

# NAPOVEDOVANJE MLEČNOSTI MOLZNIC NA PODLAGI PRVIH MLEČNIH KONTROL

Janez JERETINA<sup>1</sup>, Dejan ŠKORJANC<sup>2</sup>

## IZVLEČEK

Na potek laktacijske krivulje molznic in posledično količino prirejenega mleka, vpliva mnogo različnih dejavnikov, ki imajo osnovo v genotipu krav in okoliških dejavnikih. Slednje lahko izboljšamo s pravilnim pristopom reje. V raziskavo smo vključili 572.745 standardnih laktacij iz obdobja med 01.01.2000 do 01.08.2009 in preračunali mlečnosti po Wood-ovem modelu. Razporeditev dobljenih krivulj je pokazala, da je bilo 70,5 % laktacijskih krivulj pravilnih oblik, ostale pa so bile nepravilnih oblik in smo jih iz nadaljnje obdelave izločili. Priporočene standarde laktacijskih krivulj smo ocenili za mlečnosti od 3.000 do 12.000 kg in razmike po 100 kg. Dobili smo 257 standardnih mlečnih krivulj, ki jih uporabljamo za oceno potencialne mlečnosti in oceno mlečnosti v standardni laktaciji krave. Standardno krivuljo za 7000 kg mleka smo primerjali s priporočenim standardom po Morant in Gnanasakthy za isto mlečnost. Obliki krivulj se med seboj razlikujeta, pri čemer so naše krivulje bolj sploščene in imajo večjo mlečno vztrajnost kot smo pričakovali. V okviru raziskave smo izdelali tudi spletni modul, ki omogoča vpogled v potencialno, ocenjeno in dejansko mlečnost krave. Poleg grafične predstavitve poteka krivulje je podan tudi izračun razlike med potencialno in ocenjeno mlečnostjo ter prikaz prehranske oskrbe živali.

**Ključne besede:** govedo, laktacijska krivulja, model, računalniški program

## MILK YIELD ESTIMATION OF COWS ON THE BASIS OF THE FIRST MILK RECORDINGS

### ABSTRACT

The shape of lactation curve of milking cows and milk yield is affected by many factors originating in genotype and environment. With good management it is possible to improve and minimize the influence of environmental effects. Milk yields of standard lactations were recalculated by Wood's model for 572,745 lactations in the period from 01.01.2000 to 01.08.2009. The distribution of lactation curves shows 70.5% of typical lactation curves which were included in further statistical processing. The proposed standards for lactation curves were estimated for various yields from 3,000 to 12,000 kg and 100 kg intervals. We obtained 257 standards of lactation curves which are needed for the estimation of potential milk yield and predicted milk yield of standard lactation. A comparison of curve for 7,000 kg milk yield with standard curve adopted from Morant and Gnanasakthy for the same milk yield was done. The shapes of both curves differed from each other and our standard curves were flatter with higher persistence than we expected. In frame of the examination a software module for the evaluation of potential, predicted and achieved milk yield of cows was developed. Beside the graphical interpretation of lactation curve,

---

<sup>1</sup> mag., univ.dipl.inž.kmet., Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova 17, Ljubljana

<sup>2</sup> Prof. dr., Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Pivola 10, Maribor

the difference between the potential and the predicted milk yield and the presentation of feeding supply is included.

**Keywords:** dairy cattle, lactation curve, modeling, software

## UVOD

Zaradi genetskega napredka, pa tudi zaradi izboljšanja rejskih razmer, se je povprečna mlečnost vseh krav v Sloveniji v zadnjih osmih letih povečala za več kot 800 kg (Božič in sod., 2009). Navkljub velikemu napredku pa še vedno obstajajo velika nihanja v količini prirejenega mleka med določenimi rejami in med posameznimi kravami znotraj teh. Razlike izvirajo predvsem iz razlik v genetskem potencialu krave in okoliških dejavnikov. Slednji vplivajo neposredno na razvoj mlečne žleze pred samim reproduktivnim obdobjem in kasneje, ko je krava že v laktaciji. V proizvodni dobi na obliko in višino laktacijske krivulje vplivajo dejavniki povezani s prehrano, zdravstvenim stanjem krave, dogajanjem povezanimi s plodnostjo, načinom reje krav in klimatskimi razmerami (Gajster, 1991; Macciotta in sod., 2006; Rekik, 2004; Fleischer in sod., 2001). Veliko okoljskih dejavnikov deluje negativno na potek in višino laktacijske krivulje, zato jih poskušamo kontrolirati in zmanjšati njihov vpliv.

Razvoj mlečne žleze pri telicah se začne že v obdobju pred puberteto. Na sam razvoj vpliva tudi intenzivnost prehrane, pri čemer ima preveč intenzivno krmljenje telic negativen vpliv na razvoj mlečne žleze in prezgodnjo spolno zrelost (Sejrsen in Purup, 1997). V vsej fazi razvoja mlečne žleze so prisotne spremembe v delovanju endokrinih žlez, ki še posebej v začetku brejosti vplivajo na delitev celic mlečne žleze. Njihovo število začne močno naraščati nekaj dni pred in po telitvi ( $\pm 10$  dni) ter v tem obdobju predstavlja tudi do 65% od vsega povečanja števila žleznihih celic. Ta proces poteka nato še približno do 3 tedne po telitvi, kasneje pa gre povečanje mlečnosti v obdobju od 3 do 8 tednov predvsem na račun povečevanja intenzivnosti izločanja žleznihih celic vimena. Z določenim zamikom poteka diferenciacija novonastalih celic. Čeprav ni povsem jasno kdaj točno se začne apoptoza (programirano odmiranje celic) (Dijkstra in sod., 1997; Pollott, 2000), je to približno 8 tednov po telitvi, oz. takoj po doseženem vrhu laktacije. Zmanjševanje mlečnosti na račun apoptoze traja približno do 23. tedna, nato pa je ta samo še posledica zmanjševanja intenzivnosti izločanja žleznihih celic (Grossman in Koops, 1988). Na osnovi tega lahko zaključimo, da potek laktacijske krivulje določajo spremembe v gibanju števila aktivnih celic, kar je odvisno od časa in njihove sekrecijske funkcije.

Žal teh aktivnosti zaenkrat pri živih živalih ni mogoče kvantitativno vrednotiti. Na podlagi poznavanja bioloških dogajanj so bili razviti številni modeli, ki posredno ocenjujejo potek laktacijske krivulje. V literaturi se najpogosteje omenjajo modeli po Wood-u (Wood, 1967), Wilmink-u (Wilmink, 1987), Ali-ju in Schaeffer-ju (cit. po Schaeffer in Jamrozik, 1996), Dijkstri (Dijkstra in sod. 1997), Guo in Swalve-ju (cit. po Pool, 2000). Ocenjeni parametri teh krivulj pri veliki večini modelov običajno nimajo velikega pomena za biološko razlago poteka krivulj (Nasri in sod., 2008). Kljub temu omogočajo napovedovanje mlečnosti krav in potek laktacijske krivulje. Za primerno postavitev je zelo pomembno tudi število meritev in njihova razporeditev glede na čas po telitvi. Velikokrat prav zaradi manjkajočih meritev v zgodnjem obdobju po telitvi ne moremo oceniti vrha laktacije in njene maksimalne mlečnosti. To lahko vodi v nenormalno obliko laktacijske

krivulje, kar ugotavljajo številni avtorji (Dijkstra in sod., 1997; Pollott, 2000; Rezik, 2004; Macciotta in sod., 2005; Silvestre in sod., 2009). V večini literature ugotavljajo, da laktacijska krivulja pravilne oblike svoj vrh doseže v obdobju med 4 in 8 tedni po telitvi, ki mu sledi upadanje mlečnosti vse do presušitve.

S spremljanjem podatkov mlečnih kontrol na nivoju kmetije ter napovedovanjem pričakovane mlečnosti bi lahko bolj učinkovito usmerjali rejsko delo, optimalno izkoriščali genetski potencial krav in dosegali večjo ekonomiko prireje. Namen raziskave je bil, razviti programsko orodje, ki bo omogočalo napovedovanje mlečnosti v standardni laktaciji na podlagi nekaj kontrol v začetnem obdobju laktacije.

## 2. MATERIAL IN METODE DE LA

Za napovedovanje mlečnosti molznic smo se na podlagi pregleda primerjalnih člankov, ki obravnavajo različne vrste modelov za oceno mlečnosti in potek laktacijske krivulje (Grossman in Koops, 2003; Val-Arreola in sod., 2004; A. M. Silvestre in sod., 2006), odločili za model po Wood-u (Wood, 1967). Odločitev o primernosti uporabe modela je temeljila na naslednjih kriterijih:

- razložljivost parametrov modela z biološkimi dogajanja tekom laktacijske dobe krave,
- enostavna integracija v programske module znotraj portala Govedo,
- majhno število parametrov, ki jih je potrebno oceniti po nelinearni metodi; bolj kompleksni modeli z več parametri zahtevajo večje število meritev, ki pa jih glede na obstoječi sistem izvajanja kontrole mlečnosti nimamo,
- dobra prilagodljivost ocenjenega poteka krivulje k izmerjenim vrednostim.

V preučevanje smo vključili 572.745 standardnih laktacij iz obdobja med 01.01.2000 in 01.08.2009. Podatki se nahajajo v Centralno podatkovni zbirki Govedo, Kmetijskega inštituta Slovenije ([www.govedo.si](http://www.govedo.si)) (Jeretina in sod., n.d.).

### Model za opis poteka laktacijske krivulje in oceno mlečnosti

Model po Wood-u je eden izmed klasičnih modelov za opis laktacijskih krivulj in v preteklosti tudi eden izmed najbolj uporabljenih. Kljub temu, da je bilo do danes razvitih že več različnih modelov, njegovo uporabo zasledimo v večini pomembnejših raziskav. Zapišemo ga v obliki:

$$Y_t = a * t^b * e^{-ct} \quad [1]$$

pri čemer pomeni :

$Y_t$  – opazovana lastnost (dnevna mlečnost ob kontroli)

$a$  – parameter, ki je povezan s povprečno mlečnostjo

$b$  – parameter, ki določa naklon naraščajočega dela funkcije

$c$  – parameter, ki določa naklon padajočega dela funkcije

$t$  – dni po telitvi

Ocene parametrov krivulje, ki poteka skozi set izmerjenih dnevnih mlečnosti krave dobimo po Marquardu z metodo nelinearne regresije. Sam izračun poteka v SAS

programu (verzija) po NLIN metodi. Na osnovi kombinacij ocenjenih parametrov je možno prepoznati tudi obliko krivulje. Prevojno točko oz. relativni maksimum funkcije izrazimo z

$$t_{\max} = b / c \quad [2]$$

pri čemer dobimo oceno za število dni po telitvi, ko se bo pojavil vrh laktacije. Z vnosom dobljene vrednosti v enačbo [1] pa ocenimo maksimalno dnevno mlečnost. Oceno mlečnosti v poljubnem obdobju (M) pa izrazimo z določenim integralom enačbe [3]. Pri tem lahko ocenimo dejansko doseženo mlečnost v obdobju do zadnje kontrole, oz. presušitve, ali pa napovemo pričakovano mlečnost v obdobju.

$$M = a \cdot \int_0^{305} e^{c \cdot t} \cdot t^b dt \quad [3]$$

### Standardi laktacijskih krivulj

Pri napovedovanju potencialne mlečnosti krav si pomagamo s standardi laktacijskih krivulj za posamezne razrede mlečnosti. Za pripravo standardov smo vzeli zaključene standardne laktacije z dobo med telitvama (DMT) krajšo od 380 dni. Povprečje celotne populacije krav molznic v letu 2008 je bilo 415 dni, kar je po našem mnenju občutno predolgo in je velikokrat odraz neustreznih rejskih ukrepov.

V raziskavi nas je zanimalo, ali so dobljeni standardi primerljivi s katerim od znanih potekov laktacijskih krivulj, ki so dosegljivi v literaturi. Za primerjavo smo uporabili priporočeno krivuljo po Morantu in Gnanasakthy, za krave s 7.000 kg mleka v standardni laktaciji. Ta model je pogosto uporabljen pri angleških strokovnjakih za prehrano prežvekovalcev (Alderman and Agricultural and Food Research Council (Great Britain), 1993).

### Potencialna mlečnost

Potencialna mlečnost je mlečnost, ki jo napovemo ob predpostavki, da krava vsaj enkrat v obdobju standardne laktacije izkaže svoj največji potencial v prireji mleka glede na dane pogoje. Ocenimo jo na osnovi kontrol in kaže na sposobnost prireje mleka krave, ki jo od nje lahko pričakujemo. Vsako mlečno kontrolo primerjamo s standardi laktacij in vzamemo tistega, ki je najbližje največji izmerjeni vrednosti. V primeru, ko število meritev ne zadostuje, da bi lahko na njihovi podlagi umestili kravo v ustrezen standard, si pomagamo s podatkom znane potencialne mlečnosti iz prejšnje laktacije. V začetku laktacije preprosto privzamemo potencialno mlečnost, ki smo jo ocenili v predhodni laktaciji in jo korigiramo za faktor zaporedne laktacije. Faktorje vpliva zaporedne laktacije na količino mleka v standardni laktaciji smo ocenili po modelu [4].

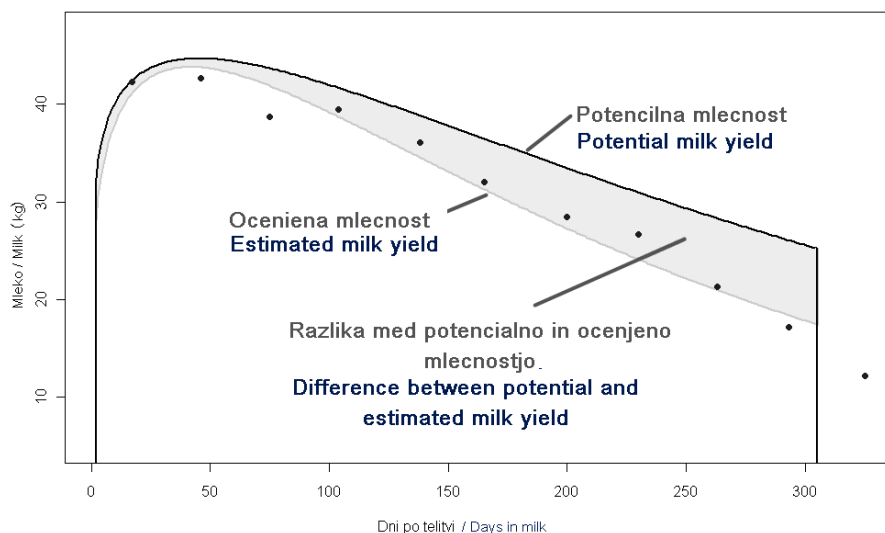
$$Y_{ijkl} = \mu + P_i + L_j + P_i * L_j + S_k + e_{ijkl} \quad [4]$$

$Y_{ijkl}$  opazovana vrednost za lastnost (kg mleka v standardni laktaciji)  
 $\mu$  srednja vrednost  
 $P_i$  pasma ( $i=1, 2, 3$ )

$L_j$  laktacija (1., 2., 3 in več)  
 $P_i * L_j$  interakcija med pasmo in letom  
 $S_k$  sezona telitve (1 - dec, jan, feb, 2 - mar, apr, maj, 3 - jun, jul, avg, 4 - sep, okt, nov)  
 $e_{ijkl}$  ostanek

## Napovedana mlečnost

V optimalnih pogojih reje bo napovedana mlečnost zelo blizu potencialne mlečnosti. Napovedano mlečnost ocenjujemo po Wood-ovem modelu in jo navajamo za standardno laktacijo (305 dni). Za boljše razumevanje v grafu 1 prikazujemo krivulji za potencialno mlečnost in ocenjeno mlečnost. Z modrimi pikami so prikazane dnevne mlečnosti, označen pa je tudi začetek laktacije in zaključek 305 dnevnega obdobja. Razlika med krivuljama predstavlja količino mleka, ki smo jo izgubili, ker nismo uspeli izkoristiti potenciala krave, ki ga je ta izkazala v eni izmed predhodnih kontrol.

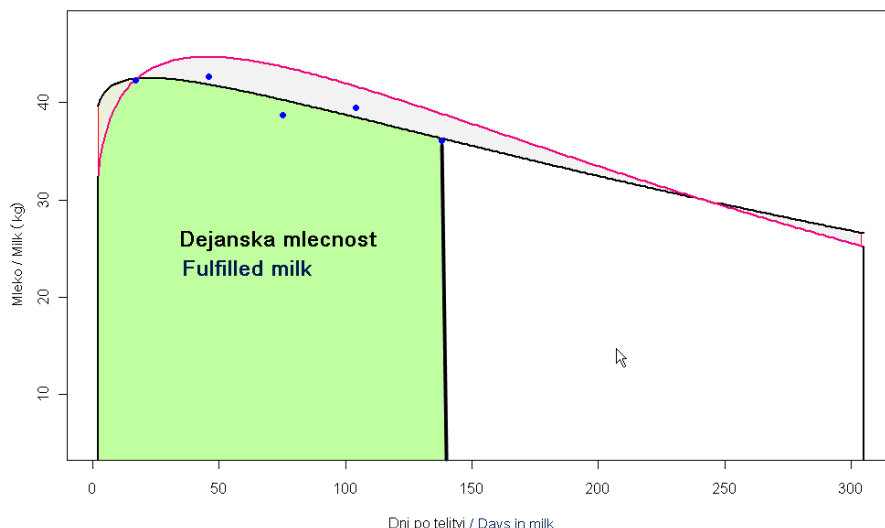


Graf 1. Potek laktacijske krivulje skozi izmerjene vrednosti, prikaz potencialne mlečnosti in razlike

Fig 1. Trajectory of lactation curve through measured values with potential milk yield in standard lactation and difference between curves

## Dejanska mlečnost

Dejanska mlečnost je ocenjena mlečnost za preteklo obdobje do dneva mlečne kontrole, oz. do poljubnega dneva pred zadnjo mlečno kontrolo. Po zaključku standardne laktacije je dejanska mlečnost hkrati enaka napovedani mlečnosti.



Graf 2. Prikaz ocenjene mlečnosti, potencialne mlečnosti in dejanske mlečnosti  
 Fig 2. Predicted milk yield in standard lactation, potential milk yield and fulfilled milk yield between the start of lactation and the last milk recording

## REZULTATI IN RAZPRAVA

Nekateri avtorji ugotavljajo, da je eden izmed vzrokov nepravilne oblike laktacijske krivulje, ki jo dobimo po oceni parametrov po Wood-u, premajhno število meritev in njihova neugodna razporeditev (Dijkstra in sod., 1997; Pollott, 2000; Macciotta in sod., 2005; Silvestre in sod., 2009). Na podlagi predznakov ocen parametrov krivulje smo izločili vse laktacije, ki so izkazovale nepravilno obliko. V preglednici 1 je prikazana število zaključenih laktacij glede na obliko krivulje, ki jih prepozna Wood-ov model. Iz nje je razvidno, da je 70,5 % normalnih oblik krivulj, ostalih 29,5 % pa nepravilnih oblik.

Preglednica 1. Razporeditev krivulj po Wood-u glede na njihovo obliko, ki jo določata parametra a in b s povprečnim številom dni do 1. mlečne kontrole in standardne deviacije  
 Table 1. Curve classification according to the 4 shapes detected by the Wood model with average of days to the first milk recording and standard deviation

Oblika krivulje / Shape	Parametri <sup>2</sup>		N Number	Povp. dni <sup>1</sup> Avg days	SD <sup>1</sup>	%
	b	c				
Naraščajoča / Continuously increasing	+	-	435	33,4	53,9	1,0
Normalna / Standard curve	+	+	403.864	23,3	31,2	70,5
Konveksna / Reversed standard	-	-	34.735	29,7	25,9	6,1
Padajoča / Continuously decreasing	-	+	133.711	23,0	17,4	23,3
<b>Skupaj / Total</b>			<b>572.745</b>			

<sup>1</sup> Število dni med telitvijo in prvo kontrolo / Days between calving and first milk recording

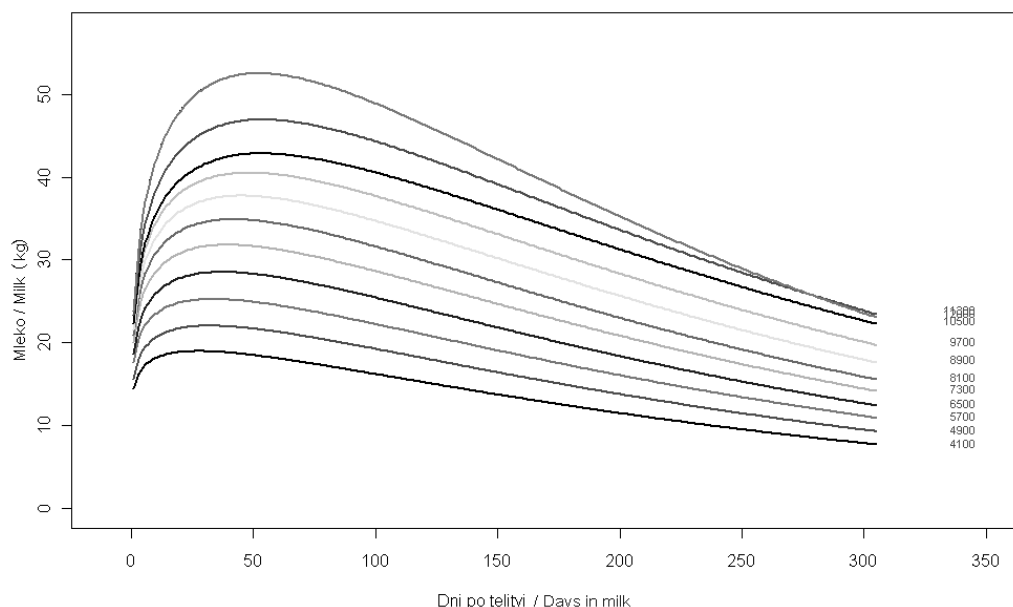
<sup>2</sup> Parametra Wood-ove krivulje / Parameters b and c of Wood lactation curve

V nam dosegljivi literaturi ni bilo objavljenih priporočenih potekov standardnih krivulj za posamezne razrede mlečnosti. Zato smo se odločili, da postavimo standarde krivulj znotraj razredov mlečnosti, ocenjene na povprečju slovenske populacije.

Krave, ki so imele normalno obliko laktacijske krivulje (403.864) smo razvrstili v razrede mlečnosti po 100 kg in na njihovih povprečnih dnevni mlečnosti ocenili parametre krivulje po NLIN metodi (SAS, 2009). V poštev so prišle samo tiste, pri katerih je bila doba med telitvama krajša od 380 dni. Podaljševanje DMT vodi v povečanje mlečnosti cele laktacije, zmanjšanje vrha laktacijske krivulje, podaljšanja časa, ko je vrh dosežen in povečanje mlečne vztrajnosti (Grossman in Koops, 1988; Vargas in sod., 2000).

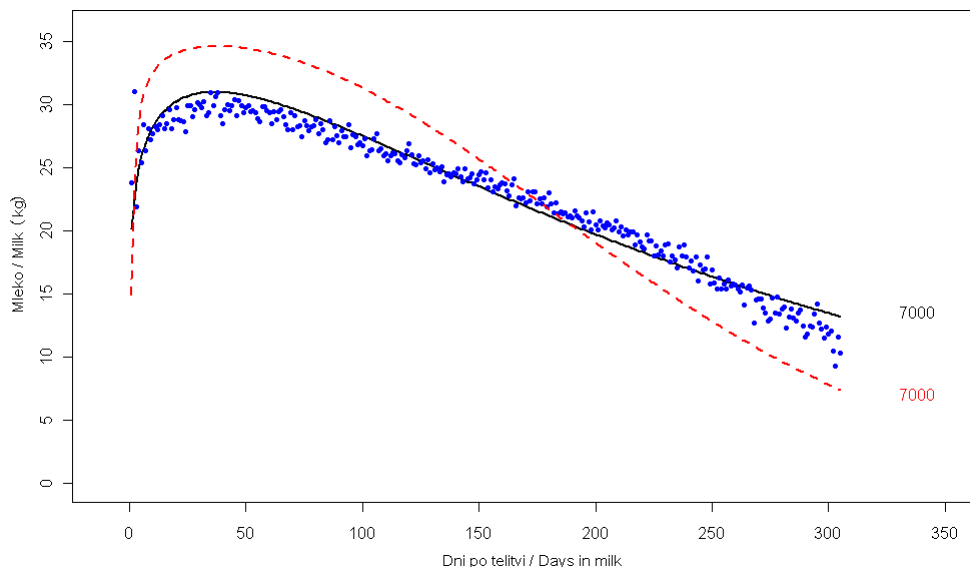
Dobili smo 257 standardov mlečnih krivulj za 1., 2., in  $\geq 3$ . laktacije in mlečnosti od 3.000 do 12.000 kg mleka. Standardi krivulj so za vse pasme enaki, saj smo na podlagi predhodne analize podatkov ugotovili, da se krivulje med pasmami za isti razred mlečnosti ne razlikujejo (neobjavljeni podatki). Podobno ugotovitev je navedel tudi (VanRaden in sod., 2006).

Poteki povprečnih laktacijskih krivulj za posamezne razrede mlečnosti nam služijo za oceno potencialne mlečnosti krave in oceno mlečnosti v standardni laktaciji, ko je število mlečnih kontrol še premajhno, da bi mlečnost ocenili po modelu.



Graf 3. Primer standardov laktacijskih krivulj za različne razrede mlečnosti v 3. laktaciji  
 Fig. 3. Example of standards of lactation curves for different milk yield classes in the third lactation

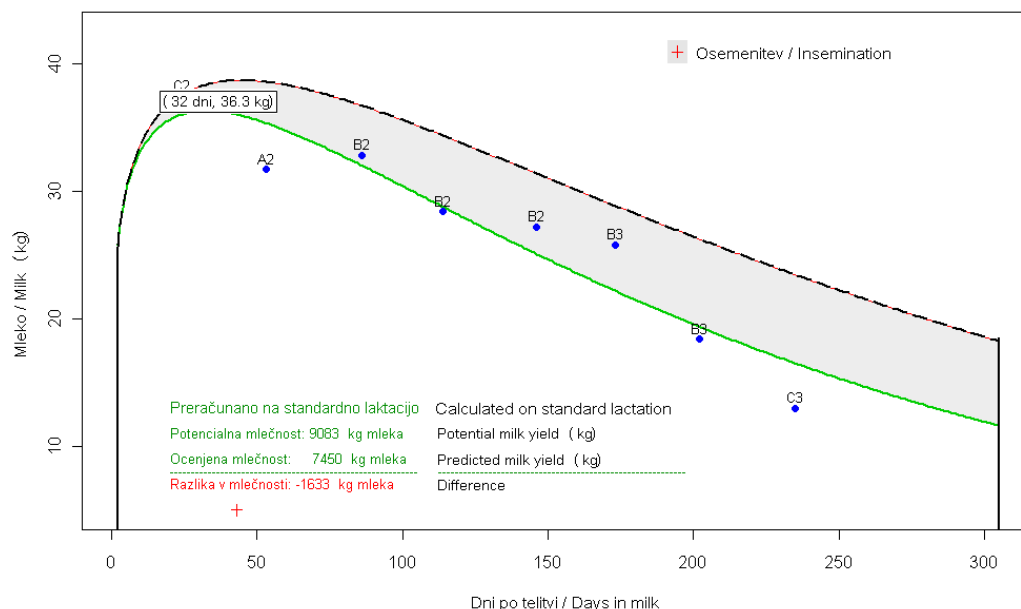
Primerjava priporočenega standarda za krave, ki imajo 7.000 kg mleka v standardni laktaciji po Morant in Gnanasakthy s standardom, ki smo ga določili na naši populaciji z modelom po Woodu je prikazana na grafikonu 4. Wood-ova krivulja se dnevni povprečjem relativno dobro prilega vendar v začetku in ob koncu krivulja rahlo preceni mlečnost ter podceni mlečnost v sredini laktacije kar se ujema z rezultati iz literature (Sherchand in sod., 1995). Iz primerjave obeh krivulj (graf 4) je razvidno, da je vrh laktacijske krivulje nižji kot je bil dosežen v modelu po Morantu (cit. po Val-Arreola in sod., 2004), mlečna vztrajnost v padajočem delu pa je večja.



Graf 1. Potek Wood-ove laktacijske krivulje skozi povprečja meritev dnevnih kontrol za 7.000 kg (sklenjena črta) in primerjalna krivulja po Morant in Gnanasakthy za isto mlečnost (nesklenjena črta)

Fig. 4. Wood's lactation curve through daily milk averages for 7,000 kg milk yield (solid line) and comparable line of Morant and Gnanasakthy model for the same milk yield (dashed line)

Cilj rejca je, da z ustreznimi rejskimi ukrepi poskuša ohranjati potek laktacijske krivulje, ki vodi čim bližje potencialni mlečnosti krave. Za ta namen v okviru spletnega portala Govedo razvijamo modul, prek katerega lahko za posamezne krave ocenimo potencialno mlečnost in ocenjeno mlečnost (graf 5). Na primeru krave SI 1536053 prikazujemo njeno potencialno mlečnost (črtkana krivulja), ki je 9.083 kg mleka in ocenjeno mlečnost za obdobje 305 dni, ki je 7.450 kg mleka (sklenjena krivulja).



Graf 2. Potencialna in ocenjena mlečnost pri kravi SI 1536053 v 4. laktaciji

Fig. 5. Potential and predicted milk yield in the standard lactation of cow SI 1536053 in 4<sup>th</sup> lactation



Ocenjena razlika v mlečnosti je 1.633 kg, kar pomeni, da bomo v standardni laktaciji priradili manj mleka kot je izkazan potencial krave ob prvi kontroli. V času druge kontrole je bila krava osemenjena (znak +) in padec mlečnosti ob kontroli je lahko posledica pojatve. Ob prvi kontroli je imela krava ozko razmerje med maščobami in beljakovinami v mleku, kar kaže na možnost acidoze in premajhno zauživanja krme. Ob drugi kontroli je mlečnost padla, kar je lahko posledica prej omenjenega razloga, v kasnejših kontrolah pa je bila sestava mleka ustrezna. Primerjava obeh krivulj kaže na verjetnost storjenih rejskih napak v času laktacije. Te so povzročile manjšo doseženo mlečnost, kot bi jo krava lahko imela ob boljših pogojih.

## SKLEPI

Vse nižje odkupne cene mleka narekujejo iskanje potencialnih virov zmanjšanja stroškov prireje in optimalnega izkoriščanja genetskih sposobnosti krav. Uradno priznana testno intervalna metoda, ki jo danes uporabljamo za izračun dosežene mlečnosti v standardni in celi laktaciji, ne more oceniti pričakovane mlečnosti in ostalih parametrov laktacijske krivulje, ki so pomembni za načrtovanje in vodenje rejskih ukrepov na podlagi mlečnosti.

Količina mleka v standardni laktaciji je odvisna od poteka laktacijske krivulje na katero vplivajo poleg genetskega potenciala krav tudi okoliški dejavniki. Brez učinkovitega nadzora in zmanjševanja vpliva negativnih okoliških dejavnikov je lahko selekcijsko delo na nivoju črede neuspešno, prav tako pa se pojavlja vprašanje selekcijskega napredka v populaciji.

Ocenjeno mlečnost v standardni laktaciji lahko zadovoljivo ocenimo po Wood-ovi enačbi, vendar je oblika krivulje odvisna od števila meritev, časov vzorčenja po telitvi in števila dni do uspešne osemenitve.

Za ocenitev potencialne mlečnosti krav smo izdelali standarde krivulj, ki se znotraj posameznih razredov mlečnosti po obliki med pasmami ne razlikujejo. Primerjava standardne krivulje za 7.000 kg mleka z modelom po Morant in Gnanasakthy za isto mlečnost je pokazala, da je dosežen nižji vrh, laktacija pa ima v padajočem delu večjo mlečno vztrajnost. Na splošno so standardi laktacijskih krivulj, dobljeni na slovenski populaciji krav, nižji od pričakovanih.

Za oceno mlečnosti v standardni laktaciji smo razvili spletni modul, ki v grafičnem delu prikazuje potencialno mlečnost, ocenjeno mlečnost in dejansko mlečnost. Iz njega je razvidna oskrba živali, ocenjena na podlagi razmerja med mlečno maščobo in beljakovinami ter število in čas osemenitev.

## LITERATURA

- Alderman, G., and Agricultural and Food Research Council (Great Britain). 1993. Energy and protein requirements of ruminants : an advisory manual. CAB International, Wallingford Oxon UK.
- Božič, A., J. Jenko, M. Sadar, J. Jeretina, B. Logar, T. Perpar, P. Podgoršek, A. Žabjek, J. Glad, and B. Ivanovič. 2009. Rezultati kontrole priraje mleka in mesa : Slovenija 2008 (A Božič, Ed.). Ljubljana : Kmetijski inštitut Slovenije, Govedorejska služba Slovenije.
- Dijkstra, J., J. France, M.S. Dhanoa, J.A. Maas, M.D. Hanigan, A.J. Rook, and D.E. Beaver. 1997. A Model to Describe Growth Patterns of the Mammary Gland During Pregnancy and Lactation. *J. Dairy Sci.* 80(10): 2340-2354.
- Fleischer, P., M. Metzner, M. Beyerbach, M. Hoedemaker, and W. Klee. 2001. The Relationship Between Milk Yield and the Incidence of Some Diseases in Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 84(9): 2025-2035.
- Gajster, M. 1991. Ugotavljanje in proučevanje razlik med pričakovano in dejansko mlečnostjo krav na mlečnih farmah. Doktorsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živalinorejo: 120.
- Grossman, M., and W.J. Koops. 1988. Multiphasic Analysis of Lactation Curves in Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 71(6): 1598-1608.
- Grossman, M., and W.J. Koops. 2003. Modeling Extended Lactation Curves of Dairy Cattle: A Biological Basis for the Multiphasic Approach. *J. Dairy Sci.* 86(3): 988-998.
- Jeretina, J., B. Ivanovič, P. Podgoršek, T. Perpar, B. Logar, M. Sadar, J. Jenko, J. Glad, A. Božič, A. Žabjek, D. Babnik, and J. Verbič. Centralno podatkovna zbirka Govedo. Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana, Slovenija.
- Macciotta, N.P.P., D. Vicario, and A. Cappio-Borlino. 2005. Detection of Different Shapes of Lactation Curve for Milk Yield in Dairy Cattle by Empirical Mathematical Models. *J. Dairy Sci.* 88(3): 1178-1191.
- Macciotta, N., C. Dimauro, G. Catillo, A. Coletta, and A. Cappio-Borlino. 2006. Factors affecting individual lactation curve shape in Italian river buffaloes. *Livestock Science.* 104(1-2): 33-37.
- Nasri, M.F., J. France, N. Odongo, S. Lopez, A. Bannink, and E. Kebreab. 2008. Modelling the lactation curve of dairy cows using the differentials of growth functions. *J. Agric. Sci.* 146(06): 633.
- Pollott, G.E. 2000. A Biological Approach to Lactation Curve Analysis for Milk Yield. *J. Dairy Sci.* 83(11): 2448-2458.
- Pool, M. 2000. Test-day models : breeding value estimation based on individual test-day records. s.n., [Wageningen].
- Rekik, B. 2004. Factors affecting the occurrence of atypical lactations for Holstein? Friesian cows. *Livestock Production Science.* 87(2-3): 245-250.
- Schaeffer, L.R., and J. Jamrozik. 1996. Multiple-Trait Prediction of Lactation Yields for Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 79(11): 2044-2055.
- Sejrsen, K., and S. Purup. 1997. Influence of prepubertal feeding level on milk yield potential of dairy heifers: a review. *J. Anim Sci.* 75(3): 828-835.
- Sherchand, L., R.W. Mcnew, D.W. Kellogg, and Z.B. Johnson. 1995. Selection of a Mathematical Model to Generate Lactation Curves Using Daily Milk Yields of Holstein Cows. *J. Dairy Sci.* 78(11): 2507-2513.

- Silvestre, A.M., F. Petim-Batista, and J. Colaco. 2006. The Accuracy of Seven Mathematical Functions in Modeling Dairy Cattle Lactation Curves Based on Test-Day Records From Varying Sample Schemes. *J. Dairy Sci.* 89(5): 1813-1821.
- Silvestre, A., A. Martins, V. Santos, M. Ginja, and J. Colaço. 2009. Lactation curves for milk, fat and protein in dairy cows: A full approach. *Livestock Science.* 122(2-3): 308-313.
- SAS Institute Inc. 2005. *SAS® 9.1.3 Intelligence Platform: Single-User Installation Guide.* Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Val-Arreola, D., E. Kebreab, J. Dijkstra, and J. France. 2004. Study of the Lactation Curve in Dairy Cattle on Farms in Central Mexico. *J. Dairy Sci.* 87(11): 3789-3799.
- VanRaden, P.M., C.M.B. Dematawewa, R.E. Pearson, and M.E. Tooker. 2006. Productive Life Including All Lactations and Longer Lactations with Diminishing Credits. *J. Dairy Sci.* 89(8): 3213-3220.
- Vargas, B., W.J. Koops, M. Herrero, and J.A.M. Van Arendonk. 2000. Modeling extended lactations of dairy cows. *Journal of dairy science.* 83(6): 1371–1380.
- Wilmink, J. 1987. Comparison of different methods of predicting 305-day milk yield using means calculated from within-herd lactation curves. *Livestock Production Science.* 17: 1-17.
- Wood, P.D.P. 1967. Algebraic Model of the Lactation Curve in Cattle. *Nature.* 216(5111): 164-165.