

Vruchtbaarheid en melkproductie op melkveebedrijven met verlengde lactaties.

E.E.A. Burgers, A. Kok, R.M.A. Goselink, H. Hogeveen, B. Kemp, A.T.M. van Knegsel

Inleiding

De transitieperiode bij melkkoeien rondom afkalven wordt gekenmerkt door grote veranderingen in metabolisme en management, en door een verhoogd risico op ziekte en afvoer (Ingvarsen, 2006). Een strategie om het aantal transitieperiodes te verminderen, is het verlengen van de tussenkalftijd (TKT).

Met een verlengde TKT hebben koeien minder transitieperiodes per tijdseenheid en hebben veehouders minder afkalvingen en kalveren per jaar. Ook zorgt de verlengde lactatie ervoor dat koeien bij een lagere melkproductie worden drooggezet, wat uiergezondheid en welzijn van koeien kan verbeteren (Rajala-Schultz et al., 2005). Daarnaast kan het zijn dat koeien vruchtbaarder zijn wanneer ze pas later in lactatie worden geïnsemineerd, vanwege de betere metabole status (Wathes et al., 2007).

Een korte TKT wordt echter geadviseerd voor een zo hoog mogelijke melkproductie (Steenefeld en Hogeveen, 2012). Het verlengen van de TKT zorgt namelijk voor meer dagen met een lagere melkproductie aan het einde van de lactatie. De melkverliezen ten gevolge van een verlengde TKT zouden mogelijk (deels) gecompenseerd kunnen worden, wanneer de hoogproductieve en meest persistente dieren geselecteerd worden voor deze strategie (Kok et al. 2019).

In 2017 is het netwerk melkveehouders ‘Duurmelken’ gestart met als doel ten eerste te functioneren als klankbordgroep voor het onderzoek binnen het project ‘Lactatie op Maat’, en ten tweede het uitwisselen van kennis, ervaring en gegevens ten aanzien van het duurmelken van koeien tussen veehouders en onderzoekers. In deze studie is gekeken naar de strategieën van 13 melkveehouders uit het netwerk ‘Duurmelken’. Vruchtbaarheid en melkproductie van deze bedrijven zijn geanalyseerd, in relatie met het moment van eerste inseminatie en de gerealiseerde TKT.

Toepassing in de praktijk?

Het verlengen van lactaties kost melk, maar vermindert het aantal afkalvingen per jaar en de melkproductie bij droogzetten. Veehouders hebben echter verschillende strategieën om bewust de TKT op hun bedrijf te verlengen. Kennis over de strategieën die op melkveebedrijven worden toegepast om lactaties te verlengen, en de effecten daarvan op vruchtbaarheid en melkproductie, kan bijdragen aan het ontwikkelen van een passende duurmelkstrategie voor melkveehouders.

Materiaal en methode

Melkveebedrijven

In deze studie zijn de melkproducties van 13 melkveebedrijven geanalyseerd, die zich hebben aangesloten bij het netwerk ‘Duurmelken’ en bewust de TKT van (een deel van) hun koppel verlengen. Van 11 van deze bedrijven waren ook inseminatiegegevens beschikbaar. De bedrijven verschillen in hun selectiecriteria voor verlengde TKT (Tabel 1). De meest voorkomende strategieën waren gebaseerd op piekproductie, productieniveau, of een vast aantal dagen, oftewel: later insemineren bij dieren met een hogere piekproductie; insemineren uitstellen tot de productie onder een bepaalde waarde is gedaald; of later beginnen met de eerste inseminatie voor de hele koppel. Op de meeste bedrijven waren criteria voor vaarzen anders dan voor oudere koeien, waarbij voor vaarzen een lagere piekproductie als grenswaarde wordt gebruikt om later te insemineren, of pas bij een lagere productie wordt begonnen met insemineren.

Data en data-analyse

De volledige analyse staat in detail beschreven in het bijbehorende wetenschappelijke artikel (Burgers et al. *Submitted*). De data werd met toestemming van de veehouders geleverd door CRV (Arnhem, Nederland). Alleen gegevens van complete lactaties met een volgende afkalving werden gebruikt in de analyse. Deze lactaties werden op twee manieren verdeeld in klassen: 1) op basis van pariteit (1 of 2+) en het interval afkalven – eerste inseminatie (IAI); en 2) op basis van pariteit en behaalde TKT. Het IAI werd opgedeeld in 5 klassen: IAI-1 <84; $84 \leq$ IAI-2 < 140; $140 \leq$ IAI-3 < 196; $196 \leq$ IAI-4 <252, IAI-5 \geq 252 dagen. Het aantal dagen TKT werd opgedeeld in 5 klassen: TKT-1 <364; $364 \leq$ TKT-2 < 420; $420 \leq$ TKT-3 < 476; $476 \leq$ TKT-4 <532, TKT-5 \geq 532 dagen. Wanneer koeien bij eerste inseminatie drachtig raken, valt een koe met een dracht van 280 dagen binnen dezelfde TKT-klasse als de IAI-klasse.

Vruchtbaarheid. Voor de analyse van inseminatiedata waren 6,968 inseminaties van 3,597 complete lactaties beschikbaar van februari 2013 tot maart 2019. Hieruit werden het aantal inseminaties tot dracht (INS) berekend, en het percentage dieren dat van de eerste inseminatie drachtig werd (hierna te noemen: drachtpercentage). Het effect van pariteit, bedrijf en IAI klasse of TKT klasse op deze variabelen werd getest.

Melkproductie. Melkproductie en –samenstelling was 4- of 6-wekelijks beschikbaar van januari 2014 tot en met januari 2019. De dataset bestond uit 4,858 complete lactaties met 43,859 melkregistraties. Melkproductie werd omgerekend naar vet- en eiwit-gecorrigeerde melk als (melk (kg) \times [0.337 + 0.116 \times vetgehalte (%) + 0.06 \times eiwitgehalte (%)] (CVB, 2012).

Het effect van pariteit, bedrijf, IAI of TKT klasse en interacties van deze factoren op de melkproductiecurve werd getest. Niet significante interactie-effecten werden uit het model verwijderd.

Vervolgens werden uit het resulterende model de piekproductie, persistentie, 305-dagen productie en de effectieve lactatie per pariteit per bedrijf per TKT klasse berekend. Voor persistentie werd gekeken naar de daling in melkproductie in kg per dag tussen 100 en 212 dagen in melk. De effectieve lactatie werd berekend als melkproductie in kg per dag TKT, waarbij een droogstand van 6 weken werd aangenomen.

Tabel 1. Kenmerken van de 13 Nederlandse melkveebedrijven in 2018 en de strategieën van de veehouders om tussenkalf tijd (TKT) te verlengen door de vrijwillige wachperiode tot eerste inseminatie na afkalven (VWP) te verlengen.

Bedrijf	Aantal melkkoeien	MS + freq ¹	Strategie voor het verlengen van de TKT				Gemiddelde TKT (dagen)
			VWP vaarzen		VWP koeien		
A	110	CMS 2	VS ²	“Afhankelijk van dagen in melk en productie”	Vast	80 dagen	453
B	120	CMS 2	Piek	30-34 kg: 100 dagen; >34 kg: 150 dagen	Piek	40-45 kg: 100 dagen; >45 kg: 150 dagen	411
C	75	CMS 2	Vast	100 dagen	Vast	100 dagen	468
D	65	AMS 2.7	Vast, VS	150 dagen, “afhankelijk van BCS ³ en kg”	VS	“Afhankelijk van koe en kg”	411
E	100	AMS 3.2	Niveau, VS	<30 kg, “in combinatie met dagen”	Niveau, VS	<30 kg, “in combinatie met dagen”	477
F	80	CMS 2	Vast, Niveau	90 dagen, <30 kg	Vast, Niveau	90 dagen, <40 kg	478
G	261	AMS 2.9	Piek	>30 kg: 100-150 dagen	Piek	>40 kg: 100 dagen	400
H	180	AMS 3	Vast	110 dagen	Vast	110 dagen	435
I	155	AMS 2.7	Niveau, VS	<30 kg, “in combinatie met conditie”	Niveau	<33 kg	485
J	104	AMS 2.9	Niveau	<40 kg	Niveau	<45 kg	423
K	120	CMS 2	Niveau	<28 kg	Niveau	<38 kg	462
L	75	CMS 2	Vast, VS	3 – 6 maanden, “afhankelijk van lactatiewaarde en conditie”	Vast, VS	3 – 9 maanden, “afhankelijk van lactatiewaarde en conditie”	473
M	50	AMS 3	VS	“Afhankelijk van productie en conditie”	VS	“Afhankelijk van productie en conditie”	421

¹ MS = melksysteem; freq = melkfrequentie; CMS = conventioneel melksysteem. AMS = automatisch melksysteem. Voor AMS is de gemiddelde melkfrequentie gegeven, aangezien deze frequentie kan variëren tussen koeien en met verloop van de lactatie.

² VS = veehouderstrategie. Niet alle veehouders hebben een duidelijke grenswaarde wanneer inseminatie begint, sommigen houden rekening met meerdere factoren zoals conditie, gezondheid, en andere koefactoren.

³ BCS = body condition score (lichaamsconditie).

Resultaten en Discussie

Interval Afkalven tot eerste Inseminatie en TKT

In tabel 2a is de verdeling van koeien over de TKT klassen weergegeven per IAI klasse. Hierin valt te zien dat slechts 49.8% van de koeien in de laagste IAI klasse (<84 dagen) terecht komt in de laagste TKT klasse. Het grote aantal dieren in IAI klassen 2 (48%) en 3 (16%) laat zien dat de netwerkbedrijven bewust de TKT van hun koeien verlengen. Van de eerste 4 IAI klassen (IAI < 252 dagen), komt echter ook 4.2% tot 28.9% van de dieren terecht in de langste TKT klasse (≥ 532 dagen). Meer dan 50% van de TKT klassen 3, 4 en 5 (TKT ≥ 420 dagen) werd al geïnsemineerd in een eerdere IAI-klasse (IAI < 196 dagen) (tabel 2b). Dit geeft aan dat een deel van de koeien op de netwerkbedrijven onbedoeld een verlengde lactatie krijgt, ondanks dat de veehouder eerder is begonnen met insemineren.

Aantal inseminaties en percentage drachtig van eerste inseminatie

Het aantal inseminaties per dracht varieerde van 1 tot 12. Het aantal inseminaties per dracht verschilde niet tussen de verschillende IAI klassen (Tabel 3a). Dat suggereert dat de kans om drachtig te worden niet afhankelijk was van het moment van eerste inseminatie. Verwacht werd dat vruchtbaarheid van koeien beter zou zijn wanneer ze later in lactatie worden geïnsemineerd, omdat de melkproductie dan lager is. Een mogelijke verklaring dat dit effect niet werd gevonden, is dat koeien niet willekeurig over IAI klassen waren verdeeld, maar dat dieren met een lagere melkproductie op de meeste bedrijven eerder werden geïnsemineerd. Dit kan als gevolg hebben dat dieren bij eenzelfde melkproductie en eenzelfde metabole status werden geïnsemineerd, met een gelijke vruchtbaarheid tot gevolg (Wathes et al., 2007).

Het aantal inseminaties per dracht was hoger voor langere TKT klassen, en varieerde van gemiddeld 1 inseminatie tot dracht in de kortste TKT klasse, en 3.7 inseminaties in de langste TKT klasse (Tabel 3b). De oorzaak hiervoor is dat de koeien die meer inseminaties nodig hebben om drachtig te worden, automatisch in hogere TKT klassen terechtkomen. Ongeveer 70% van de koeien in TKT klassen 4 en 5 zou bij dracht na eerste inseminatie in een kortere TKT klasse zijn gekomen.

Tabel 2a. Percentage koeien per interval afkalven – eerste inseminatie (IAI) klasse per tussenkalftijd (TKT) klasse. Vetgedrukte percentages geven de TKT klasse aan waar koeien met de betreffende IAI klasse bij dracht t.g.v. eerste inseminatie terecht komen. (n = 3,597 lactaties).

TKT klasse ¹ (n lactaties)	IAI klasse (n lactaties) (dagen)				
	IAI-1 (939) (<84)	IAI-2 (1,736) (84-139)	IAI-3 (569) (140-195)	IAI-4 (211) (196-251)	IAI-5 (142) (≥252)
TKT-1 (509)	49.8	2.4	-	-	-
TKT-2 (1,359)	28.2	61.5	4.6	-	-
TKT-3 (813)	12.3	20.3	59.4	3.3	-
TKT-4 (471)	5.5	9.0	20.4	67.8	2.8
TKT-5 (445)	4.2	6.8	15.6	28.9	97.2
Totaal	100	100	100	100	100

¹ TKT = tussenkalftijd. TKT-1 <364; 364 ≤ TKT-2 < 420; 420 ≤ TKT-3 < 476; 476 ≤ TKT-4 <532, TKT-5 ≥ 532 dagen.

Tabel 2b. Percentage koeien per tussenkalftijd (TKT) klasse per interval afkalven – eerste inseminatie (IAI) klasse. Vetgedrukte percentages geven de TKT klasse aan waar koeien met de betreffende IAI klasse bij dracht tgv eerste inseminatie terecht komen. (n = 3,597 lactaties).

IAI klasse ¹ (n lactaties)	TKT klasse (n lactaties) (dagen)				
	TKT-1 (509) (<364)	TKT-2 (1,359) (364-419)	TKT-3 (813) (420-475)	TKT-4 (471) (476-531)	TKT-5 (445) (≥532)
IAI-1 (939)	91.9	19.5	14.2	11.0	8.8
IAI-2 (1,736)	8.1	78.6	43.4	33.1	26.5
IAI-3 (569)	-	1.9	41.6	24.6	20.0
IAI-4 (211)	-	-	0.9	30.4	13.7
IAI-5 (142)	-	-	-	0.9	31.0
Totaal	100	100	100	100	100

¹ IAI = interval afkalven – eerste inseminatie. IAI-1 <84; 84 ≤ IAI-2 < 140; 140 ≤ IAI-3 < 196; 196 ≤ IAI-4 <252, IAI-5 ≥ 252 dagen.

Tabel 3a. Inseminaties per dracht (gemiddelde \pm SE) en drachtpercentage na eerste inseminatie (Dr1) per IAI klasse (interval afkalven-inseminatie).

	IAI klasse (dagen)				
	IAI-1 (<84)	IAI-2 (84-139)	IAI-3 (140-195)	IAI-4 (196-251)	IAI-5 (\geq 252)
Lactaties (n)	939	1,736	569	211	142
Inseminaties per dracht	1.90 \pm 0.05	1.82 \pm 0.04	1.93 \pm 0.06	1.76 \pm 0.10	1.89 \pm 0.13
Drachtpercentage	52.8	57.3	49.5	57.3	51.7

Tabel 3b. Inseminaties per dracht (gemiddelde \pm SE) en drachtpercentage per TKT klasse (interval afkalven-inseminatie).

	TKT klasse (dagen)				
	TKT-1 (<364)	TKT-2 (364-419)	TKT-3 (420-475)	TKT-4 (476-531)	TKT-5 (\geq 532)
Lactaties (n)	509	1,359	813	471	445
Inseminaties per dracht	1.11 ^a \pm 0.13	1.33 ^a \pm 0.04	1.94 ^b \pm 0.06	2.62 ^c \pm 0.09	3.70 ^d \pm 0.11
Drachtpercentage	99.7 ^{abc}	74.0 ^a	36.4 ^b	17.4 ^c	0.28 ^{abc}

^{a,b,c} Verschillend superscript betekent een significant verschil tussen waarden in dezelfde rij ($P < 0.05$).

Effect van TKT op Lactatiecurves

Piekproductie, persistentie, de 305-dagen productie en de effectieve lactatie verschilden tussen pariteit 1 en 2+ en tussen de verschillende TKT klassen (Tabel 4). Ook werden al deze maten beïnvloed door een bedrijfseffect.

Tabel 4. Piekproductie, persistentie, de 305-dagen productie en effectieve lactatie productie per pariteit (1 en 2+) voor de verschillende TKT klassen, over alle 13 bedrijven.

	Pariteit	TKT klasse (dagen)				
		TKT-1 (<364)	TKT-2 (364-419)	TKT-3 (420-475)	TKT-4 (476-531)	TKT-5 (\geq 532)
Piekproductie	1	30.1	31.7	32.1	32.1	31.1
(kg FPCM)	2+	39.5	42.3	43.0	43.4	43.6
Persistentie	1	-0.025	-0.029	-0.027	-0.025	-0.020
(kg FPCM per dag)	2+	-0.060	-0.063	-0.062	-0.059	-0.054
305-dagen productie	1	8,577	8,797	8,907	9,019	8,844
(kg FPCM)	2+	10,384	10,870	11,035	11,223	11,440
Effectieve lactatie productie	1	24.7	25.7	25.8	25.9	25.2
(kg FPCM per dag TKT)	2+	29.9	31.1	30.6	30.3	29.1

FPCM = Vet- en eiwit-gecorrigeerde melk

De berekende gemiddelde piekproductie van vaarzen varieerde tussen bedrijven en TKT klassen van 20.3 tot 37.6 kg per dag, en voor pariteit 2+ van 26.8 tot 51.4 kg per dag. De laagste piekproductie werd vaak gevonden in de kortste TKT klasse, namelijk op 9 van de 13 bedrijven voor vaarzen, en op alle bedrijven voor pariteit 2+. Dat dieren in de kortste TKT klasse een lagere piekproductie hebben, kan

deels verklaard worden door de selectiestrategie van de veehouders: dieren met een lage piekproductie, of dieren die snel onder een bepaalde melkproductie zakken, werden immers eerder geïnsemineerd. Daarnaast is er een negatieve relatie tussen melkproductie en vruchtbaarheid (Pryce et al., 2004). Als gevolg daarvan kan het zijn dat lager productieve dieren sneller drachtig zijn, waardoor de kortste TKT voornamelijk lager productieve dieren bevat.

De hoogste persistentie werd voor zowel vaarzen als oudere koeien het meest gevonden in de langste TKT klasse, namelijk op 7 van de 13 bedrijven; maar ook vaak in de kortste TKT klasse (4 van de 13 bedrijven voor vaarzen, en 6 van de 13 bedrijven voor pariteit 2+). Een lagere piekproductie gaat vaak gepaard met een hogere persistentie, wat de relatief hoge persistentie in de kortste TKT klasse zou kunnen verklaren. De hoge persistentie in de langste TKT klasse zou kunnen komen door de duurmilkstrategie van de veehouder. Wanneer de veehouder zijn of haar dieren pas insemineert wanneer de melkproductie onder een bepaalde waarde gezakt is, zal dit langer duren voor dieren met een hogere persistentie. Ook kan het zijn dat dieren met een hogere productie minder vruchtbaar zijn, waardoor ze in de langere TKT klasse uitkomen. Daarnaast kan het zijn dat dracht al vroeg een effect heeft op persistentie. In deze studie werd aangenomen dat er geen effect was tot 5 maanden dracht (Strandberg en Lundberg, 1991), maar wereldwijd is er een discussie dat dracht ook al eerder een effect op de lactatiecurve zou kunnen hebben (Olori et al., 1997).

De 305-dagen productie werd gebruikt als maat voor productieniveau van de koeien, en is afhankelijk van zowel de piekproductie als de persistentie van productie. De berekende gemiddelde 305-dagen productie varieerde tussen bedrijven en TKT klassen van 5,822 tot 10,843 kg FPCM voor pariteit 1, en van 6,867 tot 13,546 kg FPCM voor pariteit 2+. In overeenstemming met de piekproductie en persistentie, was de 305-dagen productie vaak het laagst voor de kortste TKT-klasse (10 van de 13 bedrijven voor pariteit 1; 11 van de 13 bedrijven voor pariteit 2+) en het hoogst voor de langste TKT klasse (9/13 voor pariteit 1; 12/13 voor pariteit 2+). Dit suggereert dat de dieren in de langste TKT-klasse het hoogste productieniveau hebben, en potentieel de hoogste productie.

De effectieve lactatieproductie geeft de melkproductie van een koe weer per dag TKT. In deze maat wordt gecorrigeerd voor het aandeel van de droogstand, en worden (i.t.t. de 305-dagen productie) de lager productieve dagen in het eind van de lactatie meegenomen. De berekende effectieve lactatieproductie varieerde tussen bedrijven en TKT klassen van 16.7 tot 32.6 kg FPCM per dag voor pariteit 1, en van 19.8 tot 35.5 kg FPCM per dag voor pariteit 2+. De hoogste effectieve lactatieproductie voor pariteit 1 was op 6 bedrijven in de langste TKT klasse (TKT-5), en op de overige bedrijven in TKT-4 (n=4), TKT-3 (n=2) en TKT-2 (n=1). Voor pariteit 2+ werd de hoogste effectieve lactatieproductie op 7 bedrijven gevonden voor TKT-2, gevolgd door TKT-4 (n=4), TKT-3 (n=2) en TKT-5 (n=1). Hoewel koeien met de hoogste potentiële productie (305-dagen productie) vaak werden gevonden in de langste TKT klasse, resulteerde dit vaak niet in de hoogste productie per dag TKT (effectieve lactatieproductie).

Dit geeft aan dat met de langste TKT klasse, langer dan 532 dagen, niet een maximale melkproductie wordt gerealiseerd.

Een langere TKT levert, tenzij de persistentie zeer hoog is, waarschijnlijk geen hogere melkproductie op. Veehouders in het netwerk 'Lactatie op Maat' gaven aan dat ze de lactaties niet verlengden om melkproductie te verhogen. Ten eerste werden lactaties verlengd om het aantal afkalvingen te verminderen. Hiermee kan koegezondheid verbeterd worden, is er minder onvoorspelbare arbeid op het bedrijf en een daling van kosten voor de veearts. Ten tweede werd genoemd dat met verlengde lactaties koeien konden worden drooggezet met een lager productieniveau. Ten derde werd genoemd dat de vruchtbaarheid beter was bij verlengde lactaties. Ten vierde werd het als een voordeel gezien dat er minder kalveren op het bedrijf geboren worden, en een verbeterd imago naar het publiek.

Afhankelijk van het bedrijf, zouden mogelijke reducties in ziektekosten en arbeid t.g.v. de transitieperiode, en wellicht minder krachtvoer per kg melk reducties in melkgeld wellicht kunnen compenseren.

Conclusie

In deze studie is gekeken naar de strategieën van 13 melkveehouders die bewust lactaties verlengen (duurmelken). Op deze bedrijven werd een groot deel van de dieren later dan 84 dagen in melk voor het eerst geïnsemineerd; maar waren langere lactaties soms ook het resultaat van verminderde vruchtbaarheid (meerdere inseminaties). Het percentage drachtige dieren na eerste inseminatie was niet hoger bij latere eerste inseminaties; wellicht omdat dieren bij gelijke melkproducties werden geïnsemineerd en daarmee ook bij vergelijkbare metabole status. Koeien met de kortste TKT werden gekenmerkt door een lage piekproductie en 305-dagen productie, terwijl koeien met langere TKT een hogere persistentie en 305-dagen productie hadden. Deze hogere persistentie beperkt de melkverliezen t.g.v. verlengde lactaties. Ondanks de hoogste 305-dagen productie was de melkproductie per dag TKT niet altijd het hoogst bij de langste TKT. Veehouders verlengen lactaties echter meestal niet vanwege melkproductie-effecten, maar om andere redenen, zoals minder afkalvingen per jaar. Meer onderzoek is nodig om te zien of de reductie in melkgeld kan worden gecompenseerd door verminderde arbeid, voer- of ziektekosten.

Referenties

- Inchaisri, C., R. Jorritsma, P.L.A.M. Vos, G.C. van der Weijden, and H. Hogeveen. 2011. Analysis of the economically optimal voluntary waiting period for first insemination. *J. Dairy Sci.* 94:3811–23.
- Ingvarsten, K.L. 2006. Feeding- and management-related diseases in the transition cow; Physiological adaptations around calving and strategies to reduce feeding-related diseases. *Anim. Feed Sci. Technol.* 126:175–213.
- Kok, A., J.O. Lehmann, B. Kemp, H. Hogeveen, C.E. van Middelaar, I.J.M.de Boer, A.T.M.van Knegsel. 2019. Production, cash flows and greenhouse gas emissions of simulated dairy herds with extended lactations. *Animal*, 13(5), 1074-1083.

- Olori, V., S. Brotherstone, W. Hill and B. McGuirk (1997). "Effect of gestation stage on milk yield and composition in Holstein Friesian dairy cattle." *Livestock Production Science* 52(2): 167-176.
- Pryce, J., M. Royal, P. Garnsworthy and I. L. Mao (2004). "Fertility in the high-producing dairy cow." *Livestock Production Science* 86(1-3): 125-135.
- Rajala-Schultz, P. J., J. S. Hogan and K. L. Smith (2005). "Short Communication: Association Between Milk Yield at Dry-Off and Probability of Intramammary Infections at Calving." *Journal of Dairy Science* 88(2): 577-579.
- Steeneveld, W. and H. Hogeveen (2012). "Economic consequences of immediate or delayed insemination of a cow in oestrus." *The Veterinary record* 171(1): 17.
- Strandberg, E., and C. Lundberg (1991). A note on the estimation of environmental effects on lactation curves. *Anim. Prod.* 53:399-402.
- Wathes, D. C., M. Fenwick, Z. Cheng, N. Bourne, S. Llewellyn, D. G. Morris, D. Kenny, J. Murphy and R. Fitzpatrick (2007). "Influence of negative energy balance on cyclicity and fertility in the high producing dairy cow." *Theriogenology* 68: S232-S241.