

Dr Jusuf Mulić,
Poljoprivredni fakultet, Sarajevo

UPOREDNA ANALIZA SMJESA ZA GOVEDA KOMPONIRANIH POMOĆU SIMPLEKS METODA I NA KLASIČAN NAČIN

UVOD

Suvremeni matematsko-statistički metodi, napose metodi linearnog programiranja, nalaze sve širu primjenu u rješavanju praktičnih problema organizacije i ekonomike poljoprivrednih gazdinstava. Mi u Jugoslaviji, međutim, ne možemo biti zadovoljni onim što smo na tom planu do sada postigli. I pored svih evidentnih prednosti, koje ovi metodi pružaju u poređenju s klasičnim metodima za rješavanje određenih problema, moglo bi se slobodno reći da u nas postoje čak i neshvatljivi otpori ka tom progresu.¹ Sigurno je da značajan uzrok pružanju tog otpora predstavlja i nedovoljan fond znanja iz matematike kojim tehnolozi pa i agrarni mikroekonomisti u gospodarstvima raspolažu.²

Područje primjene metoda linearnog programiranja u poljoprivrednim gospodarstvima vrlo je široko i kreće se na liniji rješavanja manjih tekućih problema (komponiranje smjesa i obroka za stoku, izrada modela internog transporta proizvoda i materijala, izbor linija u mehanizaciji proizvodnih procesa i dr.), pa sve do izbora smjera proizvodnje i organizacije gospodarstva u kratkom, srednje dugom i dugom periodu (dinamičko programiranje).

Činjenica je da linije i proizvodnje u stočarstvu na našim društvenim gospodarstvima pokazuju ili gubitak ili neznatan pozitivan finansijski rezultat. Pored ostalih razloga, tome u znatnoj mjeri doprinosi i neracionalna i neekonomična ishrana. Linearno programiranje odnosno njegov simpleks metod može se bez ikakvih poteškoća primijeniti kod komponiranja smjesa i obroka za stoku, te u najkraćem mogućem roku potvrditi svoju svrshodnost i punu ekonomsku efikasnost.³

¹ Kao dokaz za tu konstataciju može poslužiti i ovaj primjer. U septembru 1967. godine Jugoslovenski poljoprivredno-šumarski centar obratio se cirkularnim pismom upravama deset naših velikih poljoprivrednih kombinata, nudeći tehničku pomoć na uvođenju metoda linearnog programiranja u organizaciju i ekonomiku gospodarstva. Pozitivan odgovor na ovo pismo dala su samo dva kombinata (jedan iz Banata i jedan iz Slavonije), dok je naknadno suradnju prihvatio i jedan kombinat s Kosova. Nakon uspješne jednogodišnje suradnje, postignuti su vrlo dobri rezultati u ekonomici programiranja smjesa za stoku u vlastitim mješaonama stočne hrane.

² Ovaj preduslov značajan je samo ako se problemi pomoću simpleks metoda rješavaju ručno a ne pomoću kompjutora. Svaki fakultetski obrazovan suradnik sposoban je da u najkraćem mogućem roku ovlada tehnikom pripreme simpleks tabela za kompjutor to jest bez upuštanja u matematičku stranu problema. U kombinatima sa kojima je Centar surađivao danas stručnjaci sami pripremaju simpleks tabele za obradu u kompjutorima.

³ Ako tehnolog u gospodarstvu (mješaoni ili fabrici stočne hrane) sam pripremi simpleks tabelu, troškovi njene obrade u kompjutoru ne mogu da iznose više od 150—200 dinara. Pretpostavimo da na taj način u odnosu prema već komponiranoj smjesi na klasičan način uštedi samo 10 para po jednom kilogramu sirovinskog sastava smjese. Ako se u mješaoni uz istu kvalitetu sirovina i njihove cijene proizvede samo 100 tona, ušteda će iznositi 10 hiljada dinara.

Imajući te okolnosti u vidu a i činjenicu da je naša literatura oskudna radovima koji se odnose na problematiku primjene simpleks metoda u komponiranju smjesa i obroka za stoku,⁴ u ovom radu izložit ćemo samo manji dio rezultata do kojih smo na jednom velikom banatskom kombinatu u komponiranju smjesa za goveda primjenom simpleks metoda došli.⁵

Prema tome, i cilj ove radnje je da doprinese boljem poznavanju tehnike linearnog programiranja i rezultata koji se primjenom njegovog simpleks metoda postižu u komponiranju smjesa za stoku.

Postavljanje i definiranje problema

Naš problem sastojao se u tome da komponiramo u hranidbeno-fiziološkom pogledu optimalne krmne smjese za goveda (telad, krave muzare i tovná goveda) uz istovremeno zadovoljenje uslova da tako komponirane smjese budu s najnižim mogućim cijenama sirovinskog sastava.

Racionirajući raspoloživim prostorom, mi ćemo ovdje iznijeti postupak definiranja problema samo kod smjese »Starter za telad«. Uz izmjenu potrebitih informacija, postupak je i za ostale smjese potpuno isti.⁶

Da bi se moglo dobiti optimalno rješenje postavljenog problema, formulirana je funkcija kriterijuma (funkcija cilja ili ekonomska funkcija) na osnovu liste izbornih sirovina i njihovih cijena za 1 kilogram (vidi tabelu 1). Ta funkcija kriterijuma glasi:

$$(1) \quad Z_0 = 0,7x_1 + 0,76x_2 + 0,8x_3 + \dots + 0,14x_{14} + 0,46x_{15} + 4,5x_{16} \longrightarrow \text{minimum}$$

Minimizacija ove funkcije kriterijuma (1) uslovljena je ograničenjima koja proističu iz nutricioné matrice (sastavljene na osnovu postavljenih zahtjeva ili ograničenja kojima smjesa mora udovoljiti — tabela 2 i na osnovu hranidbene vrijednosti izbornih sirovina — tabela 3):

$$\begin{aligned}
 & 1,35x_1 + 1,2x_2 + 1,0x_3 + \dots + 0x_{14} + 0x_{15} + 0x_{16} \geq 1,1 \text{ minimum} \\
 & 85x_1 + 100x_2 + 116x_3 + \dots + 0x_{14} + 0x_{15} + 0x_{16} \geq 170 \text{ minimum} \\
 & 40x_1 + 20x_2 + 45x_3 + \dots + 0x_{14} + 0x_{15} + 0x_{16} \geq 30 \text{ minimum} \\
 & 0,02x_1 + 0,12x_2 + 1x_3 + \dots + 38x_{14} + 0x_{15} + 0x_{16} \geq 0,7 \text{ minimum} \\
 & 0,3x_1 + 0,4x_2 + 0,35x_3 + \dots + 0x_{14} + 0x_{15} + 0x_{16} \geq 0,6 \text{ minimum} \\
 (2) \quad & 25x_1 + 50x_2 + 110x_3 + \dots + 0x_{14} + 0x_{15} + 0x_{16} \leq 50 \text{ maksimum} \\
 & 14x_1 + 25x_2 + 40x_3 + \dots + 950x_{14} + 0x_{15} + 0x_{16} \leq 60 \text{ maksimum} \\
 & 0x_1 + 0x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 100x_5 + \dots + 0x_{14} + 0x_{15} + 0x_{16} \geq 2 \text{ minimum} \\
 & 0x_1 + 0x_2 + 0x_3 + \dots + 100x_{10} + \dots + 0x_{14} + 0x_{15} + 0x_{16} \geq 6 \text{ minimum} \\
 & 0x_1 + 0x_2 + 0x_3 + \dots + 100x_9 + \dots + 0x_{14} + 0x_{15} + 0x_{16} \leq 5 \text{ maksimum} \\
 & 0x_1 + 0x_2 + 0x_3 + \dots + 100x_{11} + \dots + 0x_{14} + 0x_{15} + 0x_{16} \leq 3 \text{ maksimum} \\
 & 0x_1 + 0x_2 + 0x_3 + \dots + 0x_{14} + 100x_{15} + 0x_{16} = 0,5 \text{ fiksno} \\
 & 0x_1 + 0x_2 + 0x_3 + \dots + 0x_{14} + 0x_{15} + 100x_{16} = 0,5 \text{ fiksno} \\
 & 1x_1 + 1x_2 + 1x_3 + \dots + 1x_{14} + 1x_{15} + 1x_{16} = 1 \text{ fiksno}
 \end{aligned}$$

⁴ To je samo ovih pet radova: Čepón S. i Konjar M. (1), Kamenečki F. (5), Kamenečki F. i Martić Lj. (6), Mulić J. (9) i Novinšek J. (10).

⁵ U pripremanju nutricioné matrice sudjelovali su dr Nemanja Ševković i Milan Pavlović a u pripremanju simpleks tabele Miloš Lalić.

⁶ O tome vidjeti podrobnije teorijsko objašnjenje u knjizi Dobrenić S.: Linearno programiranje u radnoj organizaciji, str. 131—153, Informator, Zagreb, 1966.

Osim ovoga ograničenja u (2), funkcija kriterijuma podvrgnuta je i ograničenju (3) po kojemu nijedna sirovina u smjesi ne može biti zastupljena negativnom vrijednošću odnosno:

$$(3) \quad x_1, x_2, x_3 \dots x_{14}, x_{15}, x_{16} \geq 0$$

Funkcija kriterijuma (1) i ograničenja koja proističu iz nutricionice matrice (2) i (3), uokvirena su u simpleks tabelu koja predstavlja sistematski pregled informacija za programiranje smjese (tabela 4).⁷

Tabela 1 — Lista sirovina koje su došle u obzir za komponiranje pojedinih smjesa

Vrsta sirovine	Vrsta smjese									Cijene d/kg
	Smjese za telad		Smjese za muzare			Smjese za tov				
	Star- ter	Gro- ver	I	IA	II	I	IA	II	IIA	
Kukuruz-zrno	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0,70
Ječam-zrno	+	+				+	+	+	+	0,76
Zob-zrno	+	+								0,80
Pšenične mekinje	+	+	+	+	+					0,55
Sojina sačma 44	+	+								1,60
Sunkovretova sačma 41	+	+								0,85
Suncokretova sačma 35	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0,70
Lucerkino brašno 17	+	+								0,95
Suhi repini rezanci	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0,38
Kukuruz-klip				+				+	+	0,55
Melasa							+		+	0,55
Mlijeko u prahu	+	+								4,20
Urea								+		1,45
Riblje brašno	+									2,07
Koštano brašno	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1,00
Dikalcijev fosfat	+	+								1,60
Stočna kreda	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0,14
Stočna sol	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0,46
Premiks za telad	+	+								4,50
Premiks za goveda					+	+	+	+	+	3,00

Napomena: Znakom »+« (plus) naznačeno je prisustvo pojedinih sirovina kao potencijalnih za komponiranje datih smjesa za goveda.

⁷ Kao što čitalac može i zapaziti, pored navedenih jednadžbi iz nutricionice matrice date u (2), stavljeno je i ograničenje za težinu od 1 kg, budući su uključene i sirovine koje treba da budu zastupljene u smjesi u fiksnom obimu. Da smo izuzeli ograničenja u fiksnom obimu za stočnu sol i premiks za telad od po 0,5%, onda bi vrijednost za ograničenje težine iznosilo 0,99. Uključivanje ili neuključivanje ograničenja datih u fiksnom obimu u simpleks tabelu nema nikakvog utjecaja na cijenu smjese.

Tabela 2 — Zahtjevi ili ograničenja kojima optimalne smjese moraju udovoljiti

Zahtjev ili ograničen	Nivo zahtjeva ili ograničenja						
	njese za telad		jese za muzare		mjese za tov		
	Starter	Grover	I ¹	II	I ²	II ³	
			Vrsta smjese				
Krmne jedinice ⁴	min. ⁵	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	
Surovi proteini	min.	170	150	120	180	130	70
Mast	min.	30	30			27,2	27,2
Kalcijum	min.	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Fosfor ukupni	min.	0,6	0,6	0,7	0,7	0,65	0,65
Celuloza	maks.	50	65	90	90	82	82
Pepeo	maks.	60	60				
Sojina sačma	min.	3					
Mlijeko u prahu	min.	6					
Pšenične mekinje	maks.			8	8		
Suhi repini rezanci	maks.	5	8			30	30
Riblje brašno	maks.	2					
Urea	fiks.						2,5
Stočna sol	fiks.	0,5	0,5	1,0	1,0	0,5	0,5
Premiks ⁶	fiks.	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5

Tabela 3 — Hranidbena vrijednost sirovina koje su došle u obzir za komponiranje pojedinih smjesa

Vrsta sirovine	Krmne jedinice	Surovi protein	Mast	u gramima			
				Celuloza	Pepeo	Kalcijum	Fosfor ukupni
Kukuruz-zrno	1,35	85	40	25	14	0,02	0,3
Ječam-zrno	1,2	100	20	50	25	0,12	0,4
Zob-zrno	1,0	116	45	110	40	0,10	0,35
Pšenične mekinje	0,8	150	45	110	60	0,10	1,1
Sojina sačma 44	,12	440	15	68	60	0,25	0,6
Suncokretova sačma 41	0,9	410	15	100	60	0,6	1,23
Suncokretova sačma 35	0,85	350	25	150	70	0,4	1,0
Lucerino brašno 17	0,6	170	30	240	90	1,6	0,25
Suhi repini rezanci	0,75	70	5	200	40	0,6	0,05
Kukuruz-klip	1,0	70	32	80		0,01	0,05
Melasa	0,8	30				0,65	0,08
Mlijeko u prahu	1,17	330	10	0	80	1,3	1,0
Riblje brašno	0	620	40	5	170	4,5	2,5
Koštano brašno	0	0	0	0	950	30,0	12,0
Dikalcijev fosfat	0	0	0	0	950	26,0	18,0
Stočna kreda	0	0	0	0	950	38,0	0

1 Smjesa »Krave muzare IA« ima iste zahtjeve ili ograničenja.

2 Smjesa »Tov goveda IA« ima iste zahtjeve ili ograničenja.

3 Smjesa »Tov goveda IIA« ima iste zahtjeve ili ograničenja.

4 Osim krmnih jedinica svi zahtjevi ili ograničenja su izraženi u gramima a kod sirovina u postocima.

5 Oznaka »min.« znači da je to minimalna količina koja mora biti zastupljena u optimalnom rješenju. Oznaka »maks.« znači da je to maksimalna količina koja može biti zastupljena u optimalnom rješenju. Oznaka »fiks.« znači da je to fiksirana količina koja mora biti zastupljena u optimalnom rješenju.

6 Podrazumijeva se još i ograničenje po kojemu smjesa mora biti teška 1 kg (vidi smpleks tabelu 4), jer su uključena sva ograničenja u smpleks tabele (misli se i na ograničenja za sirovine koje su date u fiksnim količinama: urea 2,5%, stočna sol 0,5 ili 1,0% i premiks 0,5%).

Tabela 4 — Simpleks tabela za programiranje smjese
»Starter za telad«

	Kukuruz-zrno		Ječam-zrno		Zob-zrno		Pšenične mekinje	Sojina sačma 44	Suncokretova sačma 41	Suncokretova sačma 35	Lucerkino brašno 17	Suhi repini rezanci	Mlijeko u prahu	Riblje brašno	Koštano brašno	Dikalcijev fosfat	Stočna kreda	Stočna sol	Premiks za telad	Nivo zahtjeva ili ograničenja
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆														
Y ₁	min.	1,35	1,2	1,0	0,8	1,2	0,9	0,85	0,6	0,75	1,17	0	0	0	0	0	0	0	0	1,1
Y ₂	min.	85	100	116	150	440	410	350	170	70	330	620	0	0	0	0	0	0	0	170
Y ₃	min.	40	20	45	45	15	15	25	30	5	10	40	0	0	0	0	0	0	0	30
Y ₄	min.	0,02	0,12	0,1	0,1	0,25	0,6	0,4	1,6	0,6	1,3	4,5	30	26	38	0	0	0	0	0,7
Y ₅	min.	0,3	0,4	0,35	1,1	0,6	1,23	1,0	0,25	0,05	1,0	2,5	12	18	0	0	0	0	0	0,6
Y ₆	maks.	25	50	110	110	68	100	150	240	200	0	5	0	0	0	0	0	0	0	50
Y ₇	maks.	14	25	40	60	60	60	70	90	40	80	170	950	950	0	0	0	0	0	60
Y ₈	min.	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Y ₉	min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Y ₁₀	maks.	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Y ₁₁	maks.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	3
Y ₁₂	fiks.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0,5
Y ₁₃	fiiks.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5
Y ₁₄	fiiks.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		0,70	0,76	0,80	0,55	1,6	0,85	0,70	0,95	0,38	4,2	2,07	1,0	1,6	0,14	0,46	4,50			

Zahtjevi ili ograničenja

Prije nego što se pristupilo rješavanju simpleks tabela odnosno problema koji su postavljeni, izrađene su takozvane Q-tabele. Iz tih tabela vidjelo se da je, na osnovu postavljenih zahtjeva ili ograničenja i hranidbene vrijednosti izbornih sirovina, moguće dobiti optimalna rješenja problema za svih devet smjesa. Opet, samo primjera radi, ovdje dajemo Q-tabelu za smjesu »Starter za telad« (tabela 5), sa najnužnijim objašnjenjima.

Treba napomenuti da je ovu Q-tabelu potrebno uvijek izraditi, kako se ne bi upuštali u nepotreban rizik da ne dobijemo optimalno rješenje.⁸

Tabela 5 — (Q-tabela) Minimalni odnosi izračunati za simpleks tabelu smjese »Starter za telad«

Vrsta sirovine	Minimalni zahtjevi				Fosfor ukupni
	Krmne jedinice	Surovi proteini	Mast	Kalcijum	
Kukuruz-zrno	0,81	2,0	0,75	35,0	2,0
Ječam-zrno	0,92	1,7	1,5	5,83	1,5
Zob-zrno	1,1	1,46	0,66	7,0	1,71
Pšenične mekinje	1,37	1,13	0,66	7,0	0,63
Sojina sačma 44	0,91	0,38	2,0	2,8	1,0
Suncokretova sačma 41	1,82	0,41	2,0	1,16	0,47
Lucerkino brašno 17	1,83	1,0	1,0	0,43	2,4
Suhi repini rezanci	1,47	2,42	6,0	1,16	12,0
Mlijeko u prahu	0,94	0,51	3,0	0,53	0,6
Riblje brašno	∞	0,27	0,75	0,15	0,24
Koštano brašno	∞	∞	∞	0,023	0,005
Dikalcijev fosfat	∞	∞	∞	0,026	0,003
Stočna kreda	∞	∞	∞	0,018	∞

Napomene: Ovi minimalni odnosi izračunati su na taj način što su vrijednosti za minimalne zahtjeve naznačenih pet komponenti u simpleks tabeli smjese »Starter za telad« dijeljene sadržajem tih istih komponenti u potencijalnim sirovinama. Tako je minimalni zahtjev za krmne jedinice — 1,1 dijeljen sadržajem krmnih jedinica u kukuruzu-zrno, na primjer, odnosno sa 1,35 i dobijen minimalni odnos —0,81 (što znači da bi trebalo 0,81 kg kukuruza-zrno ako bi se cjelokupan minimalni zahtjev za koji u smjesi htio podmiriti iz te iste sirovine).

Brojke ofisnute masno predstavljaju najmanje vrijednosti u jednoj vrsti a brojke štampane koso i vrtikalnim iscertkanim linijama predstavljaju vrijednosti približne najmanjim u toj istoj vrsti.

U ovoj i u svim ostalim simpleks tabelama za komponirane smjese bila je u svakoj koloni makar jedna uokvirena brojka, što znači da su dati zahtjevi ili ograničenja i raspoložive sirovine dopuštale optimalna rješenja.

Oznake za beskonačne vrijednosti »∞« nisu od interesa, jer ne predstavljaju nikakovu zapreku za dobijanje optimalnog rješenja.

O ovome detaljnije vidjeti u knjizi Slavka Dobrenića: Linearno programiranje u privrednoj organizaciji, str. 133-135 i 138-139, Informator, Zagreb, 1966.

Ukupno je komponirano šest smjesa:

1. Starter za telad
2. Grover za telad
3. Krave muzare I (12% surovih proteina)
4. Krave muzare II (18% surovih proteina)
5. Tov goveda I (13% surovih proteina)
6. Tov goveda II (7% surovih proteina)

Izrađeno je, međutim, devet simpleks tabela (pa prema tome dobijemo i devet optimalnih rješenja), jer su smjese »Krav-muzare I«, »Tov goveda I«

⁸ Dosta grubo, informacije koje pruža Q-tabela mogu se dobiti i na taj način da se izvrši uvid u vrijednost datog minimalnog zahtjeva i u sadržaj te komponente u ponuđenim sirovinama. Ako nijedna sirovina ne sadrži makar taj minimalno traženi obim ograničenja (a potrebno je da sadrži i znatno više), jasno je da se optimalno rješenje neće moći dobiti.

i »Tov goveda II« imale i svoje »A« varijante. Za te varijante svi zahtjevi i ograničenja bili su isti kao i za osnovne smjese. Razlika se odnosila samo na proširenu sirovinsku bazu sa kukuruzom klip, kukuruzom-klip i melasom i samo sa melasom (vidi tabelu 1).⁹

II REZULTATI KOMPONIRANJA SMJESA ZA GOVEDA POMOĆU SIMPLEKS METODA I ANALIZA TIH SMJESA

U tabeli 6 dat je pregled sirovinskog sastava smjesa za goveda dobijen pomoću simpleks metoda i cijene 1 tone tih sastava, a u tabeli 7 uporedni pregled postavljenih zahtjeva ili ograničenja (minimalnih i maksimalnih) i dobijenih vrijednosti u optimalnim rješenjima problema (hranjivih komponenti, mineralnih materija i samih sirovina).

Nakon što su sve sirovine, koje su ušle u sastav pojedinih smjesa, zaokružene na jednu decimalu, pristupilo se njihovom testiranju. Utvrđeno je da su u svim smjesama i nakon zaokruživanja svi minimalni zahtjevi zadovoljeni te da nigdje nije prekoračeno nijedno maksimalno ograničenje.

U optimalnom rješenju smjese »Grover za telad« bilo je, između ostalih sirovina, zastupljeno i po 0,2% suncokretove sačme 41 i koštanog brašna. Da bi se izbjegli dodatni troškovi manipulisanja ovim sirovinama prilikom miješanja pokušalo se je korigovanjem optimalnog rješenja na taj način što su povećane postotne zastupljenosti suncokretove sačme 35 sa 21,6 na 21,8% i stočne krede sa 2,6 na 2,8%. Testiranjem tako korigovanih vrijednosti postotnog udjela pojedinih sirovina u smjesi pojavila se samo neznatna razlika u zastupljenosti fosfora ukupnog (umjesto 0,6 traženih grama kao minimuma dobijeno je 0,57). To, međutim, ne predstavlja nikakav ozbiljniji nedostatak smjese.

Tabela 6 — Sirovinski sastav smjesa dobijenih pomoću simpleks metoda (u postocima)

Vrsta sirovine	Vrsta smjese					
	Smjese za telad		Smjese za muzare		Smjese za tovnna goveda	
	Star.	Grov.	I	II	I	II
Kukuruz-zrno	54,6	58,1	60,7	56,4	59,2	67,3
Pšenične mekinje	16,6	16,3				
Sojina sačma 44	3,0					
Suncokretova sačma 41	16,0					
Suncokretova sačma 35		21,8	15,6	37,1	19,1	
Suhi repinji rezanci			19,8	3,2	18,4	25,6
Mlijeko u prahu	6,0					
Urea						2,5
Koštano brašno			2,9	1,3	2,3	3,6
Stočna kreda	2,8	2,8		0,5		
Sočna sol	0,5	0,5	1,0	1,0	0,5	0,5
Premiks	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5
Ukupno	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Cijene u din za 1 tonu	938,0	676,0	643,0	693,9	658,2	657,9

⁹ Linearni programi za smjese rješeni su uz pomoć kompjutara ZUSSE-23 poduzeća »Energo-invest« u Sarajevu (Elektronski računski centar, Ilidža-Stup).

Napomene: Za smjesu »Krave muzare IA« dobijeno je potpuno isto optimalno rješenje kao i za smjesu »Krave muzare I«, a za smjese »Tov goveda IA« i »Tov goveda IIA« potpuno ista optimalna rješenja kao i za smjese »Tov goveda I« i »Tov goveda II«.

Tabela 7 — Zastupljenost pojedinih komponenti i sirovina u optimalnim rješenjima smjesa u odnosu na postavljene zahtjeve ili ograničenja

Zahtjevi ili ograničenja	Jed. mjere	Vrsta smjese					
		Smjese za telad		Smjese za muzare		Smjese za tov	
		Star-ter	Grover	I	II	I	II
Krmne jedinice	jed.	+0,1	0	0	0	0	0
Surovi proteini	gr.	0	0	0	0	0	+5,1
Mast	gr.	+2,8	+6	x	x	+2,2	+1,1
Kalcijum	gr.	+0,55	+0,37	+0,27	0	+0,88	+0,45
Fosfor ukupni	gr.	+0,22	-0,03	0	0	0	0
Celuloza	gr.	0	0	-12	-14	-1,8	-1,7
Pepeo	gr.	0	0	x	x	x	x
Sojina sačma	%	0	x	x	x	x	x
Mlijeko u prahu	%	0	x	x	x	x	x
Pšenične mekinje	%	x	x	-8	-8	x	x
Suhi repini rezanci	%	-5	-8	x	x	-11,6	-4,4
Riblje brašno	%	-2	x	x	x	x	x

Napomena: Znakom »+« označene su količine iznad traženog minimuma, znakom »-« neispunjene količine do ograničenog maksimuma a znakom »0« nepostojanje razlika (što znači da je zahtjevu u potpunosti udovoljeno ili da je ograničenje u cjelini ispunjeno). Znakom »x« označeno je nepostojanje zahtjeva ili ograničenja u smjesama u odnosu prema datoj komponenti smjese.

Iz tabele 7 vidi se da ne postoje značajnija odstupanja ni u jednoj komponenti smjese dobijene kao optimalno rješenje u odnosu prema postavljenim zahtjevima ili ograničenjima. Ovo se posebno odnosi na višak krmnih jedinica (samo 0,1 kod »Startera za telad«) i surovih proteina (samo 5,1 gram viška kod smjese »Tov goveda II«). Neznatan višak masti pojavio se skoro u svim smjesama u kojima je tražena njena minimalna zastupljenost. Maksimalno ograničenje za celulozu ispunjeno je samo u smjesama »Starter za telad« i »Grover za telad« dok su u ostalim smjesama razlike do ograničenog maksimuma manje više osjetne. Maksimalno ograničenje za pepeo ispunjeno je u dvije iste smjese. U svim smjesama kalcijum je zastupljen u neznatnom višku. Ukupni fosfor zastupljen je u neznatnom višku u smjesi »Starter za telad« i u neznatnom manjku u smjesi »Grover za telad«.

O cijenama sirovinskog sastava smjesa bit će više riječi u analizi uporedne vrijednosti smjesa komponiranih pomoću simpleks metoda i na klasičan način.

UPOREDNA VRIJEDNOST SMJESA ZA GOVEDA KOMPONIRANIH POMOĆU SIMPEKS METODA I NA KLASIČAN NAČIN

U tabeli 8 dat je uporedni pregled sirovinskog sastava za pet od ukupno šest komponiranih smjesa,¹⁰ u tabeli 9 dat je uporedni pregled sadržaja pojedinih komponenti u smjesama komponiranim pomoću simpleks metoda i na klasičan način, a u tabeli 10 dat je uporedni pregled cijena 1 tone sirovinskog sastava tih istih pet smjesa komponiranih pomoću simpleks metoda i na klasičan način.

¹⁰ Smjesa označena kao »Tov goveda II« ranije nije proizvedena u mješaoni na koju se ova analiza odnosi.

Iz tabele 8 vidi se da smjese komponirane pomoću simpleks metoda sadrže manji broj sirovina od smjesa komponiranih na klasičan način (razlike nema samo kod smjese »Tov goveda I«). Tako je kod smjese »Grover za telad« u optimalno rješenje dobijeno pomoću simpleks metoda ušlo samo šest sirovina u odnosu prema 10, a kod smjese »Starter za telad« osam umjesto jedanaest. Kao izvor krmnih jedinica u svim smjesama poslužio je uglavnom kukuruz-zrno (zastupljen u svim smjesama s osjetno većim postotkom u odnosu prema onim komponiranim na klasičan način), a kao izvor surovih proteina pšenične mekinje i sačme.

Iz tabele 9 vidi se da su u svim smjesama osim u smjesi »Grover za telad« krmne jedinice bile zastupljene u većem obimu (kod smjese »Krave muzare II« čak za čitavih 0,20 jedinica) u odnosu prema smjesama komponiranim na klasičan način. To međutim nije bio slučaj kod surovih proteina (izuzev kod smjesa »Krave muzare II« i »Tov goveda I«), ali jeste kod masti (osim kod smjese »Starter za telad«). Kod kalcijuma, fosfora ukupnog, celuloze i pepela situacija se ne može uopštavati. Ali treba i ovdje naglasiti da se pozitivne razlike u korist smjesa komponiranih na klasičan način ne mogu smatrati posebnom prednošću i to radi toga što se je inače radilo o višku (kalcijum i fosfor) ili o nedostatku (celuloza i pepeo) tih komponenti.

Općenito se može reći da su smjese, komponirane pomoću simpleks metoda, u svakom pogledu izbalansiranije.

Tabela 8 — Uporedni pregled sirovinskog sastava smjesa komponiranih na klasičan način i pomoću simpleks metoda

Vrsta sirovine	Vrsta smjese									
	Smjese za telad				Smjese za muzare				Tov goveda I	
	Starter		Grover		I		II			
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Kukuruz-zrno	42,5	54,6	49,6	58,1	37,0	60,7	33,0	56,4	57,0	59,2
Ječam-zrno			8,0							
Zob-zrno	13,0		10,0				6,0			
Pšenične mekinje	12,0	16,6	10,0	16,3	30,0		34,5			
Sojina sačma 44	15,0	3,0	10,0							
Suncokret. sačma 41	2,5	16,0								
Suncokret. sačma 35			8,0	21,8	30,0	15,6	11,0	37,1	20,0	19,1
Lucerkino brašno 17	2,5									
Suhi repini rezanci						19,8	13,0	3,2	20,0	18,4
Mlijeko u prahu	10,0	6,0								
Koštano brašno	1,0		1,7		0,5	2,9	1,0	1,3	1,0	2,3
Stočna kreda	0,5	2,8	1,8	2,8	1,5		0,5	0,5		
Stočna so	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0	0,5
Premiks za telad	0,5	0,5	0,4	0,5						
Premiks za goveda							0,5	0,5	1,0	0,5

Napomene: Smjese koje ovdje nisu naznačene nisu ni bile proizvođene u mješaoni (komponirane na klasičan način).

Vrijednosti u potkolonama 1 odnose se na smjese komponirane na klasičan način a u potkoloni 2 na smjese komponirane pomoću simpleks metoda.

Tabela 9 — Uporedni pregled hranidbene vrijednosti smjesa komponiranih na klasičan način i pomoću simpleks metoda

Komponenta	Jed. mjere	Vrsta smjese									Tov govoda I					
		Smjese za telad			Smjese za muzare			II			I					
		Starter			Grover			I			II					
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Krmne jedinice	jed.	1,13	1,20	+0,07	1,14	1,10	-0,04	0,99	1,10	+0,11	0,99	1,10	+0,11	0,94	1,10	+0,16
Surovi proteini	gr.	183	170	-13	154	150	-4	182	120	-62	127	180	+53	118	130	+12
Mast	gr.	33	33	0	34	36	+2							28	29	+1
Kalcijum	gr.	1,20	1,25	+0,05	1,66	1,17	-0,49	0,94	1,07	+0,13	0,65	0,80	+0,15	4,94	0,88	-4,06
Fosfor ukupni	gr.	0,71	0,82	+0,11	0,74	0,57	-0,17	0,80	0,70	-0,10	0,71	0,70	-0,01	2,03	0,65	-1,38
Celuloza	gr.	57	50	-7	57	65	+8	87	78	-9	89	76	-13	44	80	+36
Pepeo	gr.	39	60	+21	66	60	-6									

Na p o m e n a : Vrijednost u potkolonama 1. odnose se na smjese komponirane na klasičan način, u potkoloni 2. na smjese komponirane pomoću simpleks metoda a u koloni 3. date su razlike između ove dvije dobijene vrijednosti. Oznakom »+« (plus) označene su razlike u korist smjesa programiranih pomoću simpleks metoda a oznakom »-« (minus) razlike u korist smjesa programiranih na klasičan način.

Tabela 10 — Uporedni pregled cijena sirovinskog sastava smjesa komponiranih pomoću simpleks metoda i na klasičan način

Vrsta smjese	Način komponiranja		Razlika (3—2)
	Klasičan	Simpleks metod	
u dinarima za 1 tonu			
1	2	3	4
Starter za telad	1.207,9	938,0	—269,9
Grover za telad	796,4	677,6	—118,8
Krave muzare I	645,7	643,0	— 2,7
Krave muzare II	764,4	693,9	— 70,5
Tov goveda I	659,6	658,2	— 1,4

Kao što se iz tabele 10 vidi, kod svih smjesa komponiranih pomoću simpleks metoda postignuta je niža cijena u odnosu na te iste smjese komponirane na klasičan način. Kod prve dvije smjese ta razlika je vrlo značajna.

Rezultati ovih, kao i niza drugih, istraživanja potvrđuju činjenicu da je negativna razlika u cijeni sirovinskog sastava smjesa komponiranih pomoću simpleks metoda u odnosu prema smjesama komponiranim na klasičan način tim veća ako su u pitanju smjese s većim izborom sirovina i većim brojem zahtjeva ili ograničenja. Iz toga je lako zaključiti da je iskusnom tehnologu moguće dosta uspješno komponirati smjesu i na klasičan način ako je ona jednostavnija obzirom na spomenute okolnosti.

ZAKLJUČAK

Na osnovu uporedne analize smjesa za goveda komponiranih pomoću simpleks metoda i na klasičan način moguće je zaključiti sljedeće:

1. Simpleks metod linearnog programiranja u v i j e k daje bolje i jeftinije rješenje od rješenja koje se dobije na klasičan način komponiranja smjesa.

2. Uštede koje se primjenom simpleks metoda u komponiranju smjesa postižu, sve su veće što su smjese koje treba komponirati složenije (predstarteri, starteri, groveri i sl.)

3. Izrađeni primjeri pokazuju da nema tehničkih teškoća za brzo uvođenje tehnologa i ekonomista u gospodarstvima u ovu problematiku ako se problemi rješavaju u kompjutorima.

Literatura:

1. Čepon, S., Konjar, M.: Neki rezultati primene linearnog programiranja u sastavljanju krmnih smeša i obroka, referat održan na redovnoj godišnjoj skupštini SPITJ u Sarajevu od 23—24. maja 1968. godine.
2. Dent, B. J., Casey, H.: Linear Programming and Animal Nutrition, Crosby Lockwood and Son Ltd., First Published, London, 1967.
3. Dobrenić, S.: Linearno programiranje u privrednoj organizaciji, str. 131—147, Informator, Zagreb, 1966.

4. Heady, O. E., Candler, W.: Linear Programming Methods, str. 131—145, The Iowa University State Press, Third printing Ames, 1963.
5. Kamenečki, F.: Rezultati primjene metoda linearnog programiranja na utvrđivanje troškova ishrane, Savremena poljoprivreda, god. IX, br. 12, str. 1280—1286, Novi Sad, 1961.
6. Kamenečki, F., Martić, Lj.: Određivanje najniže moguće cijene stočnog obroka metodom linearnog programiranja, Stočarstvo, god. XV, br. 5—6, str. 243—253, Zagreb, 1961.
7. Katzman, I.: Solving Feed Problems Trough Linear Programming, Journal of Farm Economics, Vol. 38, N. 2, str. 420—429, Menasha (Wisconsin), 1956.
8. Mc Alexander, H. R., Hutton, F. R.: Determining Least-Cost Combination, Journal of Farm Economics, Vol. 39, N. 4, str. 936—941, Menasha (Wisconsin), 1957.
9. Mulić, J.: Minimizacija troškova ishrane muznih krava pomoću simpleks metoda sa vještačkom bazom, Dokumentacija za tehnologiju i tehniku u poljoprivredi, sveska 7/67., separat 63, Beograd, 1967.
10. Novinšek, J.: Neki rezultati upotrebe savremenih metoda optimalizacije u poljoprivredi, Dokumentacija za tehnologiju i tehniku u poljoprivredi, sveska 9/67, separat 77, Beograd, 1967.
11. Reisch, E.: Die Lineare Programmierung in der landwirtschaftlichen Betriebswirtschaft, BLV Verlagsgesellschaft, München—Basel—Wien, 1962.
12. Swanson, R. E.: Solving Minimum-Cost Feed Mix Problems, Journal of Farm Economics, Vol. 37, N. 1, str. 135—139, 1955.
13. Waugh, V. F.: The Minimum Cost Dairy Feed, Journal of Farm Economics, Vol. 33, N. 3, str. 399—310, 1951.
14. Wainschenck, G.: Die Optimale Organisation des landwirtschaftlichen Betrieb, str. 102—108, Verlag Paul Parey, Hamburg-Berlin, 1964.

ZAKLJUČAK

Na osnovu uporedne analize smjese sa govoda kombiniranih pomoću simpleks metoda i na klasičan način moguće je zaključiti sljedeće:

1. Simpleks metod linearnog programiranja u velikoj mjeri daje bolje i lakše rješenje od rješenja koje se dobije na klasičan način kombiniraju smjese.

2. Metode koje se primjenom simpleks metoda u kombiniraju smjese postaju sve su veće što su veće što su smjese koje treba kombinirati složenije (npr. stariji stariji goveći i sl.).

3. Izvršeni primjeni pokazuju da nema razumljivih razlika za prve dva dječje tehnološke i ekonomista u gospodarenju u ovom području ako se problemi rješavaju u kombiniraju.

LITERATURA

1. Čopar, Z., Karić, M.: Neki rezultati primjene linearnog programiranja u stvarjanju krmnih smjese i obroka za goveda od različitih kategorija stajanja SPIT u Sarajevu od 22—23. maja 1966. godine.
2. Dore, B. J., Casey, H.: Linear Programming and Animal Nutrition, Crosby Lockwood and Sun Ltd., First Published London 1957.
3. Dobran, S.: Linearno programiranje u poljoprivredi, organizacija, str. 111—117, Informator, Zagreb, 1966.