



Preglednica 8:

Število rejcev in živali ter teže in prirasti živali v kontroli prijere mesa na območju Tuhinjske doline

ŠTEVILLO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Rejecv	5	5	5	5	5	5	5
Tehnanj	74	196	170	127	130	166	164
Bikov	13	23	17	20	18	16	16
Krav	38	47	49	39	39	44	40
Telci	21	37	26	30	32	35	36
Telice	2	12	18	13	11	11	12
Skupaj živali	74	119	110	102	100	106	104
Teža teleta na 90 dan	139,3	142,0	132,5	140,5	146,6	153,0	149,8
Teža telca na 210 dan (ob odsavitvi)	272,2	261,7	268,9	259,3	260,4	275,8	285,1
Prirast 0-210	108,2	103,3	106,6	102,1	102,7	109,9	114,3
Prirast 90-210	-	105,4	-	103,0	93,0	-	-

Za nakup plemenskih bikov iz vzrejališča v Murski Soboti se rejci na območju Tuhinjske doline niso odločali, ker bikji niso bili priljubljeni pašnim razmeram na planini. Zato se vsako leto po zadnjem tehtanju, po zaključku pašne sezone, izvede odbrata najprimernejših bikcev za plemo. Ti bikci so navajeni

pašnih razmer na Menini planini, prav tako tudi njihove matere, kar se je izkazalo za primerno vzrejo plemenskih bikcev. Poleg bikcev z območja Tuhinjske doline se poskušajo odbrati i tudi bikce iz drugih rej doijj v kombiniranem tipu. Nakup je potreben zaradi preprečevanja parjenja v sorodstvu.



# Možnosti

## genomske selekcije v slovenski populaciji lisastega goveda

1b=4990568

1.04

Klemen Dolacnik<sup>1</sup>

Janez Jenko<sup>2,3</sup>

Gregor Gorjanc<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Oddeljek za zootehniko, Biološka fakulteta, Univerza v Ljubljani

<sup>2</sup>Kmetijski inštitut Slovenije

<sup>3</sup>The Roslin Institute and Royal (Dick) School of Veterinary Studies, The University of Edinburgh

Namen prispevka je predstavitev genomske selekcije in analiza možnosti njene vpejave pri lisastem govedu v Sloveniji. Prispevek je razdeljen v štiri sklope:

1. Zgodovinski moment - Umestitev genomske selekcije ob bok predhodnim razvojnim mejnikom v selekciji goveda.
2. Osnove genomske selekcije - Osnovni koncepti potrebni za razumevanje genomske selekcije.
3. Uporaba genomske selekcije v rejskem programu.
4. Možnosti vpejave genomske selekcije pri lisastem govedu v Sloveniji.

### Zgodovinski moment

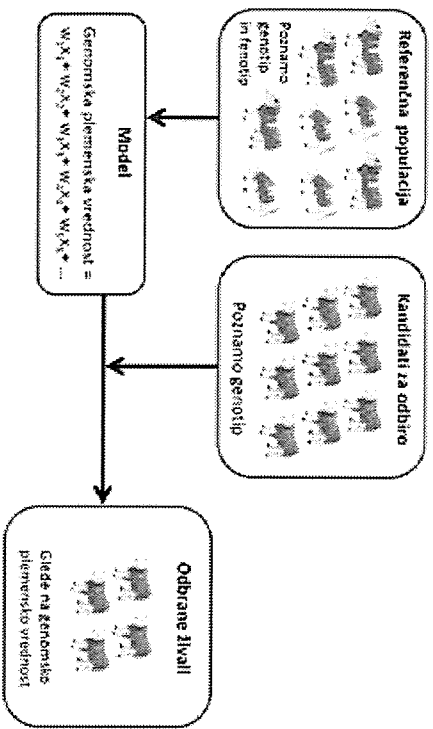
Govedorejsko ravnanje države so v zadnjih deset letih vpejale nov način selekcije, ki temelji na uporabi genomskih informacij. Ta način selekcije poenostavljeno inenjuje genomska selekcija. Na tem mestu omenimo samo poglavitno prednost te nove metode, medtem ko je podrobnejši opis podan v naslednjem delu prispevka. Genomska selekcija omogoča večjo točnost odbrne mladih živali, katerih priracija omekča ali mesa še ni bila izmerjena. Vpejjava genomske selekcije je v govedorejsko razvojnih državah znatno spremenila rejske programe. Npr. v Franciji brike mlečnih pasem govedi ne odbrajo več na podlagi testa na potomkah, ampak izključno je na podlagi genomske informacije. Podrobne spremembe se dogajajo tudi v drugih državah, kakor tudi pri drugih vrstah domačih živali (prasički, perutnina, konji, ovce, koze, ipd.).

Teorija in praktični rezultati kažejo, da genomska selekcija pri mlečnem govedu omogoča dvakrat večji genetski napredek na leto. Takšne znatne spremembe se običajno zgodijo le vsaki nekaj desetletij. Zato je vsa mednarodna selekcijska stroka soglasna, da je genomska selekcija tehnološka oziroma metoda, ki jo lahko postavimo ob bok drugim

razvojnim mejnikom v selekciji. Pri govedu so ti mejniki: i) vzpostavitev rejskih knjig, ii) rutinsko spremljanje prijere (kontrola), iii) osenjenjevanje, iv) ceštranje bikov na potomcih - prigeni test in v) selekcija na podlagi ocenjenih plemenskih vrednosti - BLUP.

### Osnove genomske selekcije

Genomska selekcija temelji na preprostem genetsko-statističnem konceptu (Slika 1). Celoten postopek lahko razdelimo na tri dele. Najprej moramo vzpostaviti tako imenovano referenčno populacijo fenotipiziranih in genotipiziranih živali. Te živali imajo zanesljive ocene plemenskih vrednosti in poznane genotipe. Vse podatke, ki so vezani na referenčne živali uporabimo za izračun napovedne enačbe. To enačbo nato uporabimo za napoved genomskih plemenskih vrednosti katerekoli genotipizirane živali (imenujemo jih tudi kandidati za odbrto), npr. novorojenega teleta, telice pred prodajo, mladega ali starega bika, celo zarodka pred vsaditvijo v nadomestno kravo.



Slika 1: Poročavljena genomska selekcijska shema

Predstavljani koncept omogoča zelo učinkovito selekcijo (preko napovedi genomskih plemenskih vrednosti), ko so izpolnjeni vsaj sledeči pogoji:

Referenčna populacija mora biti dovolj velika (vsaj nekaj tisoč živali). Večja kot je referenčna populacija večja bo točnost genomskih plemenskih vrednosti in posledično večji bo uspeh pri selekciji.

Genotipizacija mora zajeti tim večje število lokacij v genomu, vsaj 30.000 za kandidate. Tem lokacijam redčno in od nekaj tisoč lokacij za kandidate. Tem lokacijam redčno tudi označevalci/markirji, saj nam ne povedo nič o vlogi posameznih mest v genomu ampak nam služijo samo kot »znak« za mesta v genomu. S temi označevalci »merimo« genetske razlike med živalmi. Trenutno cenovno najugodnejše to počteno s i. »SNP« čipi. Cena genotipizacije je odvisna predvsem od števila označevalcev na čipu in števila živali, ki jih bomo genotipizirali. Npr. v primeru velikega števila naročil (npr. 20.000 živali letno) je možno izpogajati ceno ene genotipizacije z 1.000 označevalci okoli 10 EUR, medtem ko bo za 30.000 označevalcev potrebno odšteti okoli 30 EUR in za 60.000 označevalcev okoli 60 EUR. Tem cenam je potrebno priležati še ceno izolacije molekule DNK, stroške

jemanja vzorca, pošiljne in obdelave podatkov. Velja tudi izpostaviti, da je bolj pomembno genotipizirati več živali z manj označevalci kot manj živali z več označevalci.

Referenčna populacija mora čim bolj zajeti genetsko variabilnost v populaciji. V kolikor referenčna populacija zajema samo nekaj družin, potem bodo napovedi točne samo za živali, ki izhajajo iz teh družin. Hkrati je zelo pomembno, da niso genotipizirane samo najboljše živali, saj s takšno referenčno populacijo ne bomo mogli natančno napovedati razlike med dobrimi in slabimi živalmi.

Živali, katerim plemensko vrednost bomo napovedali, morajo biti čim bolj sorodne živalim v referenčni populaciji. Praktično to pomeni, da več kot imajo napovedane živali (kandidate) bližnjih sorodnikov v referenčni populaciji, bolj natančno jim bomo napovedali plemensko vrednost. V kolikor referenčno populacijo sestavljajo bikli, potem naj bi vsak kandidat ali kandidatka imela v referenčni populaciji očeta in materinega starega očeta. Točnost napovedi z vsako naslednjo generacijo padajo. Iz tega sledi, da je najino spravi obnavljati referenčno populacijo z novimi živalmi, ki so genotipizirane in fenotipizirane.

## Uporaba genomske selekcije v rejlskem programu

Selekcija govodi že nekaj desetletij temelji predvsem na uporabi bikov, ki so bili preizkušeni na potomcih. Takšen preizkus je zelo točen, a hkrati tudi zamuden. Na oceno plemenske vrednosti bika za mlečno čarkmo od 5 do 6 let, da dobimo informacije o mlečnosti njegovih hčera v več letih. Večje kot je število hčera in tredi, večja bo točnost plemenskih vrednosti. Običajno je točnost preizkusa na potomcih okoli 0,9 (korelacija med napovedano in pravo

plemensko vrednostjo). Slednja točnost pomeni, da smo z zbranimi podatki na potomcih uspeji pojaaniti 0,92\*100=81% genetske variabilnosti med živalmi.

Genomski preizkus ni tako točen kot preizkus na potomcih, a ga je možno izvesti praktično takoj po rojstvu. Kombinacija zadostnih točnosti in zgodnjia odbira skupaj omogočata večji genetski napredek, hitreje namreč povečujemo frekvenco dobrih genov v populaciji kot s klasično selekcijo. Pri mleč-

nem govedu je lahko npr. napredek z genomsko selekcijo tudi dvakrat večji kot s klasično selekcijo. V populaciji lisastega goveda bi dvakrat večji genetski napredek v zadnjih desetih letih dunes omogočil 8 milijonov EUR večji neto letni pridohek pri prirerji mleka. Točnost genomskih napovedi se običajno gibljejo med 0,5 in 0,8 s čimer zajamemo med 0,52\*100=25% in 0,82\*100=64% genetske variabilnosti v populaciji. Kako visoko točnost dosežemo, je odvisno od pogovov, ki smo jih namizali v predhodnem delu. V kolikor bi odbrali bice na podlagi genomskih ocen, bi lahko v primerjavi s preizkusom na potomcih skrajšali generacijski interval s 5 do 6 let na 15 mesecev. Tako bi lahko namesto ene generacije klasične selekcije izvedli vsaj 3 generacije genomske selekcije. V kolikor bi se rejci odločili tudi za genotipizacijo celic, je možno doseči genetski napredek v nekoliko manjšem obsegu tudi po ženski strani.

Uporaba SNP čipov omogoča poleg napovedovanja genomskih plemenskih vrednosti tudi številne dodatne informacije, npr. genotip za kapa kazein (vpliva na sirjenje mleka), dvojno omlistoseno, genetske napake in druge i. i. monogenetske lastnosti. Na osnovi SNP lahko izračunamo tudi genomsko oziroma realizirano stopnjo sorodstva za vsak par živali ter za vsako žival prav tako realiziran inbriding. Rejci lahko te informacije koristijo pri odbrni živali za obnovo lasne črede ali pri prodaji plemenskih živali.

## Možnosti za vpeljave genomske selekcije pri lisastem govedu v Sloveniji

Padec cen genotipizacije v zadnjih letih je bistveno spremenil možnost uvedbe genomske selekcije v najmlinji populacijah, kamor sodi tudi slovenska populacija lisaste pasme. Rezultati Ciljnega raziskovalnega Projekta pred petimi leti so pokazali, da zaradi omejenega števila preizkušanih bikov v Sloveniji in visoki cen genotipizacije (150-200 EUR za 50.000 označevalcev), izgradnja lasne referenčne populacije ni bila mogoča. Padec cen genotipizacije ponuja možnost izgradnje referenčne populacije s kravami. V populaciji lisastega goveda bi za doseganje točnosti genotipizirani 7.000 krav s 50.000 označevalci. V primerjavi z referenčno populacijo bikov bi tako morali genotipizirati 3,5 krave za vsakega bika. V kolikor bi kombinirali bice in krave, bi lahko dosegli isto točnost s 500 biki in 5000 kravami. V primeru, da bi namesto 50.000 označevalcev uporabili 30.000 označevalcev, lahko pričakujemo padec točnosti genomskih plemenskih vrednosti s 0,60 na 0,58.

Lasna referenčna populacija omogoča številne prednosti. Predvsem omogoča selekcijo v domačem okolju. Rezultati tega so živali, ki so prilagajene na robustne razmere v Sloveniji. Velike razlike med rejani in v Robustni namreč zahtevajo živali, ki lahko dajo dobre rezultate tako v slabših kot dobrih pogojih rej. Osemenjevanje s ujimi biki, ki imajo odlične rezultate v odličnih pogojih rej namreč ne pomeni, da

Uspeh genomske selekcije bo odvisen od zaupanja rejcev v napovedane genomske plemenskih vrednosti in posledično osemenjevanja z mladimi genomsko testiranimi biki. Nekateri rejci namreč v upanju na zamisljive rezultate pri potomcih, uporabljajo za osemenjevanje predvsem seme testiranih bikov z visoko točnostjo napovedanih plemenskih vrednosti. Ti rejci odklanjajo uporabo mladih bikov in posledično tudi osemenjevanje z genomsko testiranimi biki. Takšen pristop ni v skladu s trenutno veljavnim rejlskim programom, saj taki rejci ne prispevajo k napredku pasme s testiranjem potomk mladih bikov v pogojih rej. V primeru, da se v Sloveniji odločimo, da bomo vzpostavili genomsko selekcijo, bodo takšni rejci zaostali za genetskim napredkom populacije. Rejec, ki bo za osemenjevanje uporabljal izključno mlade genomsko testirane bice, bo vsaj 3 generacije pred rejcem, ki osemenjuje izključno s semenom testiranih bikov. Prav tako bodo kandidati za odbrno predvsem potomci mladih genomsko testiranih bikov, saj bomo tako lahko zmanjšali generacijski interval in povečali genetski napredek populacije. Tveganje povezanosti z nekoliko manjšo točnostjo genomsko testiranih bikov se lahko zmanjša tako, da rejci uporabijo večje število bikov kot so bili vajeni do sedaj.

bodo potomke tega bika odlične tudi v razmerah povprečne slovenske rej. Poleg selekcijskega napredka genotipizacija omogoča tudi sledenje poteka proizvodnje, predvsem mesa. To je še posebej pomembno za lisasto pasmo, ki je poznana po visoki pritrastih, dobri konformaciji klavrih trupov in kakovosti mesa. Natančna določitev poteka omogoča različno lokalnih znamk v primeru, da so rejci dogovorjeni, da bodo vse živali pri določenih blagovni znamki genotipizirali. Uvedba genomske selekcije bi omogočila tudi učinkovito preprečevanje parjenja v sorodstvu. Tudi za primere, ko rodovniški podatki niso popolni ali so v njih napake. Rejci bi se lahko odločili tudi za nišno selekcijo na i. i. monogenetske lastnosti, kot sta npr. kapa in beta kazein. V takem primeru bi dosegali večji izpleni pri sirjenju in/ali pomajali mleko ter mlečne izdelke posebne kakovosti. Glede na vridika rejške organizacije bi bila to velika prilžnost, da z izgradnjo lasne referenčne populacije ponudi genomsko selekcijo tudi za sosednje populacije. Nenaizdaje bi uvedba genotipizacije v tako velkem obsegu slovensko populacijo lisaste govodi naredila zanimivo tudi za sodočne znanstvene analize in potencialna enakopravna sodelovanja v mednarodnem prostoru.

Kombinirana referenčna populacija bikov in krav omogoča cenovno učinkovito strategijo s pomočjo tehniške imputacije. To je možno doseči s kombinacijo genotipizacije bikov s SNP

čipi večje gostote (npr. 50.000 označevalcev) in vseh krav v populaciji s SNP čipi manjše gostote (npr. 1.000 označevalcev). Zbrani podatki se nato uporabijo za določitev katere deli genoma so krave podotkovale od svojih staršev, medtem

ko se manjkajoči označevalci vstavijo. Ta tehnika imputacije ni 100% natančna, a omogoča znatno pocenitev genomske selekcije in s tem večji donos na vložena sredstva.

## Sklepi

1. Genomska selekcija je razvojni mejnik v živinoreji. Praktični rezultati iz tujih populacij kažejo, da je genomska selekcija podvojila genetski napredek.
2. Genomska selekcija temelji na napovedi plemenskih vrednosti za genotipizirane živali. Napovedi temeljijo na referenčni populaciji, ki jo sestavljajo živali s fenotipskimi in genotipskimi podatki.
3. Genomska selekcija omogoča zanesljivo odbiro živali že ob rojstvu. Krajši generacijski interval omogoča, da v času 5 do 6 let izvedemo tri generacije odbire. Klasična selekcija omogoča samo eno generacijo odbire v istem času.
4. Padec cen genotipizacije omogoča, da tudi v majhnih populacijah sestavimo lastno referenčno populacijo. Ocenjujemo, da bi to dosegli z genotipizacijo 500 tisostranih bikov in 5.000 krav.

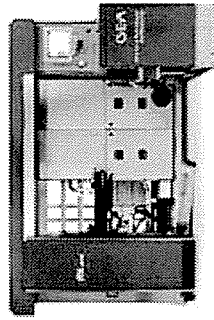
Glede na vse dosedanje mejnike, ki so posegli na področje selekcije, lahko rečemo, da genomska selekcija daje najštevilnejše možnosti. Ob uporabi vseh informacij, ki jih ponuja, je poleg večjega genetskega napredka, le tega moč bolj natančno voditi. Menimo, da bo kmalu možno iz teh informacij napovedati vsaki živali fenotip za posamezne pogoje rejce. Torej bo mogoče odbrati živali, ki bodo optimalne npr. za vrhunski management v prirerji mleka ali pa take, ki bodo najbolj gospodarne za prirerjo mleka iz voluminozne krme. Ob tem pa je mogoče uporabiti podatke za nadzor parjenja v sorodstvu, izločanja živali z genetskim predispozicijami za dedne bolezni ali nezaželene lastnosti, ... in vse to pri mladih živali ali celo zarodkih. Vse to je pred nami, odločitev rejcev je ali bomo s temi orodji v Sloveniji upravljali in imeli usodo slovenskih populacij goveda v lastnih rokah ali bomo le kupci na globalnem trgu.

GEA Farm Technologies  
Vestnik@gea.com



### GEA Molža & Hlajenje

- Avtomatska molža (robot **Milane**)
- Molžišča
- Mlekovodi
- Hladilne cisterne
- Računalniško krmiljenje



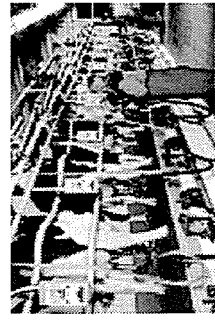
### GEA Hlevska oprema

- Krmne pregrade
- Ležalni boksi
- Gumi ležalne podloge
- Strgala za gnoj
- Betonske rešetke
- Ventilatorji



### GEA Servis & Higijena

- Zanesljiv servis s strokovno usposobljeno ekipo
- Kvaliteta in izvedba po ISO standardih
- Čistilni program
- Sredstva za nego vimen
- Potrošni material



Najsodobnejši sistemi za farmsko tehnologijo – za vas.

Montaža | Svetovanje | Projektiranje

Feniks d.o.o.  
Francetova 6, 2380 Slovenj Gradec  
Tel.: 02/88 41 619, info@feniks-sg.si  
www.feniks-gea.si



# Strokovni posvet Dan travinja

Igor Tumpelj,  
specialist za govedorejo KGZ Ptuj

Rejci lisaste pasme in strokovnjaki so se 22. oktobra 2015 zbrali na Fakulteti za kmetijstvo in biosistemsko vede Maribor, na strokovnem posvetu Dan travinja. Tema posveta je bila pridelava mleka na travinju, ki prinaša vedno nove izzive. Krave namolzejo vedno večje količine mleka, zato moramo proizvodnji slediti z kvaliteto krme in načinom upravljanja čred. Predavali so domači strokovnjaki in predavatelji iz tujine.

Prvi je predaval Dr. Erich M. Pöisch (Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft der HBLFA Raumberg-Gumpenstein) na temo Pridelava in obnova travinja. V uvodu je opisal pomen travinja ne samo kot vir osnovne krme, temveč tudi kot pomemben element kulturne krajine. V obročih vseh kategorij goveda predstavlja krma s travinjo pomembno sestavino, saj v obrokih prevladuje. Mlečnost na govedorejskih kmetijah v Avstriji je do vključitve Avstrije v EU leta 1997 zmerno narasla iz 3.197 kg na 5.290 kg mleka v laktaciji, po vstopu v EU pa je mlečnost hitro narasla na 7.273 kg v letu 2014. Povečanju mlečnosti mora slediti tudi kvaliteta pridelane krme, vendar ta mnogokrat zaostaja. Na kvaliteto krme vpliva več faktorjev, ki so med seboj tudi v soodvisnosti. Ti faktorji so:

- raba travinja – čas, pogostost in način rabe,
- gnojenje – nivo, čas gnojenja, oblika,
- lega parcele – klima, tla,
- sestava ruše – trave, metuljnice, zeli.

Vsi našeti faktorji vplivajo na pridelek, vsebnosti hranil, makro in mikroelemente, prebavljivost vsebnost energije itd. Za dobro gospodarjenje in izboljšanje travinja moramo poznati najpomembnejše krmne rastline in njihovo krmno vrednost. Za izboljšanje produktivnosti travinja je potrebna zaprta travna ruša brez večjih praznih prostorov (neproduktivna mesta), delež trav v ruši naj bo med 50 in 70%, metuljnic 10-30% (pomembne za vezavo dušika, ter večje beljakovinske vrednosti krme), ne previsok delež zeli (ne več kot 30%), in seveda čim nižji delež plevelov v travni ruši. Obnova travne

