W. en Wilmink, J.B.M.(1999). Modeling of Energy Balance in Early Lactation and the Effect of Energy Deficits in Early Lactation on First Detected Estrus Postpartum in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 82, (1999)
- Zom, R.L.G., J.W. van Riel, G. André en G. van Duinkerken, 2002. Voorspelling voeropname met Koemodel. Praktijkrapport Rundvee 11. Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad.



Zijlstra, J. (2008). Hoe ziet de Nieuwe Realiteit er uit? Praktijkrapport 114 Rundvee. Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad.

ABAB jaaroverzicht melkveehouderij 2005-2007. [www.abab.nl](http://www.abab.nl); 08-08-2008.

LEI. BedrijvenInformatieNet. [www.lei3.wur.nl](http://www.lei3.wur.nl), 08-08-2008.

Agrovision, Agrifirm en For Farmers. [www.dynamischvoeren.nl](http://www.dynamischvoeren.nl)

Tabellenboek Veevoeding 2007. CVB; 2007.

National Research Council. (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed.; 381pp.; National Academy Press, Washington, DC, US.

AFRC (1993). Agricultural and Food Research Council: energy and protein requirements of ruminants. Commonwealth Agricultural Bureaux International; Wallingford, Verenigd Koninkrijk.