

# Nova svojstva u genetskoj procijeni goveda

Marija Špehar  
Miran Štepec  
Klemen Potočnik

## Uvod

Povećanje proizvodnje (mlijeko, sir, ...) i ostvarenje odgovarajuće ekonomske dobiti može se postići određenim napretkom u tehnologiji ali i uzgojno-seleksijskim radom. Naime, selekcijom izabiremo 'najbolje' životinje za gospodarski značajna svojstva te ih koristimo kao roditelje slijedećih generacija potomaka. Tijekom dugotrajnog uzgoja, čovjek je selekcionirao životinje na što veću mliječnost, rast i dugovječnost, što bolju plodnost, te što veća legla. Od začetaka uzgoja pa do danas, kroz dugi niz godina, postignut je veliki napredak. U začecima uzgoja, selekcija se temeljila na odabiru životinja putem opaženih vrijednosti odnosno njihovog fenotipa. Tako je u primjeru odabira teladi za uzgoj, jedini kriterij selekcije bila odluka samog uzgajivača koje mu tele najbolje odgovara obzirom na izgled. I današnje metode selekcije se temelje na odabiru najboljih životinja. Međutim, današnjom selekcijom želimo odabrati životinje sa najboljom uzgojnom vrijednosti kako bi genetski unaprijedili populaciju i poboljšali željena svojstva. Za procjenu uzgojne vrijednosti potrebni su proizvodni podaci, porijeklo i informacije o koreliranim svojstvima.

Cilj ovog rada je prikazati pojam i upotrebu uzgojne vrijednosti uzgajivačima i stručnim radnicima. Biti će predstavljena svojstva plodnosti za koja će se uzgojne vrijednosti procjenjivati, postupak izračuna uzgojnih vrijednosti (statistički modeli, postupak standardizacije uzgojnih vrijednosti) kao i ukupni seleksijski indeks (agregatna uzgojna vrijednost) koji će se koristiti za selekciju tj. odabir životinja u govedarstvu.

## Uzgojna vrijednost

U uzgoju domaćih životinja, seleksijski je cilj poboljšati fenotip životinje koristeći seleksijske metode. Fenotip je svaka izmjerena (dnevna količina i sastav mlijeka, masa klaonički obrađenog trupa, opseg prsa) ili opažena vrijednost (klase mesa, prekrivenost trupa masnim tkivom) određenog svojstva. Fenotipska vrijednost kao mjera izražaja pojedinog svojstva uvjetovana je genotipom životinje i okolinom u kojoj se ona nalazi (preuzeto po Falconer i Mackey, 1996). Matematički zapis [1] izmjerene ili opažene vrijednosti nekog svojstva (fenotipa) jednak je zbroju genetske (genotipske) vrijednosti životinje i utjecaja okoline u kojoj se životinja nalazi.

$$\text{Fenotip} = \text{Genotip} + \text{Okolina}$$

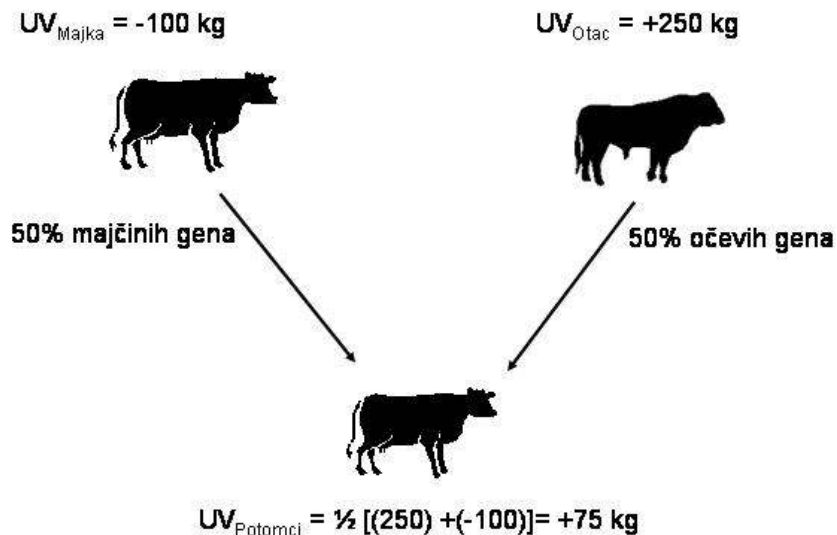
[1]

Genotip životinje se odnosi na skupni utjecaj svih gena kao i na kombinacije gena koji utječu na izražaj pojedinog svojstva. Ta se genetska vrijednost sastoji od aditivne

komponente koja se s roditelja prenosi na potomke te neaditivne (dominanca i epistaza) koja predstavlja interakcije tj. kombinacije između gena (preuzeto po Falconer i Mackey, 1996). Aditivnu genetsku vrijednost zovemo još i uzgojna vrijednost.

U okolišne čimbenike ubrajamo sve negenetske faktore kao što su stadij i redosljed laktacije, dob životinje, sezona telenja, stado, način držanja, hranidba, itd. Navedene čimbenike nikako ne smijemo zanemariti budući da oni imaju ovisno o svojstvu, najveći utjecaj na fenotip životinje (između 70 i 80%). Na okolišne čimbenike svojim radom utječe sam uzgajivač. Zajedničko djelovanje genotipa i okoline možemo prikazati na primjeru proizvodnje Holstein krava u različitim okolišnim uvjetima u Hrvatskoj. Tako Holstein krave za ostvarenje visoke proizvodnje zahtijevaju kvalitetnu voluminoznu ali i koncentriranu hranu. To je jedan od razloga zašto se farme Holstein krava uglavnom nalaze u području tj. 'dobrom okolišu' gdje je ovakvu hranu moguće proizvesti. Međutim, ako te iste krave preselimo na područje Like njihova će se proizvodnja drastično smanjiti. Zapravo, tamošnje pašno područje ne može osigurati dovoljno kvalitetnih hranjivih tvari za njihovu proizvodnju i zapravo predstavlja 'loš okoliš' za te krave.

Genetsku vrijednost životinje ne znamo i to je ono što nam u praksi predstavlja problem. Zapravo, mi nju procijenjujemo na osnovi fenotipske vrijednosti tj. kontrole proizvodnosti. Svaki roditelj na svog potomka prenosi pola svojih gena tj. polovicu svoje aditivne (uzgojne) vrijednosti (slika 1).



Slika 1. Prosjek (očekivanje) uzgojnih vrijednosti potomaka

Mi ne znamo koje će gene roditelji prenijeti na potomke, budući da je nasljeđivanje slučajan proces, te tako ne možemo poznavati pravu uzgojnu vrijednost. Međutim, možemo predvidjeti prosječnu (očekivanu) uzgojnu vrijednost potomaka. Očekivana vrijednost potomaka biti će jednaka prosjeku uzgojnih vrijednosti roditelja [2].

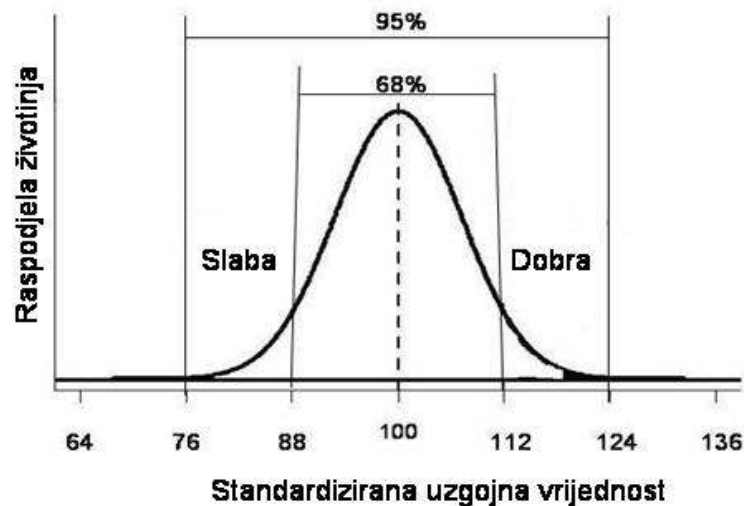
$$UV_{\text{potomak}} = \frac{1}{2} UV_{\text{otac}} + \frac{1}{2} UV_{\text{majka}}$$

[2]

Uzgojne vrijednosti računaju se kao odstupanje od prosjeka usporedive (contemporary) grupe. Usporedivu grupu koja mora biti dovoljno velika, čine sve životinje rođene iste godine i u istoj sezoni. Prosjek (očekivanje) uzgojne vrijednosti usporedive grupe jednak je nuli. Kako je uzgojna vrijednost odstupanje od prosjeka, to znači da su neke životinje bolje ili slabije od prosjeka tj. imaju pozitivnu ili negativnu uzgojnu vrijednost. Ako kravu slabijeg genetskog potencijala za proizvodnju mlijeka (npr. njena je uzgojna vrijednost -100 kg) osjemenjujemo s bikom uzgojne vrijednosti +250 kg, tada očekujemo da će njihovi potomci imati uzgojnu vrijednost za proizvodnju mlijeka od +75 kg (slika 1). Zapravo, to znači da će prosječni (očekivani) genetski potencijal proizvodnje mlijeka potomaka iznositi +75 kg, ali će isto tako biti potomaka koji će imati i manju i veću proizvodnju od prosječne tj. od +75 kg.

Procijenjena uzgojna vrijednost životinje (npr. bika) može se s vremenom promijeniti kada za nju dobijemo nove informacije potomaka (npr. nove kćeri s proizvodnim rezultatima) ili ostalih srodnika. Ako je selekcija uspješna, povećava se genetski napredak i nove životinje postaju genetski bolje. To znači da bik koji je prije imao pozitivnu uzgojnu vrijednost će, uslijed genetskog napretka postati slabiji (prosječan) i trebat će ga zamjeniti. Procijenjena uzgojne vrijednosti temelji se na sličnosti srodnika. Za to trebamo fenotipske vrijednosti i porijeklo. Poznavajući genetske veze između životinja možemo procijeniti uzgojne vrijednosti za sve životinje u porijeklu. Neka svojstva kao što su svojstva mliječnosti se mogu pratiti samo kod ženskog spola (krava). To bi značilo da iako ne 'muzemo' bikove, oni nose gene za svojstva mliječnosti i tako posredno procijenimo njihove uzgojne vrijednosti za ta svojstva. Isto tako zbog upotrebe umjetnog osjemenjivanja, bikovi često imaju veliki broj potomaka i time više informacija za procijenu uzgojne vrijednosti. Veća količina informacija se odražava u točnijim procijenama uzgojnih vrijednosti (eng. accuracy). Točnost predstavlja korelaciju između prave i procijenjene uzgojne vrijednosti. Pozdanost je kvadrirana točnost tj. kvadrirana korelacija između prave i procijenjene uzgojne vrijednosti. Uvelike se prilikom procijene uzgojnih vrijednosti koristi pouzdanost (eng. reliability) kao mjera koja govori o količini informacija sadržanih pri genetskom vrednovanju životinja. Bikovi, budući da imaju veći broj potomaka, imaju veću pouzdanost procijene uzgojne vrijednosti nego krave. Tako je za publiciranje uzgojnih vrijednosti bikova potrebna pouzdanost iznad 80%.

Kao što je već spomenuto, uzgojne vrijednosti životinja mogu biti pozitivne ili negativne tj. životinje mogu biti bolje ili slabije od prosjeka. Standardizacija uzgojnih vrijednosti postupak je kojim se uzgojne vrijednosti, zbog lakšeg razumjevanja i tumačenja za publiciranje, standardiziraju na određeni prosjek i standardnu devijaciju.



Slika 2. Raspodjela životinja prema standardiziranoj uzgojnoj vrijednosti sa prosjekom 100 i jednom standardnom devijacijom od 12 bodova

Izbor prosjeka i standardne devijacije stvar je dogovora. Često se uzgojne vrijednosti standardiziraju na srednju vrijednost 100, dok odstupanje za jednu standardnu devijaciju iznosi +/-12 bodova (Slika 2). Tako se unutar intervala 88 i 112 bodova standardizirane uzgojne vrijednosti nalazi 68%, dok je intervalom od 76 do 124 obuhvaćeno 95% svih opažanja standardizirane uzgojne vrijednosti. Kao što je vidljivo iz slike 2, životinje koje su bolje od prosjeka se nalaze s desne strane ovog prikaza. Oko 15 % najboljih životinja ima standardiziranu uzgojnu vrijednost veću od 112, dok 5 % najboljih veću od 120.

Uzgajivači često žele poboljšati – promijeniti više svojstva istovremeno. U tom slučaju se procijene uzgojne vrijednosti za pojedina svojstva koje se zatim kombiniraju i izražavaju u jednoj vrijednosti koju često zovemo indeks ili agregatna uzgojna vrijednost (AUV). Indeks izračunamo tako da uzgojnu vrijednost pomnožimo sa ekonomskom težinom za dato svojstvo. Za izračun ekonomskih težina koriste se posebni ekonomski modeli koji u obzir uzimaju formiranu tržišnu cijenu određenog proizvoda.

### Procijena uzgojnih vrijednosti u Hrvatskoj

U Hrvatskoj se genetsko vrednovanje provodi po istim načelima kao i u ostalim državama koje su članice međunarodnog komiteta za kontrolu proizvodnje tj. ICAR-a, (engl. ICAR - International Committee for Animal Recording; ICAR, 2005). Izračun uzgojnih vrijednosti temelji se na metodologiji mješovitih linearnih modela (engl. MMM – mixed model methodology) te se kao rezultat dobije najbolja linearna nepristrana procijena (engl. BLUP - Best Linear Unbiased Prediction; Henderson, 1973). Korištenjem mješovitog modela istovremeno se upotrebljavaju fenotipske vrijednosti, porijeklo i genetski parametri za analizirana svojstva u danj populaciji.

Na taj način istovremeno se procijenjuju sistematski okolišni utjecaji (npr. stadij laktacije, sezona telenja) i predviđaju slučajni utjecaji (životinja), odnosno se uzgojne vrijednosti procijenjuju uz istovremenu korekciju fenotipskih podataka na druge poznate utjecaje definirane modelom. Mješoviti model u kojem se istovremeno procijenjuju uzgojne vrijednosti za sve životinje (bikove i krave), uz korištenje porijekla kojim se ostvaruju genetske veze između životinja zove se animal model. Jednostavnije rečeno, animal modelom se procijenjuju uzgojne vrijednosti svih životinja uključenih u model, odnosno uzgojne vrijednosti životinja koje imaju mjerenja kao i onih bez mjerenja temeljem povezanosti preko porijekla.

Procijena uzgojnih vrijednosti u Hrvatskoj se provodi za Holstein i simentalSKU pasminu i to za svojstva mliječnosti (količina mlijeka, količina i sadržaj mliječne masti i bjelančevina); svojstva vanjštine (17 pojedinačnih svojstava i skupne ocjene za okvir, noge, vime i mliječni karakter kod Holstein pasmine tj. 21 pojedinačno svojstvo i skupne ocjene za okvir, noge, vime i mišićavost kod simentalSke pasmine); svojstva fitnesa i to za broj somatskih stanica, prenatalna uginuća teladi i lakoću telenja (paternalna i maternalna komponenta). Kod simentalSke se pasmine genetski vrednuju i svojstva tovnosti (neto prirast i klase mesa).

Osnova su svake procijene podaci, odnosno fenotipske vrijednosti te struktura porijekla. Za svojstva mliječnosti i svojstvo broja somatskih stanica se podaci o dnevnoj mliječnosti, sadržaju mliječne masti, bjelančevina i broju somatskih stanica dobivaju temeljem kontrole mliječnosti i to AT4 metode na obiteljskim gospodarstvima te BT4 metodom na većini velikih farmi. Podaci o svojstvima kakvoće trupova i polovica dobivaju se sa linije klanja. Informacije tj. podatke za svojstva vanjštine dobivamo ocjenom vanjštine prvotelki koja se temelji se linearnoj ocjeni pojedinih svojstava, tzv. 'Sustavom 97'. Podaci o tijeku telenja se prikupljaju u okviru sustava o Obaveznom označavanju goveda. Pored podataka, važan izvor informacija za gentsko vrednovanje je porijeklo životinje. Pomoću njega se određuju genetske veze između životinja. Potrebno je voditi računa da svaka životinja ima jedinstveni identifikacijski broj, da su za sve životinje korektno upisani podaci za oca i majku te datum rođenja. Točnost podataka omogućit će uspoređivanje životinja iz različitih stada i generacija te praćenje genetskog trenda. Također je potrebno pravilno procijeniti parametre disperzije tj. komponente (ko)varijance ili njihove omjere (heritabiliteti, korelacije). Tako nam heritabilitet kao omjer genotipske i fenotipske varijance govori koliki je udio ukupne varijabilnosti za dano svojstvo pod aditivnim genetskim utjecajem.

Temeljem Programa uzgoja goveda u Republici Hrvatskoj (Caput i sur., 2008) trenutno se agregatna uzgojna vrijednost ili indeks formira unutar svojstava mliječnosti kod simentalSke i Holstein pasmine, svojstava mesnatosti (neto prirast i kakvoća trupova na liniji klanja) za simentalSKU pasminu, te svojstava vanjštine Holstein pasmine koristeći relativne ekonomske međuodnose svojstava. Unutar svojstava mliječnosti agregatna uzgojna vrijednost ili tzv. indeks mliječnosti (IMLI) [3]

računa se temeljem standardizirane uzgojne vrijednosti (SUV) uz relativni međuodnos važnosti količine mliječne masti i bjelančevina 20:80.

$$\text{IMLI} = 0.20 \times \text{SUV}_{\text{mliječna mast}} + 0.80 \times \text{SUV}_{\text{bjelančevine}} \quad [3]$$

Agregatna uzgojna vrijednost ili tzv. indeks mesnatosti (IMES) [4] za simentalSKU pasminu uključuje standardizirane uzgojne vrijednosti (SUV) za neto dnevni prirast i klase gdje je relativni međuodnos važnosti svojstava u omjeru 70:30.

$$\text{IMES} = 0.70 \times \text{SUV}_{\text{neto dnevni prirast}} + 0.30 \times \text{SUV}_{\text{klase}} \quad [4]$$

Indeks vanjštine računa se za holstein pasminu [5] na osnovi standardizirane uzgojne vrijednosti (SUV) za skupne ocjene okvira, mliječnog karaktera, nogu i vimena koje imaju relativne ekonomske međuodnose u omjeru 20:15:25:40.

$$I_{\text{vanjštine}} = 0.20 \times \text{SUV}_{\text{okvir}} + 0.15 \times \text{SUV}_{\text{mliječni karakter}} + 0.25 \times \text{SUV}_{\text{noge}} + 0.40 \times \text{SUV}_{\text{vime}} \quad [5]$$

Agregatni genotip je definiran kao funkcija aditivne genetske vrijednosti svojstava koja su definirana kao uzgojni cilj. Sukladno uzgojnom programu, tim svojstvima dajemo određenu ekonomsku težinu kako bi ostvarili ekonomsku (gospodarsku) dobit.

### **Procijena uzgojnih vrijednosti za dužinu međutelidbenog razmaka, starosti kod prvog teljenja, indeks fitnesa i ukupan selekcijski indeks**

Selekcija mliječnih goveda je tijekom posljednjih desetljeća bila usmjerena na povećanje količine mlijeka, a u posljednje vrijeme na veći sadržaj masti i bjelančevina u mlijeku. Selekcija usmjerena samo na veću proizvodnju ima negativan utjecaj na plodnost krave. Naime, zbog negativne genetske korelacije povećana mliječnost može dovesti do smanjenja plodnosti. Ona se očituje kroz nizak postotak non returna tj. postotak krava koje se nisu vratile na ponovno osjemenjivanje, predugi međutelidbeni razmak, prolongiranu laktaciju te na kraju rezultira ranim izlučivanjem krave što se negativno odražava na ekonomsku dobit uzgajivača (visoki veterinarski troškovi te veći remont stada).

Plodnost se može definirati kao sposobnost dobivanja podmlatka tijekom fiziološki i ekonomski prihvatljivog vremenskog perioda. Isto tako možemo reći da je krava dobre plodnosti kada nakon teljenja pokazuje pravovremeno tjeranje i uspješno koncipira nakon prvog osjemenjivanja. Selekcija na plodnost s ciljem povećanja podmlatka temelji se na dužini međutelidbenog razmaka i dobi kod prvog teljenja kao parametrima plodnosti koja su genetski vrednovana. Međutelidbeni razmak je definiran kao razdoblje između dva teljenja te je izražen u danima od teljenja kojim je započela nova laktacija pa do idućeg teljenja. Dob kod prvog teljenja je najčešće u mjesecima izražena starost krave kod prvog teljenja.

Podaci za svojstva plodnosti uzeti su iz središnje baze podataka Hrvatske poljoprivredne agencije. Međutelidbeni je razmak izračunat temeljem informacija o datumu telenja u odnosu na prethodno teljenje, dok je dob kod prvog teljenja izračunata koristeći informacije o datumu rođenja i datumu kod prvog teljenja. U središnjoj se bazi nalaze i podaci o pripustima krava koje se koriste za izračun non-returna. Međutim, udio ovih podataka je još uvijek premali i trenutno se radi na uspostavi Registra osjemenjivanja kako bi se moglo pratiti i ovo svojstvo plodnosti.

Na svojstva plodnosti pored managementa (držanje i hranidba krava) utječu i okolišni te genetski čimbenici. Statistički model korišten za procjenu uzgojne vrijednosti dužine međutelidbenog razmaka i dobi kod prvog teljenja uključuje slijedeće čimbenike koji su utjecali na varijabilnost spomenutih svojstava: redni broj laktacije, nivo proizvodnje mlijeka, sezona telenja, stado (uzgajivač), interakcija između stada i godine telenja te aditivni genetski utjecaj (životinja). Model za genetsko vrednovanje međutelidbenog razmaka dodatno uključuje i utjecaj dobi krave kod prvog teljenja i permanentni utjecaj životinje. Nakon što se izračunaju, uzgojne vrijednosti za navedena svojstva se standardiziraju na prosjek 100 i standardnu devijaciju od 12 jedinica.

Navedena su svojstva plodnosti korištena pri izračunu agregatne uzgojne vrijednosti za svojstva fitnesa. Temeljem Programa uzgoja goveda u Republici Hrvatskoj, indeks fitnesa uključuje svojstva broj somatskih stanica, međutelidbeni razmak, starost kod prvog telenja, lakoću telenja i prenatalna uginuća teladi, dok će svojstvo dugovječnosti naknadno biti uključeno u indeks. Relativni ekonomski međuodnosi svojstava fitnesa kod simentalne pasmine su:

$$I_{\text{fitnes}} = 0.40 \times \text{SUV}_{\text{dugovječnost}} + 0.25 \times \text{SUV}_{\text{broj som.st.}} + 0.09 \times \text{SUV}_{\text{lakoća telenja}} + 0.06 \times \text{SUV}_{\text{prenatalna uginuća teladi}} + 0.10 \times \text{SUV}_{\text{međutelidbeni razmak}} + 0.10 \times \text{SUV}_{\text{starost kod prvog telenja}} \quad [6]$$

Za simentalnu pasminu, ukupan selekcijski indeks formira se temeljem zadanih relativnih međuodnosa (40:30:30) za skupine svojstava mliječnost:mesnatost:fitnes.

Relativni ekonomski međuodnosi svojstava fitnesa kod Holstein pasmine su:

$$I_{\text{fitnes}} = 0.40 \times \text{SUV}_{\text{dugovječnost}} + 0.25 \times \text{SUV}_{\text{broj som.st.}} + 0.12 \times \text{SUV}_{\text{lakoća telenja}} + 0.08 \times \text{SUV}_{\text{prenatalna uginuća teladi}} + 0.08 \times \text{SUV}_{\text{međutelidbeni razmak}} + 0.07 \times \text{SUV}_{\text{dob kod prvog telenja}} \quad [7]$$

Ukupan selekcijski indeks za Holstein pasminu temelji se na relativnim ekonomskim međuodnosima skupina svojstava mliječnost:fitnes:vanjština 50:25:25.

Svojstva fitnesa koja uključuju i parametre plodnosti (međutelidbeni razmak i dob kod prvog teljenja) dobivaju sve veći značaj u modernim uzgojnim programima. Uvođenje ovih svojstava u sustav genetskog vrednovanja goveda u Hrvatskoj omogućava izračun ukupnog selekcijskog indeksa kao 'moćnog oružja' u selekciji s ciljem jačanja konkurentnosti domaćeg uzgoja.

Adresa autora:

Mr.sc. Marija Špehar  
Hrvatska poljoprivredna agencija  
Odjel za procjene uzgojnih vrijednosti  
Ilica 101, 10000 Zagreb  
Hrvatska  
e-mail: [mspehar@hpa.hr](mailto:mspehar@hpa.hr)

Miran Štepec  
Oddelek za zootehniko  
Biotehniška fakulteta  
Univerza v Ljubljani  
Groblje 3  
1230 Domžale  
Slovenija  
e-mail: [miran.stepec@bf.uni-lj.si](mailto:miran.stepec@bf.uni-lj.si)

Dr.sc.Klemen Potočnik  
Oddelek za zootehniko  
Biotehniška fakulteta  
Univerza v Ljubljani  
Groblje 3  
1230 Domžale  
Slovenija  
e-mail: [klemen.potocnik@bf.uni-lj.si](mailto:klemen.potocnik@bf.uni-lj.si)