

INBREEDING IZVORNE PASMINE GOVEDA BUŠA**M. Čačić, Marija Špehar, D. Janda, Vesna Bulić,
Z. Ivkić, A. Kljujev, R. Jureković, Z. Barać****Sažetak**

Svrha studije je temeljem rodovničkih podataka utvrditi aktualno i predvidjeti trend budućeg stupnja inbreedinga u uzgoju izvorne pasmine goveda buša. Prosječan generacijski interval iznosi 5,96 godina što potvrđuje kasnu zrelost kao pasminsku karakteristiku. Koeficijent inbreedinga i povezanosti jedinki u rodovniku iznose 1,27% i 1,78%, a smatramo ih niskim u odnosu na komparativna istraživanja. No, rezultati analize udjela i prosječnog koeficijenta inbreedinga inbred jedinki u referentnoj populaciji daju dovoljno informacija za predviđanje intenzivnog porasta koeficijenta inbreedinga, odnosno značajnijeg smanjenja efektivne veličine populacije u uzgoju buše. Zaključak podupiru pozitivne i uske korelacije između koeficijenta inbreedinga i povezanosti s brojem i kompletnosti poznatih generacija predaka, te relativno mala veličina populacije buše od 341 rasplodne jedinke (HPA, 2012). Pretpostavljamo da je stupanj inbreedinga u populaciji buše znatno veći, ali ga nije moguće utvrditi temeljem analize rodovnika zbog njegove slabe informativnosti (ekvivalent kompletne generacije = 1,41). Radi dobivanja vjerodostojnije informacije o stupnju inbreedinga u populaciji buše nužno je njegovo utvrđivanje metodama molekularne genetike na razni strukture DNA. Obzirom da se radi o maloju populaciji potrebno je primijeniti posebne mjere strategije planskog pripusta u cilju svodenja inbreedinga na najmanju moguću mjeru.

Ključne riječi: buša, inbreeding, analiza rodovnika.

Uvod

Uzgoj u srodstvu ili inbreeding (*F*) se javlja kada se sparuju usko povezane jedinke (C r o w i K i m u r a, 1970). Povezane jedinke imaju jednog ili više zajedničkih predaka, što govori da je veličina inbreedinga povezana sa sumom predaka koji su zastupljeni u njezinim roditeljima. Neposredna posljedica dijeljenja roditeljskih gena je da će inbred jedinka frekventno naslijediti iste gene od svakog roditelja. Stoga, inbreeding raste sa sumom homozigotnosti. U mnogim pokusima provedenim u životinja (W h i t e, 1972., W r i g h t, 1977) utvrđeno je negativno djelovanje inbreedinga kroz povećan broj genetskih defekata i smanjenje prosječne vrijednosti određenog svojstva u populaciji.

Dr. sc. Mato Čačić, Dr. sc. Zdravko Barać, Vesna Bulić, dipl. ing., Dalibor Janda, dipl. ing., Mr. sc. Marija Špehar, Dr. sc. Zdenko Ivkić, A. Kljujev, dipl.ing., R. Jureković, dipl. ing., Hrvatska poljoprivredna agencija, Ilica 101, 10000 Zagreb; E-mail: mcacic@inet.hr.

Pojam smanjenja prosječne vrijednosti određenog svojstva uzrokovan inbreedingom poznat je u literaturi kao inbreeding depresija. Kao opažajući efekt inbreedinga je izražavanje recesivnih gena koji su prethodno bili skriveni dominantnim alelima u heterozigotnosti. Budući da je većina takvih gena štetna na jedan ili drugi način, inbreeding često vodi prema opadanju veličine, plodnosti, vigora, proizvodnje i fitnesa. Opširniji podatci raspoloživi za mnogo svojstava u mnogih životinjskih vrsta pokazuju slabljenje performance svojstava s porastom inbreedinga (B r o w n i s u r., 1978). Porast stupnja inbreedinga u selekcijskim programima može imati značajan efekt na srednje dug i dugi selekcijski odgovor, te reprodukcijske performance kroz reduciranje genetske varijance i inbreeding depresije (N o m u r a, 1996). Mnoga istraživanja pokazuju linearnu povezanost između performance depresije i razine inbreedinga. Svojstva koja određuju fitness jedinke kao što su reproduktivna svojstva, plodnost i svojstva koja određuju zdravstveni status jedinke najviše su podložna inbreeding depresiji (F a l c o n e r i M c K a y, 1996). Uzgojni ciljevi i ekonomski čimbenik uzgoja značajno mogu utjecati na razinu inbreeding u nekoj konačnoj populaciji. Č u r i k i s u r. (1998) i M a i g n e l i s u r. (1996) ističu da je genetska varijabilnost čimbenik ovisna o selekciji i da upravo uspješna selekcija smanjuje genetsku varijabilnost, a time i svoju uspješnost. K o e n e n i A l d r i d g e (2002) potvrđuju da tehnika umjetnog osjemenjivanja dovodi do smanjenja genetske varijabilnosti, ali da je upravo umjetno osjemenjivanje omogućilo olakšano korištenje genetskog materijala drugih uzgojnih programa i veću sigurnost u postizanju postavljenog uzgojnog cilja. U zatvorenoj selektiranoj populaciji, akumulira se inbreeding i reducira genetska varijanca stoga je reduciran i stupanj odgovora na selekciju (G a m a i S m i t h, 1993). Odnosno, reducirana genetska varijacija otežava daljnju selekciju i može uzrokovati inbreeding depresiju performance osobina. Mnoga ekonomski značajna svojstva su umjereno do visoko nasljedna što ukazuje da genetski napredak može biti uspješan uz pravilnu selekciju (B u r n s i s u r., 2004). Genetske promjene učinjene selekcijom nastaju pod utjecaj selekcijskog intenziteta, genetske varijabilnosti, provođenja selekcijskih mjera i generacijskog intervala.

Obzirom da su sve jedinke neke populacije srodne na nekom stupnju, Š p e h a r (2003) smatra da je tehnički korektnija definicija inbreedinga, da je to sparivanje jedinki koje su srodnije od prosječne srodnosti u populaciji, a osim navođenja negativnih posljedica koje može uzrokovati visok stupanj inbreedinga, u pojedinim situacijama inbreeding može biti koristan. Najčešće korištenje inbreedinga u uzgoju životinja je u svrhu povećanja uniformnosti (jednakosti) populacije i povećanja hibridnog vigora (heterozisa).

Istraživanjem se željela dobiti spoznaja o stupnju inbreedinga koja će biti korisna informacija u dizajniranju dugoročnog uzgojnog programa, plana pripusta i konzervacijske strategije izvorne pasmine goveda buša.

Cilj istraživanja

Cilj istraživanja je utvrditi stupanj inbreedinga izvorne pasmine goveda buša te trendove promjena istih parametara u cilju očuvanja genetske varijabilnosti unutar pasmine i sprječavanja pojave inbreeding depresija.

Materijali i metode

U istraživanju je korištena matična evidencija Hrvatske poljoprivredne agencije (HPA). U provjeri genealoških podataka i izgradnji rodovnika korišten je programski paket Tesio Power 5.0. by Syntax Software, Version 5.0., a u analizi rodovnika programski paket ENDOG v.4.8. (G u t i é r r e z i s u r., 2010). Baza podataka rodovnika pasmine (dalje u tekstu i *rodovnik buše*) je brojala 1020 grla. Referentna populacija u istraživanju broji 770 grla oteljenih od 2006. do 2011., uključujući i marginalne godine (dalje u tekstu i *referentna populacija*). Referentna populacija je određena prema dužini prosječnog generacijskog intervala (L) u referentnoj populaciji.

Utvrđena su dva generacijska intervala (J a m e s, 1977): L - interval koji je definiran kao prosječna dob roditelja u trenutku rođenja njihovog potomka koji je kasnije uveden u reprodukciju i PDR - interval prosječne dobi roditelja pri rođenju njihovog potomka koji je kasnije

uveden ili ne u reprodukciju. Osim izračuna prosječnih vrijednosti generacijskih intervala L i PDR , oba generacijska intervala izračunata su na četiri veze: otac – sin, otac – kćer, majka – sin i majka – kćer. Koeficijenti inbreedinga (ΔF) izračunati su za sve jedinke iz informativnog i kompletnog rodovnika. Za izračunavanje je korištena tabelarna metoda i algoritam kojeg je napisao Van Raden (1992), a koji je ugrađen u program ENDOG. Navedeni algoritam omogućava izračunavanje koeficijenata inbreedinga obzirom na različito definiranu dubinu rodovnika. Koeficijent prosječne povezanosti (AR) (eng. *relatedness*) je definiran kao vjerojatnost da nasumično odabrani aleli iz cijele populacije u rodovniku pripadaju dotičnoj jedinki.

Rezultati istraživanja i rasprava

Generacijski intervali

U rodovniku buše prosječni generacijski intervali L i PDR iznose 6,06 i 5,86, a u referentnoj populaciji 5,97 i 5,85 godina (tablica 1). Generacijski intervali između oca i potomstva bili su kraći u odnosu na intervale između majke i potomstva, posebice u slučaju generacijskog intervala L . U odnosu na analiziranu populaciju buše, znatno kraće generacijske intervale utvrđuju Sørensen i sur. (2005) u uzgoju mliječnih pasminama francuskog uzgoja i Cañón i sur. (1994) u dvije španjolske pasmine govoda. Martínez i sur. (2012) u kolumbijskim pasminama romosinuano, blanco orejinegro i costeno con cuernos utvrđuju kraći i duži generacijski interval u pasmini sanmartinero. Kraće generacijske intervale utvrđuju Gutiérrez i sur. (2003) istražujući osam španjolskih pasmina govoda, izuzev u pasmini pirenaica. Santana i sur. (2012) u pasmini marchigiana utvrđuju duži i u pasmini bonsmara kraći generacijski interval. Queiroz i Lobo (1993) i Reis Filho i sur. (2010) u brazilskoj pasmini govoda gyr utvrđuju čak za dvije godine duži prosječan generacijski interval. Peixoto i sur. (2010) u također brazilskoj pasmini guzerat, utvrđuju duže generacijske intervale L i PDR u odnosu na ovo istraživanje.

Tablica 1. GENERACIJSKI INTERVALI PASMINE GOVEDA BUŠA
Table 1. GENERATION INTERVALS OF CATTLE BREED BUSHA

Tip generacijskog intervala	Rodovnik buše			Referentna populacija		
	N	Prosje k	StDe v	N	Prosje k	StDe v
L_{OS} (generacijski interval otac – sin)	14	3,66	1,86	13	3,73	1,92
L_{OK} (generacijski interval otac – kćer)	156	4,82	2,62	137	4,92	2,73
L_{MS} (generacijski interval majka – sin)	22	6,72	4,24	16	6,27	3,91
L_{MK} (generacijski interval majka – kćer)	192	7,17	4,33	155	7,06	4,51
$L_{\bar{x}}$ (prosječan generacijski interval L)	384	6,06	3,83	321	5,97	3,88
PDR_{OS} (generacijski interval PDR otac – sin)	269	5,56	3,34	259	5,62	3,38
PDR_{OK} (generacijski interval PDR otac – kćer)	422	5,05	2,93	396	5,11	2,99
PDR_{MS} (generacijski interval PDR majka – sin)	326	5,93	3,91	298	5,90	3,92
PDR_{MK} (generacijski interval PDR majka – kćer)	525	6,62	4,28	467	6,57	4,36
$PDR_{\bar{x}}$ (prosječan generacijski interval PDR)	154 2	5,86	3,76	142 0	5,85	3,79

Inbreeding i prosječna povezanost

Prosječni koeficijenti inbreedinga i povezanosti u rodovniku buše iznose 1,27% i 1,78% s velikom varijacijom vrijednosti u oba parametra (tablica 2). Očekivano, zbog male populacije pasmine i uzgoja u čistoj krvi, uočava se porast koeficijenta inbreedinga i povezanosti kroz generacije predaka te intenzivan porast udjela inbred jedinki (graf 1; tablice 3 i 4).

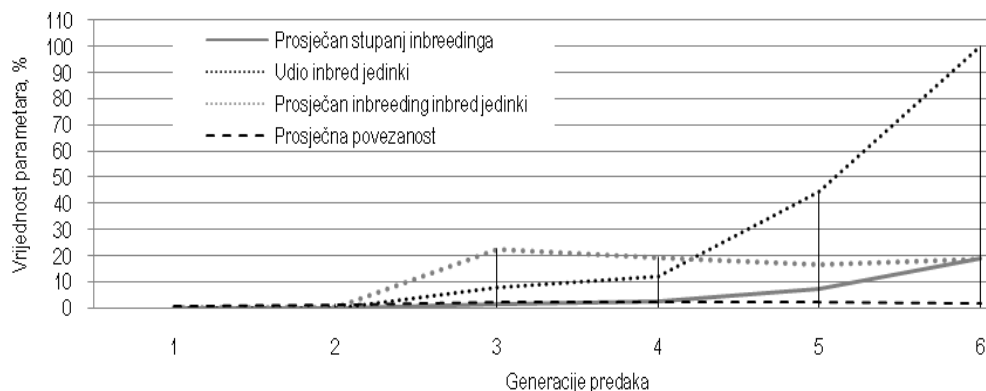
Tablica 2. INBREEDING I PROSJEČNA POVEZANOST REFERENTNE POPULACIJE BUŠE DOBIVENA TEMELJEM RODOVNIKA SVIH POZNATIH GENERACIJA PEDAČA
Table 2. INBREEDING AND PEDIGREE RELATEDNESS OF REFERENCE POPULATION OBTAINED WITH MAXIMUM NO. GENERATION TRACED

Koeficijenti	N	Varijacija	Prosje k	Standardna devijacija
Inbreeding (ΔF)	1020	0,0000 (0,0%) - 0,3750 (37,5%)	0,0127 (1,27%)	0,0525 (5,25%)
Povezanost (AR)	1020	0,0010 (0,1%) - 0,0491 (4,91%)	0,0178 (1,78%)	0,0120 (1,12%)

Graf 1. PROSJEČNI INBREEDING, UDIO INBRED JEDINKI, INBREEDING INBRED JEDINKI I

POVEZANOST U RODOVNIKU BUŠE KROZ GENERACIJE PREDAKA

Graf 1. AVERAGE INBREEDING, PERCENT OF INBREED ANIMALS, INBREEDING OF INBREED ANIMAL AND RELATEDNESS IN PEDIGREE OF BUSHA ACCORDING TO GENERATION OF ANCESTORS



Tablica 3. PROSJEČNI INBREEDING I POVEZANOST UTVRĐENA TEMELJEM SVIH POZNATIH GENERACIJA PREDAKA U RODOVNIKU BUŠE

Table 3. AVERAGE OF INBREEDING AND RELATEDNESS OBTAINED FROM MAXIMUM NO. GENERATION TRACED IN PEDIGREE OF BUSHA

Generacij a predaka	Broj jedinki po generaciji	Parametri inbreedinga (%)			AR \bar{x} (%)
		$\Delta F\bar{x}$	Udio inbred jedinki	Prosječan inbreeding inbred jedinki	
0	169	0	-	-	0,49
1	294	0	-	-	1,39
2	339	1,81	7,96	22,69	2,35
3	189	2,35	12,17	19,29	2,42
4	27	7,52	44,44	16,93	2,26
5	2	18,75	100	18,75	2,06

$\Delta F\bar{x}$ - prosječan koeficijent inbreedinga; AR \bar{x} –individualni prosječni koeficijent povezanost

Tablica 4. PROSJEČNI INBREEDING I POVEZANOST UTVRĐENA TEMELJEM SVIH KOMPLETNIH

GENERACIJA PREDAKA U PASMINI BUŠA

Table 4. AVERAGE OF INBREEDING AND RELATEDNESS OBTAINED FROM NO. COMPLETE GENERATION TRACED IN PEDIGREE OF BUSHA

Generacija predaka	Broj jedinki po generaciji	Parametri inbreedinga (%)			AR \bar{x} (%)
		$\Delta F\bar{x}$	Udio inbred jedinki	Prosječan inbreeding inbred jedinki	
0	329	-	-	-	0,0047
1	583	0,0167	7,2%	23,21%	0,0234
2	108	0,0298	20,37%	14,63%	0,0274

$\Delta F\bar{x}$ - prosječan koeficijent inbreedinga; AR \bar{x} –individualni prosječni koeficijent povezanost

Obzirom na kratko razdoblje postojanja registra pasmine (od 2003. godine) i slabe informativnosti rodovnika (Č a č i ć i s u r., 2012b), nije moguće utvrditi u kojoj generaciji predaka će biti postignut prosječni koeficijent inbreedinga u populaciji. Distribucija koeficijentata inbreedinga prema intervalima potvrđuje da je s povećanjem informativnosti rodovnika veća vjerojatnost utvrđivanja inbreedinga u jedinkama (tablica 5).

Tablica 5. ODNOS IZMEĐU KOEFICIJENTA INBREEDINGA I POZNATIH GENERACIJA PREDAKA

Table 5. RATIO BETWEEN INBREEDING COEFFICIENTS AND MAXIMUM NO. GENERATION TRACED

Broj poznatih generacija	Broj grla	Distribucija grla s ΔF prema intervalima (%)						
		0,0	>0 - 5	>5 - 10	>10 - 15	>15 - 20	>20 - 25	>25
0	169	100	-	-	-	-	-	-
1	294	100	-	-	-	-	-	-
2	339	92,0	-	-	1,5	-	6,5	-
3	189	87,8	-	1,6	3,7	-	6,4	0,5
4	27	55,6	3,7	3,7	18,5	-	14,8	3,7
5	2	0,0	-	-	50,0	-	50,0	-

Proučavajući prosječan koeficijent inbreedinga i povezanosti kroz godine oteljenja, također se uočava trend porasta oba parametra (tablica 6).

Graf 6. INBREEDING I POVEZANOST U RODOVNIKU BUŠE KROZ GODINE (U %)

Graph 6. INBREEDING AND RELATEDNESS IN PEDIGRE OF BUSHA ACCORDING TO YEAR (IN %)

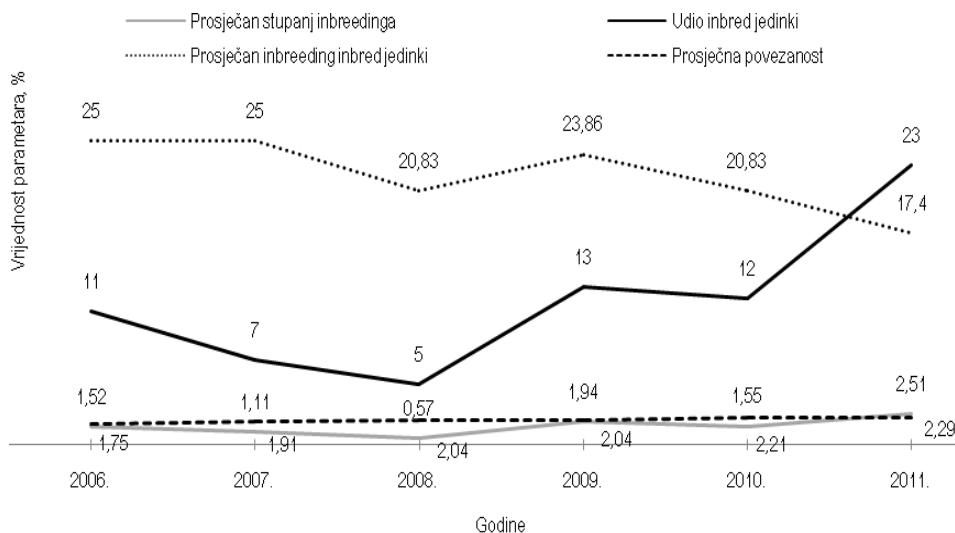
Godine	N	Inbreeding (ΔF)			Povezanost (AR)		
		Varijacija	Prosjeak	StDev	Varijacija	Prosjeak	StDev
1987.	1	-	-	-	-	8,9	-
1990.	4	-	-	-	0,17 - 0,69	0,41	0,24
1991.	2	-	-	-	0,42 - 0,66	0,54	0,17
1992.	4	-	-	-	0,10 - 0,44	0,29	0,15
1993.	3	-	-	-	0,10 - 0,25	0,17	0,08
1994.	5	-	-	-	0,15 - 0,40	0,25	0,09

1995.	12	-	-	-	0,10 – 2,21	0,59	0,55
1996.	12	-	-	-	0,10 - 0,49	0,2	0,13
1997.	8	-	-	-	0,20 - 0,89	0,46	0,23
1998.	9	-	-	-	0,10 – 4,91	1,06	1,58
1999.	13	-	-	-	0,10 - 1,38	0,45	0,36
2000.	17	-	-	-	0,10 - 0,71	0,29	0,21
2001.	25	-	-	-	0,10 – 4,36	0,93	1,24
2002.	21	-	-	-	0,10 - 3,53	0,61	0,88
2003.	20	-	-	-	0,15 - 2,68	0,43	0,57
2004.	32	-	-	-	0,10 - 3,71	1,03	1,16
2005.	61	-	-	-	0,15 – 4,20	1,27	1,06
2006.	66	0 – 25,00	1,52	6,01	0,15 - 3,66	1,75	1,14
2007.	91	0 – 25,00	1,11	5,15	0,15 - 4,32	1,91	1,16
2008.	109	0 – 25,00	0,57	3,56	0,15 - 3,95	2,04	1,15
2009.	135	0 – 25,00	1,94	6,63	0,15 - 4,28	2,04	1,11
2010.	161	0 – 25,00	1,55	5,72	0,15 - 4,30	2,21	1,02
2011.	208	0 – 37,50	2,51	6,95	0,10 - 428	2,29	1,05

Nepostojanje rodovničkih podataka o grlima oteljenim do godine utemeljenja registra pasmine, pa i u prvim godinama postojanja registra, ograničava precizniju procjenu stupnja inbreedinga i povezanosti jedinki u populaciji. No, unatoč slaboj informativnosti rodovnika buše za grla rođena u posljednjem generacijskom intervalu, ipak je moguće dobiti informaciju o trendu kretanja koeficijenata proučavanih parametara. Proučavajući rodovnik buše, uočava se pojavljivanje prvih inbred jedinki u 2006. godini kao prvoj godini intervala kojeg je obuhvatila referentna populacija. Podaci ukazuju na trend povećanja inbreedinga sa svakom reprodukcijom godinom, s najvećim prosječnim koeficijentom inbreedinga u posljednjoj godini referentne populacije. Kroz godine uočava se pozitivan trend povećanja broja oteljene teladi buše (Č a ć i ć i s u r., 2012a), ali i trend povećanja udjela inbred teladi (graf 2; tablica 7).

Graf 2. INBREEDING, UDIO INBRED JEDINKI, INBREEDING INBRED JEDINKI I POVEZANOST U RODOVNIKU BUŠE KROZ GODINE

Graf 2. INBREEDING, PERCENT OF INBRED ANIMALS, INBREEDING OF INBRED ANIMALS AND RELATEDNESS IN PEDIGREE OF BUSHA ACCORDING TO YEAR



Tablica 7. UKUPAN BROJ I BROJ INBRED TELADI BUŠE OTELJENE U RAZDOBLJU 2006. - 2011.

Table 7. TOTAL NUMBER AND NUMBER OF INBRED CALVES OF BUSHA BORN FROM 2006. TO 2011.

Parametar	Godine					
	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.
Broj oteljene teladi u godini	38	57	59	87	102	128
Broj oteljene inbred telad u godini	4	4	3	11	12	30
Udio inbred teladi u godini	11%	7%	5%	13%	12%	23%

Prema tipu inbreedinga, u 17,2% (11) teladi koeficijent inbreedinga je posljedica nakupljanja kroz generacije predaka, a čak 82,8% (53) inbred teladi produkt je vrlo uskog uzgoja u srodstvu (incest). Prema tipu pripusta kojim je proizvedena inbred telad kao rezultat incestnog pripusta, 22,6% (12) je rezultat sparivanja polubrača: 83,3% polubrača po ocu (10) i 16,7% po majci (2). Znatno veći udio od 77,4% (41) teladi uzgojene u vrlo uskom srodstvu je proizveden sparivanjem roditelja i

potomstva. Udio sparivanja očeva i kćeri (82,9%; 34) je veći u odnosu na udio sparivanja majki i sinova (17,1%; 7). U ukupnom broju oteljenje teladi u registru pasmine, udio inbred teladi proizvedene kao rezultat sparivanja u uskom srodstvu iznosi 5,2% (4,02% kao rezultat sparivanja roditelja i potomstva i 1,18% sparivanjem polubračće). Prosječan koeficijent inbreedinga inbred jedinki u pasmini buša je iznosio 22,15%, s varijacijom od 17,4% do 25%. S a n t a n a i s u r. (2012) u pasminama goveda marchigana i bonsmara utvrđuju veći udio inbred teladi i manji udio incestnog sparivanja roditelja i potomstva, a veći udio sparivanja polubračće. K a d l e č í k i s u r. (2011) u pinzgavskog goveda utvrđuju niži inbreeding, ali s većim udjelom inbred teladi u populaciji. Znatno veći udio inbred teladi utvrđuju P é r e z T o r r e c i l l a s i s u r. (2002) u tri talijanske pasmine goveda (chianina, maremmana i mucca pisana), M a r t í n e z i s u r. (2012) u četiri kolumbijske pasmine goveda (romosinuano, blanco orejinegro, costeno con cuernos i sanmartinero) i B r a a k e i s u r. (1994) (danski uzgoj frizijske pasmine i crno bijele pasmine). U osam španjolskih pasmina goveda G u t i é r r e z i s u r. (2003) utvrđuju vrlo različite udjele inbred teladi prema pasminama i s različitim stupnjem inbreedinga inbred teladi. M a i g n e l i s u r. (1996) u osam mliječnih pasmina goveda francuskog uzgoja utvrđuju manji inbreeding, izuzev u pasmini tarentaise. Pozivajući se na mišljenje B i o c h a r d a i s u r. (1996) da su križanje i nekompletan rodovnik dva najznačajnija čimbenika odgovorna za preciznu procjenu stupnja inbreedinga, M a i g n e l i s u r., (1996) smatraju da je nizak stupanj inbreedinga u pasminama abundance i montebéle posljedica „uvođenja gena“ crvenog holsteina u uzgoj ove dvije pasmine. Visok stupanj inbreedinga u pasmini tarentaise objašnjavaju malom veličinom populacije pasmine. Veći stupanj inbreedinga u pasminama goveda u odnosu na analiziranu populaciju buše izvještavaju K a d l e č í k i s u r. (2011), S ø r e n s e n i s u r. (2005), R o u g h s e d g e i s u r. (1999), P é r e z T o r r e c i l l a s i s u r. (2002), B r a a k e i s u r. (1994), R e i s F i l h o i s u r. (2010) i G u t i é r r e z i s u r. (2003) za pasmine sayaguesa, morucha i aviliena – negra ibérica. Manji koeficijent inbreedinga u provedenim studijama izvještavaju M a r t í n e z i s u r. (2012) i P e i x o t o i s u r. (2009), te G u t i é r r e z i s u r. (2003) za pasmine alistana,

asturiana de la montana, asturiana de los valles, bruna dels pirineus i pirenaica.

Povezanost demografskih i genealoških parametara

Promatrajući međusobnu povezanost istraženih demografskih i genealoških parametara, uočava se uska povezanost između istih (tablica 8). Gotovo svi korelacijski odnosi su bili statistički značajni (0,01). Povećanje koeficijenta ΔF i AR kroz vrijeme i generacije potvrđuje statistički značajan pozitivan korelacijski odnos (0,01) s ostalim parametrima i datumom oteljenja.

Tablica 8. KORELACIJSKA POVEZANOST DEMOGRAFSKIH I GENEALOŠKIH PARAMETARA
Table 8. CORRELATION BETWEEN DEMOGRAPHIC AND GENEALOGICAL PARAMETERS

Demografski i genealoški parametri	D	ΔF	AR	GM	GK	GQ
ΔF	0,139**	-	-	-	-	-
AR	0,472**	0,267**	-	-	-	-
GM	0,749**	0,256**	0,537**	-	-	-
GK	0,619**	0,182**	0,703**	0,734**	-	-
GQ	0,761**	0,242**	0,686**	0,929**	0,900**	-
ΔFa	0,106**	0,927**	0,256**	0,175**	0,123**	0,170**

D – datum oteljenja; ΔF – individualni inbreeding koeficijent temeljem cijelog rodovnika; AR – individualni prosječni koeficijent povezanost; GM – maksimalan broj poznatih generacija; GK – broj poznatih kompletnih generacija; GQ – ekvivalent kompletnih generacija; ΔFa – individualni porast u inbreedingu

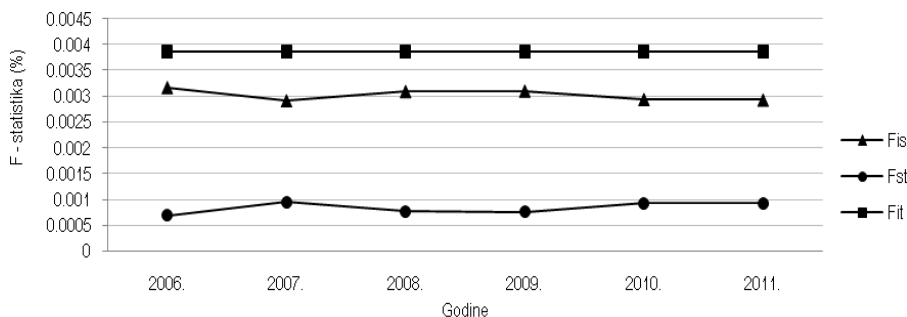
** Korelacija značajna na nivou 0,01; * Korelacija značajna na nivou 0,05

F- statistika referentne populacije

U istraženoj referentnoj populaciji buše parametri F – statistike su imali slijedeće vrijednosti: $F_{is} = 0,002298$, $F_{st} = 0,001568$ i $F_{it} = 0,001568$. Promatrajući trend promjene parametara F – statistike možemo zaključiti da nije bilo drastičnih promjena kroz godine (graf 3). Promjene odražavaju F_{is} i F_{st} vrijednosti, dok su promjene vrijednosti F_{it} vrlo male i gotovo neprimjetne. Vrijednost F_{st} ima blagi trend povećanja, a F_{is} blagi trend smanjenja vrijednosti. Promjene F_{is} i F_{st} potvrđene su koeficijentima linearne regresije. N o m u r a i s u r. (2001) proučavajući

populaciju japanskog crnog goveda zapažaju identične, ali izraženije trendove za Fis i Fst vrijednosti kao u slučaju buše. Fit vrijednost u populaciji buše bila je gotovo nepromjenjena kroz sve proučavane godine, dok je u japanskog crnog goveda izražen postupan intenzivan trend povećanja vrijednosti. Autori intenzivno povećanje Fst vrijednosti objašnjavaju činjenicom da je Fst u uskoj izravnoj vezi s efektivnom veličinom populacije. Temeljem gotovo linearnog smanjenja Fis vrijednosti, autori zaključuju da su nestale genetske skupine između administrativnih područja, odnosno da se populacija japanskog crnog goveda povezala usko u jednu cjelinu. U usporedbi s navedenim istraživanjem, u referentnoj populaciji buše uočavaju se nepravilni trendovi (nelinearni) i manje promjene parametara F – statistike od godine do godine.

Graf 3. PROMJENE F – STATISTIKE U REFERENTNOJ POPULACIJI BUŠE
Graf 3. CHANGE OF F – STATISTICS IN REFERENCE BUSHA POPULATION



Zaključak

Prosječna vrijednost dužine generacijskog intervala 5,97 godina, potvrđuje kasnu zrelost kao pasminsku karakteristiku izvorne pasmine goveda buša. Prosječni koeficijenti inbreedinga i povezanosti od 1,27% i 1,78% nisu veliki u odnosu na rezultate istraživanja istih parametara u drugim pasminama. No, uzevši u obzir slabu informativnost (dužinu) rodovnika s ekvivalentom kompletnih generacija od 1,41 (Č a č i é i s u r., 2012b), porast udjela inbred jedinki kroz godine u referentnoj populaciji i veliki udio inbred jedinki kao rezultat sparivanja u vrlo

uskom srodstvu (incest), za očekivati je intenzivno povećanje inbreedinga u populaciji buše. Zaključak podupiru statistički značajne pozitivne korelacije između koeficijenata inbreedinga i povezanosti povećanjem poznatosti generacija predaka te relativno mala populacija od 341 rasplodne jedinke (33 bika i 308 krava) (HPA, 2012). Vrijednosti F – statistike iako pokazuju blage trendove smanjenje genetske varijabilnosti, ipak ukazuju da populacija buše nije usko povezana u jedinstvenu cjelinu, što govori da postoje genetske skupine unutar pasmine ili bolje rečeno da se tek formiraju obzirom na relativno kratko postojanje registra pasmine. Rezultati studije daju dovoljno informacija za predviđanje da će u budućim generacijama oteljenja doći do intenzivnijeg porasta inbreedinga i smanjenja efektivne veličine populacije u uzgoju buše. Postoji velika vjerojatnost da je već sada znatno veći stvarni inbreeding u populaciji, koji temeljem slabo informativnog rodovnika ne može vjerodostojnije utvrditi. Stoga, u cilju dobivanja preciznijeg uvida u stanje inbreedinga u populaciji buše, nužno je primijeniti metode molekularne genetike i temeljem strukture DNA utvrditi stvarno stanje, a sve to u radi uspješnijeg programa očuvanja buše kao izvorne pasmine. Proces izumiranja pasmina odvija se znatno brže u odnosu na stvaranje novih pasmina, što govori da se genetska raznolikost domaćih životinja kontinuirano smanjuje. U cilju očuvanja raznolikosti u populaciji, potrebno je postaviti uzgojnu strategiju i planski pripust kojima će glavni cilj biti smanjivanje koeficijenta inbreedinga u populaciji buše kroz buduće generacije. Smanjivanjem koeficijenta inbreedinga povećava se efektivna veličina populacije koja je osnovni parametar u izradi i provedbi konzervacijskih strategija.

LITERATURA

1. Biochard, D., L. Maignel, E. Verrier (1996): Interest of probabilities of gene origin to measure the genetic variability in a population. *Genetics Selection and Evolution*.
2. Braake, M. F. H., A. F. Groen, A. W. van der Lugt (1994): Trends in inbreeding in Dutch Black and White dairy cattle. *Journal of Animal Science*, 111: 356-366.
3. Brown, C.J., O. D. Murphree, J.E.O. Newton (1978): The effect of inbreeding on human aversion in pointer dogs. *Journal of Heredity*, 69, 362-365.

4. Burns, E. M., R. M. Enns, D. J. Garrick (2004): The status of Equine genetic evaluation. American Society of Animal Science, Proceedings, Western Section, 55.
5. Cañon, J., J. P. Gutiérrez, S. Dunner, F. Goyache, M. Vallejo (1994): Herdbook analyses of the Asturiana beef cattle breeds. Genetics Selection and Evolution, 26: 65-75.
6. Crow, J. F., M. Kimura (1970): An introduction to population genetics theory. Alpha Editions. Minneapolis. Minnesota.
7. Čačić, M., Z. Barać, V. Bulić, D. Janda, M. Špehar, Z. Ivkić, I. Čurik (2012a): Sistematizacija uzgoja izvorne pasmine goveda buša. Stočarstvo, u tisku.
8. Čačić, M., Z. Barać, V. Bulić, D. Janda, M. Špehar, Z. Ivkić, I. Čurik (2012b): Procjena genetske varijabilnosti izvorne pasmine goveda buša pomoću vjerojatnosti porijekla gena. Stočarstvo, u tisku.
9. Čurik, I., L. Filipčić, J. Šölkner (1998): Analiza genetske varijabilnosti hrvatskog simentalnog goveda pomoću pedigreea – analiza začetnika. XXXIV. Znanstveni skup hrvatskih agronoma, Opatija, 25-28. veljače 1998., 299.
10. Falconer, D. S., T. F. Mackay (1996): Introduction to Quantitative Genetics. 4th edn. Longman, Harlow, Essex.
11. Gama, L. T., C. Smith (1993): The role of inbreeding depression in livestock production systems. Livestock Production Science, 36: 203–211.
12. Gutiérrez, J. P., F. Goyache, I. Cervantes (2010): ENDOG v4.8 – A computer program for monitoring genetic variability of populations using pedigree information. November 10, 2010.
13. Gutiérrez, J. P., J. Altarriba, C. Díaz, R. Quintanilla, J. Cañón, J. Piedrafitá (2003): Pedigree analysis of eight Spanish beef cattle breeds. Genetic, Selection and Evolution, 35: 43-63.
14. James, J. W. (1977): A note on selection differentials and generation length when generations overlap. Animal Production, 24: 109-112.
15. Kadlečík, O., R. Kasarda, I. Pavlík, E. Hazuchová (2011): Pedigree analysis of Slovak Pinzgau breed. Agiculturae Conspectus Scientificus, 76 (3): 165-168.
16. Koenen, E. P. C., L. I. Aldridge (2002): Testing and genetic evaluation of sport horses in an international perspective. 7th World Congress Applied to Livestock Production, Montpellier, August 2002.

17. Maignel, L., D. Boichard, E. Verrier (1996): Genetic variability of French dairy breeds estimated from pedigree information. Interbull Meeting, June 23-24. 1996., Veldhoven, Netherlands
18. Martínez, R. A., D. García, J. L. Gallego, G. Onofre, J. Pérez, J. Cañon (2012): Genetic variability in Columbian Creole cattle populations estimated by pedigree information. Artículos Científicos. Corpica. <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/oferta/journalofanimal.pdf>, 29.02.2012.
19. Nomura, T. (1996). Effective size of selected populations with overlapping generations. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 113: 1–16.
20. Nomura, T., T. Honda, T. Mukai (2001): Inbreeding and effective population size of Japanese Black cattle. *Journal of Animal Science*, 79: 366-370.
21. Peixoto, M. G. C. D., R. S. Verneque, M. C. Pereira, M. A. Machado, M. R. S. Carvalho (2009): Impact of milk production breeding program on the Guzerat (*Bos indicus*) population parameters in Brazil. Proceedings of the Interbull Meeting in Barcelona, Spain, August 21-24, 2009
22. Peixoto, M. G. C. D., C. F. Poggian, R. S. Verneque, A. A. Egito, M. R. S. Carvalho, V. M. Penna, J. A. G. Bergmann, L. F. Viccini, M. A. Machado (2010): Genetic basis and inbreeding in the Brazilian Guzerat (*Bos indicus*) subpopulation selected for milk production. *Livestock Science*, 131: 168-174.
23. PérezTorrecillas, C., R. Bozzi, R. Negrini, F. Filippini, A. Giorgetti (2002): Genetic variability of three Italian cattle breeds determined by parameters based on probabilities of gene origin. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 119: 274-279.
24. Queiroz, S. A., B. Lôbo (1993): Genetic relationship, inbreeding and generation interval in registered Gir cattle in Brazil. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 110/3: 228-233.
25. ReisFilho, J. C., P. S. Lopes, R. daSilvaVerneque, R. deAlmeidaTorres, R. L. Teodoro, P. L. S. Carneiro (2010): Population structure of Brazilian Gyr dairy cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39 (12): 2640-2645.
26. Santana, M. L., P. S. Oliveira, J. P. Eler, J. P. Gutiérrez, J. B. S. Ferraz (2012): Pedigree analysis and inbreeding depression on growth traits in Brazilian Marchigiana i Bonsmara breeds. *Journal of Animal Science*, 90: 99-108.
27. Sørensen, A. C., M. K. Sørensen, P. Berg (2005): Inbreeding in Danish dairy cattle breeds. *Journal of Dairy Science*, 88: 1865-1872.
28. Špehar, M. (2003): Kontrola inbridinga u malim populacijama. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet. Diplomski rad.
29. TesioPower 5.0. by Sintax Software, Version 5.0.

30. V a n R a d e n, P. M. (1992): Accounting for inbreeding and crossbreeding in genetic evaluations of large populations. *Journal of Dairy Science*, 75: 3136-3144.
31. W h i t e, J. M. (1972): Inbreeding effects upon growth and maternal ability in laboratory mice. *Genetics*, 70: 307-317.
32. W r i g h t, S. (1977): *Evolution and the genetics of populations. Vol. 3., Results and Evolutionary Deductions.* The University of Chicago Press, Chicago.

INBREEDING OF AUTOCHTHONOUS CATTLE BREED BUSHA

Summary

The purpose of the study is to determine actual and predict trend of the future rate of inbreeding in breeding of autochthonous cattle breed busha based on pedigree data. Average generation interval is 5,96 years, which confirms late maturity as breed characteristics. Inbreeding factor and relatedness of units are 1,27% and 1,78%, and are considered low with respect to comparative researches. But results of proportion and average inbreeding factor of inbred units in reference population give enough information for prediction of intensive growth of inbreeding factor, i.e. significant decrease of effective population size in breeding busha. The conclusion is supported by positive and narrow correlations between traced ancestors generation, and relatively small busha population with 341 breeding heads (CAA 2012). We assume that the rate of inbreeding in busha population is considerably larger, but it is not possible to determine it based on pedigree analysis because of its poor informativity (equivalent of complete generations = 1,41). In order to obtain more reliable information on inbreeding rate in busha population, it is necessary to determine it by methods of molecular genetic on the DNA structure level. With consideration on the small population, special measures of planned breeding strategies must be applied, with goal of bringing inbreeding to the minimum possible rate.

Key words: busha, inbreeding, pedigree analysis.

Primljeno: 16.03.2012.