



Bazı Sığır Irklarında Bireysel Laktasyon Eğrisi Modellerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi

Yıldırım GÖK¹, Mustafa ŞAHİN², Esra YAVUZ³

^{1,2}Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye, ³Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-9333-0732>, ²<https://orcid.org/0000-0003-3622-4543>, ³<https://orcid.org/0000-0002-5589-297X>

✉: yavuz7346@gmail.com

ÖZET

Siyah Alaca, Jersey ve Esmer süt sığır ırklarına ait 1350 adet laktasyon kaydına Wood, ters polinomiyal, Wilmink, logaritmik kuadratik, kuadratik, logaritmik linear, Cobby ve Le Du, Cappio-Borlino, Grossman, parabolik üstel ve Guo-Salve modelleri uygulanmış ve bireysel laktasyon eğrileri elde edilmiştir. Siyah Alaca, Jersey ve Esmer süt sığırları ırkına ait bu eğrilerin karşılaştırılmasında hata kareler ortalamaları, belirleme katsayısı, düzeltilmiş belirleme katsayısı, Akaike bilgi kriteri, Bayesian bilgi kriteri ve durbin-watson otokorelasyon değerleri hesaplanmış ve modellerin karşılaştırılmasında kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, Esmer, Jersey ve Siyah Alaca sığırında Wood, Cobby ve Le Du ve Cappio-barlino modellerinin en iyi sonuçları verdiği tespit edilmiştir. Esmer ve Siyah Alaca sığırında Wilmink, sığırında ise kuadratik modelin incelenen modeller içerisinde en kötü sonuçlara sahip olduğu belirlenmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 23.12.2020

Kabul Tarihi : 19.02.2021

Anahtar Kelimeler

Laktasyon eğrisi
Bireysel modelleme
Süt sığır

Comparative Analysis Of Individual Lactation Curve Models In Some Cattle Breeds

ABSTRACT

1350 lactation records of Brown Swiss, Jersey and Holstein dairy cattle were applied to Wood, reverse polynomial, Wilmink, logarithmic quadratic, quadratic, logarithmic linear, Cobby and Le Du, Cappio-Borlino, Grossman, parabolic exponential and Guo-Salve models and individual lactation curves were obtained. In comparing these curves belonging to Holstein, Jersey and Brown Dairy cattle breeds, the mean squares, determination coefficient, corrected determination coefficient, Akaike information criterion, Bayesian information criterion and durbin-watson autocorrelation values were calculated and used in comparing the models. As a result of the study, it was determined that the Wood, Cobby and Le Du and Cappio-barlino models gave the best results in Brown, Jersey and Holstein cattle. It was determined that the Wilmink model in Brown and Holstein cattle and the quadratic model in Jersey cattle had the worst results among the analyzed models.

Research Article

Article History

Received : 23.12.2020

Accepted : 19.02.2021

Keywords

Lactation curve
Individual modeling
Dairy cattle

Atf İçin: Gök Y, Şahin M, Yavuz E 2021. Bazı Sığır Irklarında Bireysel Laktasyon Eğrisi Modellerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 24 (5): 1118-1125. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.845660.

To Cite: Gök Y, Şahin M, Yavuz E 2021. Comparative Analysis Of Individual Lactation Curve Models In Some Cattle Breeds. KSU J. Agric Nat 24 (5): 1118-1125. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.845660.

GİRİŞ

Tarımsal üretim sektörünün en önemli kollarından biri hayvancılıktır. Hayvancılığın önemli unsuru olan et ve süt, üretim kaynağının büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Süt üretimi küçükbaş ve büyükbaş hayvanlardan elde edilmekle birlikte, Dünya’da ve Türkiye’de üretim kaynağının büyük bir kısmını büyükbaş hayvanlar oluşturmaktadır. Hayvanın buzağılamasıyla başlayan ve hayvan kuruya

çıkartılana kadar devam eden süt üretim süreci "laktasyon" olarak adlandırılır. Süt sığırcılığında laktasyon süresinin standart olarak 305 gün olduğu kabul edilir. Buzağılama sürecini izleyen ikinci ay içerisinde (ırklara ve bakım koşullarına bağlı olarak 7, 8 veya 9. haftada) günlük süt verimi maksimum seviyeye ulaşır. Süt veriminin maksimum seviyede olduğu zaman, pik dönemi olarak adlandırılır. Bu dönemden sonra süt verimi yavaş yavaş azalma

eğilimi gösterir ve bu azalma derecesini ifade etmek için "persistensi" ifadesi kullanılır. Süt verimini etkileyen faktörler genetik ve çevresel faktörlerdir (Çağan ve Özyurt, 2008; Atashi ve ark. 2009). Genel olarak süt verimini etkileyen faktörleri ırk, laktasyon dönemi, canlı ağırlık, hayvanın yaşı, sağım sayısı, aralığı ve süresi, kızgınlık, beslenme, çevre sıcaklığı, buzağılama mevsimi, kuruda kalma süresi ve hastalıklar olarak alt başlıklar halinde sıralamak mümkündür. Genetik ve çevresel faktörlerin etkisiyle şekillenen, buzağılama ile başlayıp kuruya çıkma ile sonlanan süt verimindeki değişiklikler "laktasyon eğrisi" olarak adlandırılır (Orhan ve Ertuğrul, 1999; Orhan ve Kaygısız, 2002; Kaygısız ve ark., 2003).

Laktasyon eğrisi, süt verimlerinin belirli zaman aralıklarına (gün, ay, yıl, vb.) göre grafiği çizilerek oluşturulur. Laktasyon eğrisinde pik noktasından sonra azalışın az olması ineğin süt verim devamlılığının iyi olduğunun bir göstergesidir. Laktasyon süresince çok fazla değişiklik göstermeden süt veren bir inek, laktasyon başlangıcında çok, az bir kısmını ise sonraki dönemlerde veren diğer bir ineğe tercih edilir (Wood, 1967; Batra, 1986). Bir sürünün laktasyon eğrisine ait fonksiyonel yapının bilinmesi yetiştiriciye birçok açıdan fayda sağlayacaktır. Laktasyon eğrileri, farklı ırkta ve farklı yaş gruplarında farklılık gösterecektir. Araştırmacı varyasyonun daha fazla olduğu grubu ıslah materyali olarak kullanacaktır. Ancak sürü bazında yapılacak olan laktasyon eğrileri sürü ortalamasına ait günlük süt verim değerlerini kullandığı için, elde edilecek eğri sürünün genel eğilimini temsil edecektir. Bu durum sürü ortalamasından yüksek veya düşük bireylerin seçimini zorlaştıracaktır. Her bir bireye ait laktasyon eğrisinin elde edilmesi iş yükü getirmekle birlikte, sürüde damızlığa ayrılacak ve ayıklanacak bireylerin seçiminde büyük kolaylık sağlayacaktır. Böylece seleksiyonda isabet derecesi artacak, seleksiyon ve ayıklamada hatalı seçimlerin önüne geçilebilecektir (Akbulut ve Emsen, 1994; İleri, 2010).

Bu çalışmada Siyah Alaca (Holstein), Jersey ve Esmer (Brown Swiss-İsviçre esmeri) ırklarına ait 50' şer orjinal veri setinden elde edilen ortalama ve standart sapma değerleri dikkate alınarak hipotetik olarak (3x450) oluşturulan 1350 laktasyon kaydı kullanılmıştır. Bu çalışmanın amacı başlangıçta her bir süt kontrol gününe ait ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmış ve türetilen süt kontrol günlerine ait değerlerin bu aralıklarda olması sağlanmıştır. Böylece her bir ırka özgü standart laktasyon eğri şeklinin korunması sağlanmıştır. Diğer yandan her bir ırk için aykırı laktasyon eğrisi şekillerinin oluşması da engellenmiştir.

MATERYAL ve METOD

Bu çalışmada farklı sığır ırklarının farklı laktasyon eğrileri türeteceği gerçeği göz önüne alınarak, üç farklı

ırka ait (Siyah Alaca, Jersey ve Esmer) veri seti kullanılmış ve 11 farklı matematiksel eşitliğin farklı sığır ırklarında modellemedeki etkinliği karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Ayrıca Siyah Alaca, Jersey ve Esmer sığır ırklarına ait laktasyon eğrilerinin modellenmesinde Wood, ters polinomial, Wilmlink, logaritmik kuadratik, kuadratik, logaritmik linear, Cobby ve Le Du, Cappio-Borlino, Grossman, parabolik üstel ve Guo-Salve olmak üzere toplam 11 farklı model kullanılmıştır. Parametre tahminlerinde Gauss-Newton algoritması kullanılmıştır.

Bu çalışmada Siyah Alaca, Jersey ve Esmer ırklarına ait 50'şer orjinal veri setinden elde edilen ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 1.'de verilmiştir.

Çizelge 1. Siyah Alaca, Jersey ve Esmer ırklarına ait ortalama ve standart sapma değerleri
Table 1. Average and standard deviation values of Holstein, Jersey and Brown breeds

	Siyah Alaca	Jersey	Esmer
30. Gün	25.60±0.52	16.54±1.54	21.18±2.18
60. Gün	26.40±0.84	16.04±1.85	21.08±2.79
90. Gün	25.90±2.18	15.12±2.13	19.70±2.96
120. Gün	24.20±2.10	3.70±1.99	18.10±2.95
150. Gün	1.90±2.47	12.26±1.93	16.64±2.83
180. Gün	19.90±2.38	11.08±1.95	15.08±2.93
210. Gün	18.20±1.55	9.88±1.88	13.42±2.71
240. Gün	16.00±1.25	8.74±1.63	11.78±2.57
270. Gün	14.60±1.51	7.38±1.52	9.66±2.20
305. Gün	13.00±2.00	5.76±1.65	7.54±1.91

Eğri grafikleri ve model parametre tahminleri SAS paket programında yapılmıştır (Kaygısız, 1996; SAS, 1999; Güler, 2006).

Bu amaçla başlangıçta her bir süt kontrol gününe ait ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmış ve türetilen süt kontrol günlerine ait değerlerin bu aralıklarda olması sağlanmıştır. Böylece her bir ırka özgü laktasyon eğri şeklinin korunması sağlanmıştır. Diğer yandan her bir ırk için aykırı laktasyon eğrilerinin oluşması da engellenmiştir (Yılmaz ve Kaygısız, 2000).

Bu çalışmada Siyah Alaca, Jersey ve Esmer sığır ırklarına ait laktasyon eğrilerinin modellenmesinde Wood, ters polinomial, Wilmlink, logaritmik kuadratik, kuadratik, logaritmik linear, Cobby ve Le Du, Cappio-Borlino, Grossman, parabolik üstel ve Guo-Salve eşitliklerinin noktasal dağılıma ne kadar iyi uyum sağladığının tespitinde, düzeltilmiş belirleme katsayısı, hata kareler ortalaması, Durbin-Watson otokorelasyon testi, AIC (Akaike Bilgi Kriteri) ve BIC (Bayesian Bilgi Kriteri) dikkate alınmıştır (Şahin ve Efe, 2010; Çankaya ve ark., 2014).

Model Karşılaştırma Kriterleri

Belirleme katsayısı (R^2)

$$R^2 = 1 - (HKT/GKT) \quad (1)$$

şeklindedir. Burada,

HKT: Hata kareler toplamını,

GKT: Genel kareler toplamını ifade eder.
Düzeltilmiş belirleme katsayısı (\bar{R}^2)

$$\bar{R}^2 = 1 - \left[\frac{(n-1)}{(n-p)} \right] * (1 - R^2); \quad (2)$$

şeklindedir. Burada,

R^2 : Belirleme katsayısını,

n : Gözlem çifti sayısını,

p : Modeldeki parametre sayısını ifade eder.

Belirleme katsayısının değeri, veri setine göre oluşturulan eğri modelinin, veri setindeki toplam değişimin ne kadarlık bir kısmını ifade edebildiğinin bir ölçüsüdür ($0 \leq R^2 \leq 1$). Belirleme katsayısının yüksek olması, modelin noktasal dağılıma uygunluğunun yüksek olduğu anlamına gelir. Düzeltilmiş belirleme katsayısında ise eşitlik 1' den anlaşılacağı üzere parametre sayısı dikkate alınır ve her zaman belirleme katsayısından düşük bir değere sahip olmaktadır (Grossman ve ark., 1986; Yedes, 1999).

Hata Kareler Ortalaması (HKO)

$$HKO = HKT / (n - p) \quad (3)$$

şeklindedir. Burada,

HKO : Hata Kareler Ortalamasını,

n : Gözlem Çifti Sayısını,

p : Modeldeki Parametre Sayısını ifade etmektedir.

Akaike Bilgi Kriteri (AIC)

Akaike bilgi kriteri, farklı modellerin kıyaslanması söz konusu olduğunda, istatistiksel olarak en uygun olanı seçmekte yaygın olarak kullanılan bir değerdir. Bu değeri en küçük olan modelin en uygun model olduğu kabul edilir. Akaike bilgi kriterine ait eşitlik,

$$AIC = n \times \ln \left(\frac{HKT}{n} \right) + 2k \quad (4)$$

şeklindedir. Burada,

HKT : Hata Kareler Toplamını,

n : Gözlem Çifti Sayısını,

k : Modeldeki Parametre Sayısını ifade etmektedir.

Bayesian Bilgi Kriteri (BIC),

Bayesian bilgi kriteri parametre sayıları farklı modellerin karşılaştırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Akaike bilgi kriterinde olduğu gibi, bu değeri en küçük olan modelin en uygun model olduğu kabul edilir. Bayesian bilgi kriterine ait eşitlik,

$$BIC = n \times \ln \left(\frac{HKT}{n} \right) + k \cdot \ln(n) \quad (5)$$

şeklindedir. Burada,

HKT : Hata Kareler Toplamını,

n : Gözlem Çifti Sayısını,

k : Modeldeki Parametre Sayısını ifade etmektedir.

Durbin-Watson Otokorelasyon Testi (DW);

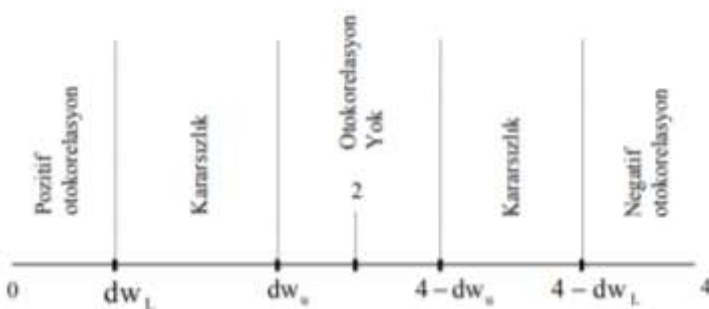
Durbin-Watson otokorelasyon testi, modelde hata terimlerinin ilişki (korelasyon) halinde olup olmadığını test etmeye yarar. Bu testle elde edilen sayının 2 civarında olması otokorelasyon olmadığı anlamına gelir (Durbin ve Watson, 1951). Durbin Watson test istatistiği,

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \quad (6)$$

şeklinde yazılabilir.

Burada e_t = hata terimi ve t = zaman ifadesini göstermektedir.

DW değeri her zaman 0 ile 4 arasında yer alır ve değer 2 olması durumunda otokorelasyon olmadığı kabul edilir. Durbin Watson istatistiğine ait hesap değeri bulunduktan sonra alt L (dw) ve üst aralık U (dw) değerleri Durbin Watson cetvelinden elde edilir ve Şekil 1' deki açıklamalar dikkate alınarak değerlendirme yapılır.



Şekil 1. Durbin Watson cetvel değerleri

Figure 1. Durbin Watson ruler values

BULGULAR ve TARTIŞMA

Siyah Alaca, Jersey ve Esmer süt sığırı ırklarına ait 1350 adet laktasyon kaydına Wood, Ters polinomiyal, Wilmlink, Logaritmik kuadratik, Kuadratik, Logaritmik linear, Cobby ve Le Du, Cappio-Borlino, Grossman, parabolik üstel ve Guo-Salve modelleri uygulanmıştır. Bu modeller bireysel laktasyon eğrilerinin elde edilmesinde kullanılmıştır. Yani

toplamda 1350 adet laktasyon kaydı kullanılmış ve 1350 adet laktasyon eğrisi elde edilmiştir.

Bu eğrilere ait her bir ırk için ayrı ayrı hata kareler ortalamaları, belirleme katsayısı, düzeltilmiş belirleme katsayısı, Akaike bilgi kriteri, Bayesian bilgi kriteri ve durbin-watson otokorelasyon değerleri hesaplanmıştır. Model karşılaştırma kriteri olarak kullanılacak olan hata kareler ortalamaları, belirleme

katsayısı, düzeltilmiş belirleme katsayısı, Akaike bilgi kriteri, Bayesian bilgi kriteri ve Durbin-watson otokorelasyon değerlerine ait aritmetik ortalamalar ve standart hataları Çizelge 2, Çizelge 3 ve Çizelge 4' te verilmiştir.

Çizelge 2' de görüldüğü üzere Wood ($\bar{R}^2=0.998\pm0.001$), Cobby ve Le Du ($\bar{R}^2=0.996\pm0.001$) ve Cappio-barlino ($\bar{R}^2=0.998\pm0.001$) modelleri ve düzeltilmiş belirleme katsayıları bakımından diğer modellerden daha yüksek değerlere sahiptir. Hata kareler ortalamaları bakımından (Wood HKO; 0.925 ± 0.001 , Cobby ve Le Du HKO; 0.782 ± 0.075 , Cappio-barlino HKO; 0.864 ± 0.055) ise üç modeldeki değerde 1 değerinin altında bulunmuştur. Bu üç modele ait Akaike ve Bayesian bilgi kriteri değerleri (Wood AIC; -7.116 ± 1.1 , BIC; -6.208 ± 0.1 , Cobby ve Le Du AIC; -12.264 ± 1.1 , BIC; -11.356 ± 5.1 Cappio-barlino AIC; -16.311 ± 3.1 , BIC; $-$

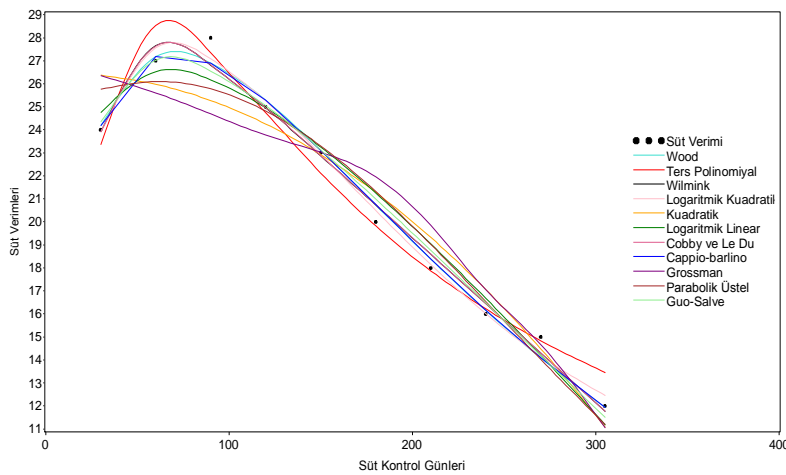
14.798 ± 3.2) ise diğer modellere göre en küçük değerlere sahip olduğu görülmektedir. Otokorelasyon göstergesi olan Durbin-Watson değerleri incelendiğinde (Wood DW; 2.01 ± 0.2 , Cobby ve Le Du DW; 1.63 ± 0.1 , Cappio-barlino DW; 1.91 ± 0.2) ise herhangi bir sıkıntılı durum söz konusu değildir.

Çizelge 2' de yer alan Siyah Alaca sığına ait hata kareler ortalaması, belirleme katsayısı, düzeltilmiş belirleme katsayısı, Akaike bilgi kriteri, Bayesian bilgi kriteri ve Durbin-Watson otokorelasyon değerleri bakımından incelendiğinde Wood, Cobby ve Le Du ve Cappio-barlino modellerinin birbirine çok yakın değerler verdiği ve en iyi sonuçların elde edildiği söylenebilir.

Çizelge 2'de yer alan modellerin diğer modellerle beraber süt verimi ölçümlerine göre eğriler Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmiştir.

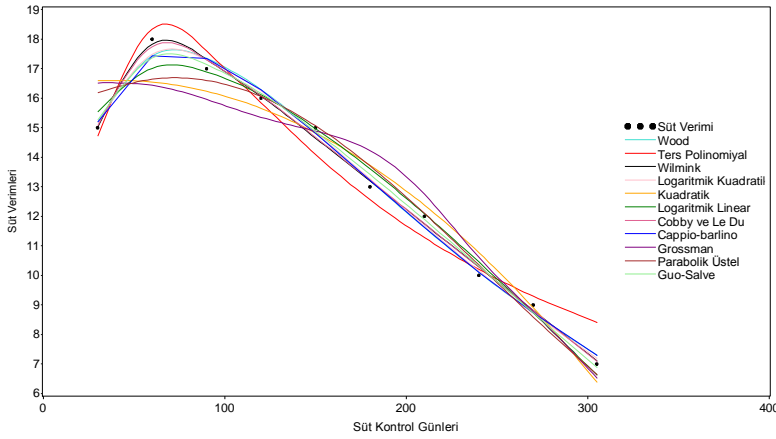
Çizelge 2. Siyah alaca sığır ırkına ait bireysel laktasyon eğrileri için hata kareler ortalamaları, belirleme katsayısı, düzeltilmiş belirleme katsayısı, Akaike bilgi kriteri, Bayesian bilgi kriteri ve Durbin-Watson otokorelasyon değerleri ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$).
Table 2. Average error squares, determination coefficient, corrected coefficient of determination, Akaike information criterion, Bayesian information criterion and Durbin-Watson autocorrelation values for individual lactation curves of Holstein cattle breed ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$).

Modeller	Siyah Alaca HKO	R ²	\bar{R}^2	AIC	BIG	DW
Wood	0.925±0.001	0.999±0.001	0.998±0.001	-7.116±1.1	-6.208±0.1	2.01±0.2
Ters Polinomiyal	2.027±0.120	0.997±0.001	0.995±0.001	3.438±0.1	4.346±0.3	2.33±0.3
Wilmink	1.330±0.102	0.929±0.008	0.908±0.010	0.897±2.3	1.892±0.7	2.47±0.1
Logaritmik Kuadratik	0.553±0.033	0.977±0.002	0.965±0.003	-5.823±0.3	-4.613±1.1	2.15±0.4
Kuadratik	1.226±0.107	0.947±0.004	0.932±0.006	2.825±3.1	3.733±3.1	1.78±0.2
Logaritmik Linear	0.835±0.049	0.959±0.003	0.947±0.004	-3.493±2.4	-2.586±0.9	1.94±0.7
Cobby ve Le Du	1.182±0.075	0.998±0.001	0.996±0.001	-12.264±1.1	-11.356±5.1	1.63±0.1
Cappio-barlino	0.864±0.055	0.999±0.001	0.998±0.001	-16.311±3.1	-14.798±3.2	1.91±0.2
Grossman	2.032±0.140	0.998±0.001	0.995±0.001	11.345±4.2	12.858±0.5	2.64±0.1
Parabolik Üstel	0.824±0.051	0.999±0.001	0.998±0.001	-0.578±3.1	0.330±0.7	2.99±0.1
Guo-Salve	0.937±0.060	0.952±0.005	0.949±0.001	-8.147±2.6	-7.239±1.1	2.99±0.4



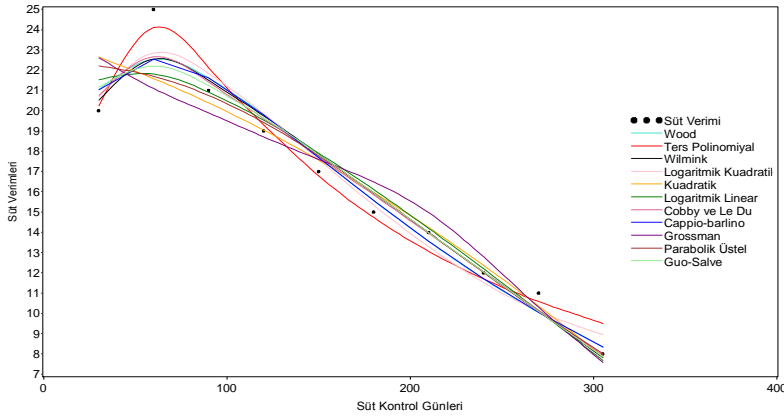
Şekil 2. Siyah alaca sığır ırkı için, Wood, ters polinomiyal, Wilmink, logaritmik kuadratik, kuadratik, logaritmik linear, Cobby ve Le Du, Cappio-Borlino, Grossman, parabolik üstel ve Guo-Salve modellerine ait laktasyon eğrileri.

Figure 2. For Holstein cattle breed, lactation curves of the Wood, inverse polynomial, Wilmink, logarithmic quadratic, quadratic, logarithmic linear, Cobby and Le Du, Cappio-Borlino, Grossman, parabolic exponential and Guo-Salve models.



Şekil 3. Jersey sığır ırkı için, Wood, ters polinomial, Wilmink, logaritmik kuadratik, kuadratik, logaritmik linear, Cobby ve Le Du, Cappio-Borlino, Grossman, parabolik üstel ve Guo-Salve modellerine ait laktasyon eğrileri.

Figure 3. For Jersey cattle breed, lactation curves of the Wood, inverse polynomial, Wilmink, logarithmic quadratic, quadratic, logarithmic linear, Cobby and Le Du, Cappio-Borlino, Grossman, parabolic exponential and Guo-Salve models.



Şekil 4. Esmer sığır ırkı için, Wood, ters polinomial, Wilmink, logaritmik kuadratik, kuadratik, logaritmik linear, Cobby ve Le Du, Cappio-Borlino, Grossman, parabolik üstel ve Guo-Salve modellerine ait laktasyon eğrileri.

Figure 4. For the brown cattle breed, lactation curves of the Wood, inverse polynomial, Wilmink, logarithmic quadratic, quadratic, logarithmic linear, Cobby and Le Du, Cappio-Borlino, Grossman, parabolic exponential and Guo-Salve models.

Çizelge 2 incelendiğinde Jersey ırkında da, Siyah Alaca sığırında olduğu gibi Wood ($\bar{R}^2=0.990\pm 0.001$), Cobby ve Le Du ($\bar{R}^2=0.991\pm 0.004$) ve Cappio-barlino ($\bar{R}^2=0.994\pm 0.002$) modelleri düzeltilmiş belirleme katsayıları bakımından diğer modellerden daha yüksek değerlere sahiptir. Hata kareler ortalamaları bakımından (Wood HKO; 0.925 ± 0.001 , Cobby ve Le Du HKO; 0.394 ± 0.039 , Cappio-barlino HKO; 0.419 ± 0.029) ise Guo-Salve modeli dışında bu üç modeldeki değerler en düşük değerlere sahiptir. Üç modele ait Akaike ve Bayesian bilgi kriteri değerleri (Wood AIC; -9.606 ± 0.1 , BIC; -8.699 ± 0.2 , Cobby ve Le Du AIC; -7.016 ± 0.7 , BIC; -16.108 ± 0.7 , Cappio-barlino AIC; -10.95 ± 0.6 , BIC; -9.442 ± 1.1) bakımından ise diğer modellere göre en küçük değerlere sahip olduğu görülmektedir. Durbin-Watson değerleri incelendiğinde (Wood DW; 2.11 ± 0.1 , Cobby ve Le Du DW; 1.59 ± 0.3 , Cappio-barlino DW; 1.79 ± 0.4) anlamlı sonuç elde edilmiştir..

Çizelge 3' te yer alan Jersey sığırına ait hata kareler ortalaması, belirleme katsayısı, düzeltilmiş belirleme

katsayısı, Akaike bilgi kriteri, Bayesian bilgi kriteri ve Durbin-Watson otokorelasyon değerleri bakımından incelendiğinde Siyah Alaca sığırında olduğu gibi Wood, Cobby ve Le Du ve Cappio-barlino modellerinin birbirine çok yakın değerler verdiği ve en iyi sonuçların elde edildiği söylenebilir.

Çizelge 3' te yer alan modellerin diğer modellerle beraber süt verimi ölçümlerine göre eğriler Şekil 2' de verilmiştir.

Çizelge 4 incelendiğinde Esmer sığır ırkında da, Jersey ve Siyah Alaca sığırında olduğu gibi Wood ($\bar{R}^2=0.991\pm 0.004$), Cobby ve Le Du ($\bar{R}^2=0.989\pm 0.002$) ve Cappio-barlino ($\bar{R}^2=0.980\pm 0.013$) modelleri belirleme katsayıları ve düzeltilmiş belirleme katsayıları bakımından diğer modellerden daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Hata kareler ortalamaları bakımından Wood ve Cobby ve Le Du (Wood HKO; 0.925 ± 0.005 , Cobby ve Le Du HKO; 0.929 ± 0.074) düşük değere sahip olduğu, Cappio-barlino (HKO; 3.243 ± 2.313) modele nispeten daha

yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. Üç modele ait Akaike ve Bayesian bilgi kriteri değerleri (Wood AIC; -9.79±0.2, BIC; -8.88±0.2, Cobby ve Le Du AIC; -9.84±1.1, BIC; -8.93±0.4, Cappio-barlino AIC; -15.86±1.5, BIC; -14.35±1.01) bakımından ise diğer modellere göre daha küçük değerlere sahip olduğu

görülmektedir. Durbin-Watson değerleri incelendiğinde ise (Wood DW; 2.21±0.1, Cobby ve Le Du DW; 1.41±0.1, Cappio-barlino DW; 1.66±0.2) herhangi bir otokorelasyon durumu söz konusu değildir.

Çizelge 3. Jersey sığır ırkına ait bireysel laktasyon eğrileri için hata kareler ortalamaları, belirleme katsayısı, düzeltilmiş belirleme katsayısı, Akaike bilgi kriteri, Bayesian bilgi kriteri ve Durbin-Watson otokorelasyon değerleri ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$).

Table 3. Averages of error, coefficient of determination, corrected coefficient of determination, Akaike information criterion, Bayesian information criterion and Durbin-Watson autocorrelation values for individual lactation curves of Jersey cattle breed ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$).

Modeller	Jersey					
	HKO	R ²	\bar{R}^2	AIC	BIC	DW
Wood	0.925±0.001	0.997±0.001	0.990±0.001	-9.606±0.1	-8.699±0.2	2.11±0.1
Ters Polinomiyal	0.842±0.051	0.994±0.001	0.992±0.001	1.155±0.5	2.063±0.6	2.42±0.2
Wilmink	0.396±0.041	0.966±0.003	0.956±0.004	-1.362±1.2	-0.452±0.7	2.17±0.2
Logaritmik Kuadratik	0.273±0.022	0.980±0.001	0.969±0.002	-6.106±1.1	-4.896±1.4	2.35±0.2
Kuadratik	0.421±0.035	0.963±0.003	0.953±0.004	-5.426±1.2	-4.518±1.3	1.71±0.3
Logaritmik Linear	0.343±0.033	0.971±0.002	0.963±0.002	-2.079±0.5	-1.171±1.1	1.82±0.1
Cobby ve Le Du	0.394±0.039	0.996±0.003	0.991±0.004	-17.016±0.7	-16.108±0.7	1.59±0.3
Cappio-barlino	0.419±0.029	0.997±0.001	0.994±0.002	-10.95±0.6	-9.442±1.1	1.79±0.4
Grossman	0.660±0.069	0.995±0.002	0.990±0.004	0.610±0.2	2.122±0.4	2.79±0.2
Parabolik Üstel	1.624±1.270	0.989±0.007	0.984±0.010	-10.399±1.2	-9.491±1.5	2.12±0.1
Guo-Salve	0.350±0.030	0.969±0.002	0.966±0.001	-14.794±1.1	-1.887±0.9	3.01±0.3

Çizelge 4. Esmer sığır ırkına ait bireysel laktasyon eğrileri için hata kareler ortalamaları, belirleme katsayısı, düzeltilmiş belirleme katsayısı, Akaike bilgi kriteri, Bayesian bilgi kriteri ve Durbin-Watson otokorelasyon değerleri ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$).

Table 4. Averages of error squares, determination coefficient, corrected determination coefficient, Akaike information criterion, Bayesian information criterion and Durbin-Watson autocorrelation values for individual lactation curves of brown cattle breed ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$).

Modeller	Esmer					
	HKO	R ²	\bar{R}^2	AIC	BIC	DW
Wood	0.925±0.005	0.994±0.003	0.991±0.004	-9.79±0.2	-8.88±0.2	2.21±0.1
Ters Polinomiyal	1.876±0.150	0.991±0.002	0.987±0.003	-0.04±0.5	0.86±0.3	2.62±0.1
Wilmink	1.084±0.099	0.930±0.009	0.910±0.012	1.13±0.6	2.046±0.1	2.37±0.6
Logaritmik Kuadratik	0.600±0.044	0.969±0.002	0.954±0.004	-8.09±0.4	-6.88±0.1	2.30±0.7
Kuadratik	1.095±0.099	0.939±0.005	0.921±0.006	8.16±0.1	9.069±0.8	1.82±0.4
Logaritmik Linear	0.840±0.064	0.949±0.005	0.935±0.007	2.79±1.9	3.704±0.5	1.75±0.4
Cobby ve Le Du	0.929±0.074	0.993±0.001	0.989±0.002	-9.84±1.1	-8.93±0.4	1.41±0.1
Cappio-barlino	3.243±2.313	0.990±0.007	0.980±0.013	-15.86±1.5	-14.35±10.1	1.66±0.2
Grossman	3.039±1.376	0.993±0.003	0.986±0.005	17.27±1.7	18.78±1.3	2.93±0.9
Parabolik Üstel	4.541±2.581	0.996±0.000	0.976±0.013	4.06±0.9	4.97±2.1	2.49±0.2
Guo-Salve	0.878±0.072	0.946±0.006	0.930±0.001	-3.18±0.6	-2.27±1.9	3.12±0.1

Çizelge 4' te yer alan Esmer sığırına ait hata kareler ortalaması, belirleme katsayısı, düzeltilmiş belirleme katsayısı, Akaike bilgi kriteri, Bayesian bilgi kriteri ve Durbin-Watson otokorelasyon değerleri bakımından incelendiğinde Jersey ve Siyah Alaca ırkı sığırlarda olduğu gibi Wood, Cobby ve Le Du ve Cappio-barlino modelleri modellerinin birbirine çok yakın değerler verdiği ve en iyi sonuçların elde edildiği söylenebilir.

Bu çalışmada siyah alaca, jersey ve esmer sığır ırklarına ait laktasyon eğrilerinin modellenmesinde Wood, ters polinomiyal, Wilmink, logaritmik kuadratik, kuadratik, logaritmik linear, Cobby ve Le Du, Cappio-Borlino, Grossman, parabolik üstel ve

Guo-Salve eşitliklerinin noktasal dağılıma ne kadar iyi uyum sağladığının tespitinde belirleme katsayısı, düzeltilmiş belirleme katsayısı, hata kareler ortalaması, Durbin-Watson otokorelasyon testi, AIC (Akaike Bilgi Kriteri) ve BIC (Bayesian Bilgi Kriteri) dikkate alınmıştır. Çalışma sonucunda, Esmer, Jersey ve Siyah Alaca sığırında Wood, Cobby ve Le Du ve Cappio-barlino modellerinin en iyi sonuçları verdiği tespit edilmiştir. Cobby ve Le Du (1978), Akbulut ve Emsen (1994), Orman ve Ertuğrul (1999), Orhan ve Kaygısız (2002), Keskin ve Tozluca (2004), Güler (2006), İleri (2010), Şahin ve Efe, (2010), Çankaya ve ark. (2011), Gök ve ark. (2019)' nın elde ettikleri sonuçlar ile uyum içerisindedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Süt sığırcılığında, süt üretiminin uygun modeller ile ifade edilebilmesi, gerek bir laktasyon döneminde, gerekse ömürleri boyunca verecekleri süt üretiminin tahmin edilebilmesine olanak sağlamaktadır. Süt üretimi gibi birçok gen tarafından kontrol edilen bir çıktının, önceden tahmin edilmesi, isabetli bir ıslah çalışması için son derece önemlidir. Bu sebeple uygun modellerin seçimi zaman ve maliyet açısından son derece önemlidir. En uygun modelin seçimi, seleksiyon başlangıcında, bireysel laktasyon eğrileri üzerinden seçim ve ayıklamaya imkan tanıyacak ve doğal olarak uzun zaman gerektiren seleksiyon çalışmalarında isabet derecesinin yükselmesine neden olacaktır. Sürü ortalamaları üzerinden yapılan laktasyon eğrisi modellemelerinde, üstün genetik yapıya sahip bireylerin seçimi veya düşük süt verimine sahip bireylerin ayıklanması, bireysel modellemeye göre nispeten zordur.

Siyah Alaca ve Esmer sığırında belirleme ve düzeltilmiş belirleme katsayıları bakımından en kötü sonuçları Wilmlink modeli, Jersey ırkında ise Kuadratik model vermiştir. Durbin-Watson değerleri bakımından incelendiğinde ise Siyah Alaca sığırında Guo-Salve ve Parabolik Üstel modelin, Jersey ve Esmer sığırında ise Guo-Salve modelinde negatif otokorelasyona yakın (kararsız bölge) değerler verdiği (sınır değerleri; $dw_L = 0.604$, $dw_U = 1.001$, $4 - dw_U = 2.999$, $4 - dw_L = 3.396$) görülmektedir.

Jersey ve Siyah Alaca sığırında her ne kadar birbirlerine çok yakın değer verseler de bir sıralama yapmak gerekirse, tüm karşılaştırma kriterleri dikkate alındığında, Cappio-Borlino, Wood ve Cobby ve Le Du şeklinde sıralamak mümkündür. Esmer sığırında ise sıralama, Wood, Cobby ve Le Du Cappio-Borlino şeklinde yapılabilir.

Burada dikkat edilmesi gereken konu modellerin farklı veri setlerinde farklı sonuçlar üretebileceğidir. Bu durum süt sığırcılığında laktasyon eğrilerinin modellenmesinde birden fazla modelin kullanılmasına neden olmaktadır. Diğer yandan model karşılaştırma kriterlerinin mümkün olduğunca fazla olması ve model seçiminde bu kriterlerin toplu olarak değerlendirilmesi araştırmacının istatistiksel anlamda en uygun modeli belirlemesine yardımcı olacaktır.

Özellikle sürü içerisinde genetik kapasitesi yüksek bireylerin seçiminde, sürü bazlı eğri modellemenin ıslah açısından faydası son derece kısıtlıdır. Bu nedenle bireysel laktasyon eğrilerinin modellenmesi ve ıslah çalışmalarında başlangıç noktası olarak kullanılması son derece önemlidir. Bireysel laktasyon eğrilerinin modellenmesi ile ilgili literatürde çok az çalışma yapılmış olmasının, büyük sürülerde getirdiği ekstra iş gücünün bir sonucu olarak düşünülmektedir. Ancak bilgisayar ve yazılım teknolojilerindeki ilerleme bu zorluğu günümüzde mümkün olduğu kadar

azaltmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma yüksek lisans tez çalışmasından türetilmiştir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

KAYNAKLAR

- Akbulut Ö, Emsen H 1994. Esmer x Doğu Anadolu Kırmızısı melezi ve Siyah Alaca İneklerin Erzurum şartlarında laktasyon eğrisi tipleri ve laktasyon devamlılık Derecesi, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 25(3): 327-343.
- Atashi H, Sharbabak MM, Shahrabak HM 2009. Environmental factors affecting the shape components of the lactation curves in Holstein dairy cattle of Iran. Parity, 2(354): 4-66.
- Batra TR 1986. Comparison of two mathematical models in fitting lactation curve for pure-line and cross-line dairy cows. Can. J. Anim. Sci., 66(2): 405-414.
- Cobby JM, Le Du YLP 1978. On Fitting Curves to Lactation Data, Anim. Prod., 26(2): 127-133.
- Çağan V, Özyurt A 2008. Polatlı TİM'de yetiştirilen Siyah Alaca sığırlarda laktasyon Eğrisine İlişkin Parametre Tahmini, Hayvansal Üretim, 49(1): 5-12.
- Çankaya S, Unalan A, Soydan E 2011. Selection of a Mathematical Model to Describe the Lactation Curves of Jersey Cattle, Arch Tierz., 54(1): 27-35.
- Çankaya S, Şahin M, Abacı SH 2014. Comparison of Wood and Cubic Splinemodels for the First Lactation Curve of Jersey Cows, The Journal of Animal and Plant Sciences, 24(4): 1045-1049.
- Durbin J, Watson GS 1951. Testing for serial correlation in least square regression. Biometrika, 38(1): 159-78.
- Grossman M, Kuck AL, Norton HW 1986. Lactation Curves of Purebred and Crossbred Dairy Cattle. Journal of Dairy Science, 69(1): 195- 203.
- Güler O 2006. Atatürk Üniversitesi Tarım İşletmesi Koşullarında Yetiştirilen Siyah Alaca Sığırlarda Laktasyon Eğrisi Parametrelerinin ve Persistensi Değerlerinin Farklı Modellerle Tespiti ve Etkili Çevre Faktörlerinin Belirlenmesi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 203 s., Ankara.
- Gök T, Mikail N, Akkol S 2019. Analysis of the First Lactation Curve in Holstein Cows with Different Mathematical Models. KSÜ Tarım ve Doğa Derg.,

- 22(4): 601-608.
- İleri R 2010. Kazova Vasfi Diren Tarım İşletmesinde Yetiştirilen Siyah Alaca İneklerinin Laktasyon Eğrisinin Tahmin ve Tanımlanması İçin Farklı Modellerin Karşılaştırılması. Gazi Osman Paşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 31 s., Tokat.
- Kaygısız A 1996. Sarı Alaca Sığırların Laktasyon Eğrisi Özellikleri. . Tr. J. of Veterinary and Animal Sciences, 23(1): 15-23.
- Kaygısız A, Vanlı Y, Yılmaz İ 2003. Esmer Sığırların Laktasyon Eğrisi Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Hayvansal Üretim, 44(2): 69-80.
- Orhan H, Kaygısız A 2002. Siyah Alaca sığırlarda farklı laktasyon eğrisi modellerinin karşılaştırılması. Hayvansal Üretim, 43(1): 94- 99.
- Orman MN, Ertuğrul O 1999. Holstayn İneklerin Süt Verimlerinde Üç Farklı Laktasyon Modelinin İncelenmesi. Turk. J. Vet. Anim. Sci., 23: 605-614.
- SAS 1999. The Expand Prosedure. <http://www2.stat.unibo.it/ManualiSas/ets/chap11.pdf> 01.06.2010).
- Şahin M, Efe E 2010. Kübik Spline Regresyonların Süt Sığırcılığında Laktasyon Eğrilerinin Modellenmesinde Kullanımı. KSÜ Doğa Bil. Derg, 13(2): 17-22.
- Wood PDP 1967. Algebraic model of lactation curve in cattle. Nature, 216(5111): 164-165.
- Yedes A 1999. Kırklareli Siyah Alaca Sığırlarının Laktasyon Süt Verim Eğrilerinin Farklı Modellerle Tahmini (Diploma Çalışması, basılmamış), Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, 103 s., Tekirdağ.
- Yılmaz İ, Kaygısız A 2000. Siyah Alaca Sığırların Laktasyon Eğrisi Özellikleri. Tarım Bilimleri Dergisi, 6(4): 1-10.