

UDK 811.163.6'342.41

Peter Jurgec

Inštitut za slovenski jezik Frana Ramovša v Ljubljani

FORMANTNE FREKVENCE SAMOGLASNIKOV V TONEMSKI IN NETONEMSKI STANDARDNI SLOVENŠČINI

V članku so predstavljene formantne frekvence samoglasnikov standardne slovenščine, kot jih govori pet tonemskih in pet netonemskih govorcev v izoliranih besedah. Rezultati in statistična analiza kažejo na dve vrsti razlik med obema skupinama: (1) pri tonemskih govoricah imata srednja visoka samoglasnika višji F1, kratki [a] pa precej nižjega (je centraliziran). (2) Pri tonemskih govoricah se akutirani, cirkumflektirani in kratki samoglasniki posameznega fonema v večini primerov statistično razlikni. V akustičnem smislu je to predvsem posledica razlik v osnovni frekvenci in jakosti, deloma pa tudi trajanja oz. fonetične redukcije. Tega v netonemski standardni slovenščini ni.

The article presents formant frequencies of Standard Slovenian (SS) vowels as spoken by five tonal and five non-tonal speakers in citation form. The results and subsequent analysis of variance indicate two types of differences between both groups. In the tonal SS, [+ATR] mid vowels have higher F1, and short [a] has considerably lower F1. Secondly, acute, circumflex, and short vowels of all phonemes are more dispersed in the tonal SS, the differences being statistically significant in most cases. This is a by-product of fundamental frequency and intensity distinctions in the two tones, and of duration/centralization effects in quantity contrast. These phenomena do not occur in the non-tonal SS.

Ključne besede: akustična fonetika, formanti, formantne frekvence, nadsegmentne lastnosti, ton, tonem, slovenščina

Key words: acoustic phonetics, formant frequencies, suprasegmentals, tone, Slovenian

1 Uvod¹

Fonetične raziskave tonemov so ponavadi akustične študije osnovne frekvence, jakosti (ali amplitude), trajanja in fonacije. Spektralne značilnosti v obliki formantnih frekvenc² so zanje drugotnega pomena in jih zanemarjajo. Formantne frekvence,

¹ Za pomoč se zahvaljujem Vesni Mildner, Mateji Blas in sodelujočim govorcem. Vse preostale morebitne napake so moje. Predhodne različice tega besedila oz. njegovi deli so bili predstavljeni na konferenci *Between stress and tone (BeST)* v Leidnu 16. in 17. junija 2005 in na *International conference of language variation in Europe (ICLaVE 3)* v Amsterdamu 24. junija 2005. – Besedilo je bilo pripravljeno z vnašalnim sistemom ZRCola, ki ga je na Znanstvenoraziskovalnem centru SAZU v Ljubljani (<http://www.zrc-sazu.si>) razvil Peter Weiss.

² Terminološka opomba za slovensko različico članka. Izraz *formant* je v slovenski jezikoslovni fonetiki razen frekvenčnega pasu z visoko koncentracijo akustične energije tudi kar vrh tega pasu oz. ponekod tudi vrhu najbližja harmonska frekvenca (v literaturi označena kot A_n). Namesto tega uporabljam besedno zvezo *formantna frekvenca*, ki mi pomeni frekvenco z relativno najvišjo amplitudo v določenem frekvenčnem območju (tj. lokalni maksimum formanta). Za natančnejšo definicijo gl. Jurgec 2005b: 129. Prim. še *pasovna širina formanta*. – V angleški rabi se za oznako določene skupine tonskih jezikov, torej tistih z leksikalnim tonom (švedščina, hrvaščina/srbščina, pa tudi slovenščina) uporablja izraz *pitch accent*. V slovenščini je v rabi *tonem*, ki prav tako označuje ton določene leksikalne enote. Tu iz tipoloških

pasovne širine in spektralne značilnosti pa so v prvi vrsti povezane s kvaliteto samoglasnikov (npr. odvisnost odprtostne stopnje in F1), nanje pa vpliva tudi naglašenost (Sluijter in Van Heuven 1996). Dobro je raziskana odvisnost formantnih frekvenc od trajanja (samoglasnikov), fonetične redukcije (oz. učinka *undershoot* oz. podhranjenosti), načina govora in hitrosti (npr. Lindblom 1963, Gay 1978, Tuller idr. 1982, Miller 1989, Engstrand 1988, Bakran 1989, Fourakis 1991, Van Son in Pols 1992, Moon in Lindblom 1994, Fourakis idr. 1999, Pitermann 2000, Erickson 2002 in Jurgec 2005cč za slovenščino), spola govorca in osnovne frekvence (Murry in Singh 1980, Assmann in Nearey 1987, Childers in Wu 1991, Wu in Childers 1991, Simpson 2001 in Jurgec 2005b). V študijah formantnih frekvenc jezikov z leksikalnim tonom so posamezne kombinacije nadsegmentnih lastnosti enega fonema predstavljene posebej (gl. Bakran 1989 ali Lehiste in Ivić 1963: 84 za hrvaščino/srbščino).

V nadaljevanju bom obravnaval prav soodvisnost tona in formantnih frekvenc. Predpostavljamo, da leksikalni ton do določene mere vpliva na formantne frekvence, kar je lahko pogojeno z razlikami v osnovni frekvenci in intenziteti. Slovenščina je kot primer jezika s tonemskimi in netonemskimi narečji in takima različicama standarda za tovrstne raziskave nadvse primerna.

Pri primerjanju formantnih frekvenc obeh različic standardne slovenščine (SS) se bodo pokazale še druge razlike, ki niso strogo akustične kot opisano zgoraj, ampak prej pogojene z drugimi fonetičnimi (npr. izvor govorca) ali fonološkimi značilnostmi. Te bodo seveda upoštevane, vendar so tu drugotnega pomena; sama narava jezikovnega gradiva (gl. razdelek 2) namreč onemogoča, da bi v celoti izločili druge spremenljivke.

2 Metoda

Za natančnejši opis govorcev, postopka, obdelave, splošnejše rezultate in drugo gl. Jurgec 2005b. – Povzetek: Upoštevajoč nadsegmentne spremenljivke in uravnoteženi segmentni kontekst je bilo izbranih 241 eno-, dvo- in trizložnic standardne slovenščine.³ V naključnem vrstnem redu so se ponovile dvakrat, z računalniškega zaslona (predstavitev power point) pa jih je izolirano prebralo 10 naravnih govorcev slovenščine, reprezentativnih po spolu (5 žensk in 5 moških), prisotnosti/odsotnosti leksikalnega tona (5 tonemskih in 5 netonemskih govorcev), starosti (povpr. starost 35 let), geografski kriterij pa je bil nekoliko v prid osrednji Sloveniji. Snemanje je potekalo v studiu oddelka za fonetiko v Zagrebu marca in aprila 2004 ter v studiu radia Slovenija v juniju 2004 (1 govorec). Snemanje je bilo digitalno s frekvenco vzorčenja 44,1 kHz in 16-bitno kvantizacijo v enokanalnem načinu (mono). 5.960

razlogov uporabljam izraza *ton* in *leksikalni ton*, večinoma pa ohranjam uveljavljeni pridevnik *tonemski*. V slovenščini je fonološko razlikovalni ton namreč vezan na prozodično besedo kot najmanjšo enoto, v kateri se lahko realizira; vsaka prozodična beseda ima torej natančno en leksikalni ton. Za odprtostne stopnje samoglasnikov uporabljam ti štiri oznake: nizki, srednji nizki, srednji visoki in visoki. Za pojasnilo o tem gl. Jurgec 2005c, opomba 2.

³ Seznam besed je na voljo pri avtorju.

izbranih samoglasnikov sem analiziral s programom *Praat* (različice 4.2 do 4.2.14). Z LPC-analizo (pri privzetih nastavitvah, tj. s 5 stopnjami v 5,5 kHz za ženske oz. 5,0 kHz za moške ter oknom 25 ms s korakom 6,25 ms, če je bilo le mogoče) so bili odčitani prvi štirje formanti, in sicer tako, da je bilo odčitano stabilno stanje vsakega posameznega formanta, pri tranzientskih formantih povprečna vrednost, pri samoglasnikih kratkega trajanja pa največkrat srednja točka po trajanju. Nejasni primeri so bili izločeni; skupno je bilo izmerjeno 21.220 formantnih vrednosti, kar pomeni, da je bilo zaradi različnih razlogov izločenih 4,59 % odčitkov. Izmerjene in upoštevane formantne vrednosti so bile nato statistično obdelane, posebej je bila narejena analiza variance (ANOVA).

3 Rezultati

Rezultati meritev so razvrščeni v skupine glede na nadsegmentne lastnosti (akutirani, cirkumfektirani in kratki samoglasniki)⁴ in glede na govorce (tonemski in netonemski). V vsaki skupini sem izračunal povprečno vrednost, standardni odklon (SO), število enot v vzorcu in interval zaupanja. Velikost vzorca v posamezni kombinaciji precej variira, kar je posledica (1) fonološke distribucije in omejitev, (2) dejanske uresničitve v besedju in (3) izločenih primerov zaradi neprimerne izgovarjave oz. fonetičnih razlogov. Podatki so predstavljeni v prikazih 1 in 2. Na tem mestu so prikazani vsi podatki za F1–F4, medtem ko sem se v nadaljevanju omejil le na F1 in F2 predvsem zaradi artikulacijskega pomena obeh formantov, in ker so višje formantne frekvence bolj podvržene drugim vplivom (npr. individualnim značilnostim ali razliki v spolu).

Osnovnih razlik med obema skupinama govorcev je več: povprečja posameznih fonemov (ne glede na nadsegmentne lastnosti) se precej razlikujejo pri srednjih visokih /e/ in /o/, ki imata nižji F1 pri tonemskih govorcih, medtem ko je ta pri /ɔ/ nekoliko višji. Kratki [a] je pri tonemskih govorcih centraliziran in ima precej nižji F1, kar je izjemno znotraj samoglasnikov govorcev te skupine in na sploh. Tonemski govorci imajo pri /u/ v povprečju le nekoliko nižji F1.

SO je v povprečju enak v obeh različicah SS. Koeficient SO je 11,22 % pri netonemskih govorcih in 10,55 % pri tonemskih, hkrati pa SO precej variira glede na fonem. O tem gl. dalje razdelek 4.

Primerjava kombinacij nadsegmentnih lastnosti posameznega fonema pa pokaže bistvene razlike med obema različicama SS. Akutirani, cirkumfektirani in za večino fonemov tudi kratki samoglasniki se med seboj veliko bolj razlikujejo v formantnih frekvencah tonemske SS v primerjavi z netonemsko. To je jasno vidno v prikazu 2, kjer so prozodične kombinacije tonemskih govorcev označene s praznimi, netonemskih pa s polnimi simboli. Za ovrednotenje teh razlik sem naredil analizo variance (ANOVA) med posameznimi kombinacijami za F1 in F2. Pri F1 netonemskih govorcev ni

⁴ O razlogih za delitev in o razlikah v primerjavi s tradicionalno slovnico (Toporišič 2000 in predhodniki) gl. Jurgec 2005b: 128–131. Tu naj opozorim na uvrstitev /ə/ med akutirane in cirkumfektirane in ne kratke samoglasnike.

	/i/	/e/	/ɛ/	/a/	/ɔ/	/ɔ/	/o/	/u/
F1								
akut	274	357	564	731	492	587	393	304
	31,92 120 5,71	32,97 80 7,23	60,91 68 14,48	77,64 110 14,51	41,22 50 11,43	67,01 58 17,24	41,84 90 8,65	54,78 90 11,32
cirkumfleks	274	373	573	725	500	608	411	304
	26,57 120 4,75	41,48 120 7,42	69,34 108 13,08	75,35 120 13,48	39,19 118 7,07	56,52 80 12,38	41,49 120 7,42	42,66 119 7,67
kratki	283	/	591	661	/	623	/	327
	37,85 50 10,49		66,97 60 16,95	97,13 50 26,92		45,10 60 11,41		47,80 20 20,95
F2								
akut	2317	2310	1969	1262	1383	1004	769	827
	248,19 114 45,56	244,61 75 55,36	311,36 68 74,00	110,42 110 20,63	118,48 50 32,84	83,10 58 21,39	92,00 90 19,01	141,08 90 29,15
cirkumfleks	2293	2318	1850	1233	1350	1020	803	890
	274,94 117 49,82	235,07 116 42,78	291,94 108 55,06	103,17 120 18,46	143,67 118 25,92	76,49 80 16,76	83,75 120 14,98	156,97 118 28,32
kratki	2299	/	1819	1268	/	1042	/	857
	271,78 48 76,89		257,95 59 65,82	117,94 50 32,69		60,67 60 15,35		93,56 20 41,00
F3								
akut	2947	2839	2680	2650	2431	2689	2678	2533
	355,81 120 63,66	274,39 78 60,89	305,04 68 72,50	197,99 107 37,52	206,01 50 57,10	217,01 58 55,85	303,61 89 63,08	238,34 89 49,52
cirkumfleks	2916	2848	2640	2668	2554	2723	2706	2519
	340,42 117 61,68	261,70 116 47,62	329,12 108 62,07	194,19 120 34,75	195,58 118 35,29	241,68 79 53,29	243,38 118 43,91	253,81 119 45,60
kratki	2858	/	2607	2581	/	2627	/	2506
	335,77 47 95,99		225,99 60 57,18	283,17 49 79,29		190,75 59 48,67		211,68 20 92,77
F4								
akut	3836	3828	3884	3825	3719	3733	3591	3661
	380,30 111 70,75	363,90 78 80,76	450,37 66 108,65	371,66 108 70,09	348,04 50 96,47	309,98 58 79,78	379,54 88 79,30	407,23 88 85,08
cirkumfleks	3846	3846	3878	3853	3703	3772	3617	3629
	424,67 114 77,96	412,27 115 75,35	437,27 106 83,24	351,46 119 63,15	329,46 118 59,44	278,42 79 61,40	363,69 119 65,34	429,93 117 77,90
kratki	3796	/	3799	3763	/	3692	/	3573
	397,22 49 111,22		411,82 60 104,20	353,38 47 101,03		298,32 60 75,48		468,60 20 205,37

Prikaz 1: Povprečne vrednosti formantnih frekvenc (v Hz) za tonemske govorce glede na fonem, formant in kombinacijo nadsegmentnih lastnosti. Pod povprečji so navedeni standardni odklon, velikost vzorca in interval zaupanja ($\pm$ od povprečne vrednosti, stopnja tveganja je 0,05).

statistično značilnih razlik ($p < 0,05$) znotraj fonemov, drugače pa je pri tonemskih govoricah, kjer so statistično značilne razlike med akutiranimi in cirkumfektiranimi /e/ in /o/, pri fonemu /a/ pa je visoko značilna razlika med dolgimi in kratkimi (ampak ne med akutom in cirkumfleksom). Razlikovalnost pri /ɛ/ in /ɔ/ je manj pomembna, saj sta statistično značilni le najbolj oddaljeni nadsegmentni možnosti, tj. akut in kratki samoglasnik (ni pa razlike med akutom in cirkumfleksom in cirkumfleksom in kratkim).

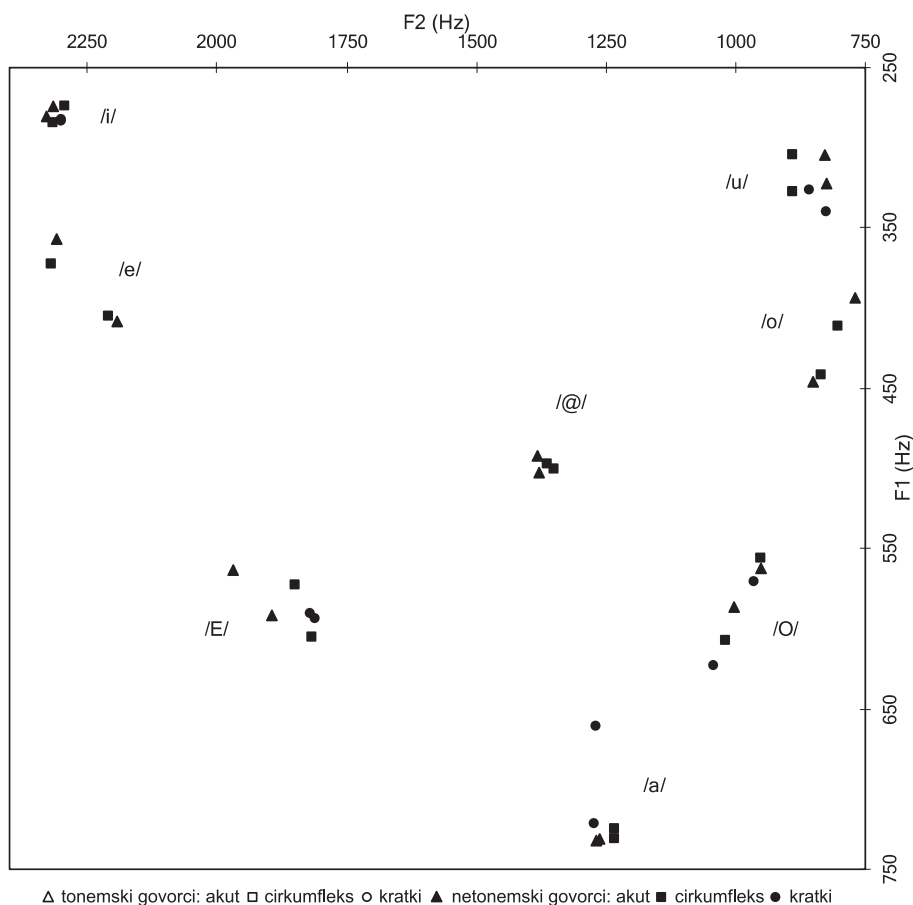
Pri F2 je stanje nekoliko drugačno. Statistično je značilne so naslednje razlike: (1) med obema tonemoma [ɛ], [a], [o] in [u], (2) med akutom in kratkim [ɛ] in [ɔ], (3) med cirkumfleksom in kratkim [a]. Pri slednjem je p-vrednost mejna. Če torej povzamem, kombinacije nadsegmentnih lastnosti [a] in obeh napetih samoglasnikov srednje

	/i/				/e/				/ɛ/				/a/				/ɔ/				/ɔ̃/				/o/				/u/			
F1																																
akut	280				408				592				732				502				563				446				322			
	31,58	120	5,65	62,27	78	13,82	124,17	69	29,30	109,18	110	20,40	62,62	50	17,36	55,70	49	15,60	65,55	88	13,70	38,63	90	7,98								
cirkumfleks	285				405				605				731				497				556				441				328			
	26,28	120	4,70	61,80	119	11,10	123,40	107	23,38	94,64	120	16,93	50,79	111	9,45	63,27	66	15,26	68,52	120	12,26	38,10	120	6,82								
kratki	283				/				594				722				/				571				/				340			
	24,84	50	6,88	112,25					49	31,43	95,61	50	26,50	47,46	44	14,02					39,97	20	17,52									
F2																																
akut	2330				2194				1895				1268				1378				950				852				824			
	225,55	120	40,36	226,47	78	50,26	198,89	69	46,93	99,55	110	18,60	164,25	50	45,53	75,91	49	21,25	141,89	88	29,64	152,16	90	31,44								
cirkumfleks	2316				2208				1816				1232				1361				951				833				889			
	204,12	119	36,67	242,49	118	43,75	197,12	106	37,53	99,16	120	17,74	152,24	111	28,32	84,13	66	20,30	117,51	120	21,03	181,72	119	32,65								
kratki	2299				/				1810				1271				/				965				/				824			
	204,88	50	56,79	162,37					49	45,46	114,54	50	31,75	92,95	44	27,47					158,84	19	71,42									
F3																																
akut	2951				2751				2711				2486				2530				2637				2589				2619			
	303,54	118	54,77	261,80	78	58,10	241,22	69	56,92	217,06	110	40,56	212,68	50	58,95	254,44	48	71,98	292,24	87	61,41	242,97	84	51,96								
cirkumfleks	2896				2757				2624				2542				2591				2625				2662				2603			
	255,20	118	46,05	267,61	119	48,08	249,55	107	47,28	211,81	119	38,06	174,71	111	32,50	224,26	65	54,52	305,76	119	54,94	252,05	115	46,07								
kratki	2885				/				2607				2479				/				2476				/				2588			
	271,64	49	76,06	236,45					49	66,20	212,31	48	60,06	224,34	43	67,05					264,92	20	116,11									
F4																																
akut	3729				3641				3843				3677				3651				3415				3437				3565			
	410,34	115	75,00	406,59	78	90,23	406,49	65	98,82	386,47	101	75,37	376,93	49	105,54	345,39	46	99,81	349,48	87	73,44	408,38	87	85,81								
cirkumfleks	3707				3660				3703				3723				3602				3469				3492				3507			
	430,46	117	78,00	449,10	117	81,38	437,68	105	83,72	388,39	110	72,58	354,36	109	66,52	302,25	59	77,12	369,57	118	66,68	427,54	119	76,82								
kratki	3691				/				3627				3663				/				3539				/				3573			
	414,09	49	115,94	397,12					47	113,53	367,36	45	107,33	408,21	41	124,95					326,40	20	143,05									

Prikaz 2: Povprečne vrednosti formantnih frekvenc (v Hz) za netonemske govorce glede na fonem, formant in kombinacijo nadsegmentnih lastnosti. Pod povprečji so navedeni standardni odklon, velikost vzorca in interval zaupanja ($\pm$ od povprečne vrednosti, stopnja tveganja je 0,05).

odprtostne stopnje [e] in [o] se v F1 in F2 razlikujejo statistično značilno, pri [ɛ], [ɔ̃] in [u] je razlika omejena. Pri [i] in [ɔ̃] pa so razlike samo naključne in torej ne statistično značilne. – Podrobni rezultati za F1 in F2 so v prikazu 4.

Pri netonemskih govorcih, kot že povedano, ni statistično značilnih razlik pri F1. Pri F2 pa jih najdemo, vendar le za [ɛ], [a] in [u] (gl. prikaz 5 za podrobnejše rezultate). Dalje o tem gl. razdelek 4.



Prikaz 3: Samoglasniški prostor F2/F1 posebej za tonemsko ter netonemsko SS.

4 Razprava in sklep

Formantne frekvence samoglasnikov v tonemski in netonemski standardni slovenščini so lahko v povezavi z akustično-fonetičnimi posledicami tona ali pa ne. V zvezi s slednjim lahko ugotovimo, da je razlika v F1 med srednjimi nizkimi in srednje visokimi samoglasniki veliko večja pri tonemskih govornikih. [e] in [o] sta bolj napeta ali artikulacijsko višja v tonemski slovenščini kot v netonemski, [ɔ] pa je nižji (v tem smislu je izjemen [ɛ], ki je pri tonemskih govornikih v povprečju višji). Na splošno velja, da ima v standardni slovenščini, kot jo govorijo v osrednjih narečjih in v Ljubljani, [+ATR] večji vpliv na samoglasniško kvaliteto, tako da znatno zniža F1 srednjih visokih samoglasnikov, kar pa lahko dopolnjuje tudi nasprotno zvišanje F1 srednje nizkih samoglasnikov. Ta zakonitost pa je v skladu z ugotovitvami eksperimentalne fonetike

fonem	F1				F2			
	tipi naglasov	df	F	p ($\alpha=,05$)	tipi naglasov	df	F	p ($\alpha=,05$)
/i/	akut in cirkumfleks	1, 238	,005	,942	akut in cirkumfleks	1, 229	,497	,481
	akut in kratki	1, 168	2,30	,131	akut in kratki	1, 160	,156	,694
	cirkumfleks in kratki	1, 168	2,68	,103	cirkumfleks in kratki	1, 163	,022	,882
/e/	akut in cirkumfleks	1, 198	8,43	<u>,004</u>	akut in cirkumfleks	1, 189	,055	,814
/ɛ/	akut in cirkumfleks	1, 174	,852	,357	akut in cirkumfleks	1, 174	6,67	<u>,011</u>
	akut in kratki	1, 126	5,64	<u>,019</u>	akut in kratki	1, 125	8,65	<u>,004</u>
	cirkumfleks in kratki	1, 166	2,48	,177	cirkumfleks in kratki	1, 165	,461	,498
/a/	akut in cirkumfleks	1, 228	,400	,528	akut in cirkumfleks	1, 228	4,21	<u>,041</u>
	akut in kratki	1, 158	23,71	<u><,00001</u>	akut in kratki	1, 158	,118	,731
	cirkumfleks in kratki	1, 168	21,01	<u><,00001</u>	cirkumfleks in kratki	1, 168	3,84	<u>,052</u>
/ə/	akut in cirkumfleks	1, 166	1,41	,237	akut in cirkumfleks	1, 166	2,04	,155
/ɔ/	akut in cirkumfleks	1, 136	4,04	<u>,047</u>	akut in cirkumfleks	1, 136	1,40	,239
	akut in kratki	1, 116	12,16	<u>,0007</u>	akut in kratki	1, 116	8,41	<u>,004</u>
	cirkumfleks in kratki	1, 138	3,01	,085	cirkumfleks in kratki	1, 138	3,54	,062
/o/	akut in cirkumfleks	1, 208	9,29	<u>,003</u>	akut in cirkumfleks	1, 208	7,86	<u>,006</u>
/u/	akut in cirkumfleks	1, 207	,000	,992	akut in cirkumfleks	1, 206	9,07	<u>,003</u>
	akut in kratki	1, 108	2,87	,093	akut in kratki	1, 108	,791	,376
	cirkumfleks in kratki	1, 137	4,55	<u>,035</u>	cirkumfleks in kratki	1, 136	,876	,351

Prikaz 4: Rezultati analize variance po fonemih in prozodičnih kombinacijah za F1 in F2 tonemskih govorcev SS. Stopnja tveganja je 0,05. Statistično značilne vrednosti so podčrtane, mednje p-vrednosti (0,035–0,055) pa so označene s prekinjeno črto.

za necentralne slovenske govore, prim. Ozbič 1998ab za standardno slovenščino, kot jo govorijo v Trstu, in Jurgec 2005a za govor Ovčje vasi.

Upoštevati je treba tudi dejstvo, da je razmerje po spolu med govorcii obeh skupin nekoliko drugačno: med tonemskimi govorcii so tri ženske govorke in dva moška, pri netonemskih pa je ravno nasprotno. Povprečni F0 ženskih govork je višji od moških, kar seveda posredno stopnjuje vpliva tudi na formantne frekvence. Tako je nekoliko povečan F2 pri tonemskih govorcii (npr. pri /ɛ/, /e/ in /i/) lahko posledica omenjenega, medtem ko je podoben vpliv pri F1 zanemarljiv.

Formantne frekvence so odvisne tudi od fonoloških dejavnikov. Razlikovalno trajanje samoglasnikov v standardni slovenščini je vsaj problematično (Srebot Rejec 1988, Peter idr. 1996), če ne že v celoti odpravljeno, vsaj v govoru Ljubljane in za večino govorcev jugozahodne in severovzhodne Slovenije. Hkrati je fonološko trajanje ohranjeno še na ravni nestandardnega govora v obliki fonološke redukcije, tj. kvalitativnih pojavov, ki pa se ji govorcii standardne slovenščine izogibajo, tako da so rea-

fonem	F1				F2			
	tipi naglasov	df	F	p ($\alpha=,05$)	tipi naglasov	df	F	p ($\alpha=,05$)
/i/	akut in cirkumfleks	1, 238	1,81	,179	akut in cirkumfleks	1, 237	,279	,598
	akut in kratki	1, 168	,371	,543	akut in kratki	1, 168	,695	,406
	cirkumfleks in kratki	1, 168	,211	,647	cirkumfleks in kratki	1, 167	,220	,640
/e/	akut in cirkumfleks	1, 195	,141	,708	akut in cirkumfleks	1, 194	,189	,665
/ɛ/	akut in cirkumfleks	1, 174	,483	,488	akut in cirkumfleks	1, 173	6,59	<u>,011</u>
	akut in kratki	1, 116	,012	,914	akut in kratki	1, 116	6,11	<u>,015</u>
	cirkumfleks in kratki	1, 154	,275	,600	cirkumfleks in kratki	1, 153	,043	,836
/a/	akut in cirkumfleks	1, 228	,009	,924	akut in cirkumfleks	1, 228	7,45	<u>,007</u>
	akut in kratki	1, 158	,321	,572	akut in kratki	1, 158	,018	,893
	cirkumfleks in kratki	1, 168	,308	,580	cirkumfleks in kratki	1, 168	4,77	<u>,030</u>
/ə/	akut in cirkumfleks	1, 159	,309	,579	akut in cirkumfleks	1, 159	,372	,543
/ɔ/	akut in cirkumfleks	1, 113	,340	,561	akut in cirkumfleks	1, 113	,0006	,980
	akut in kratki	1, 91	,559	,456	akut in kratki	1, 91	,671	,415
	cirkumfleks in kratki	1, 108	1,72	,192	cirkumfleks in kratki	1, 108	,670	,415
/o/	akut in cirkumfleks	1, 206	,216	,643	akut in cirkumfleks	1, 206	1,07	,303
/u/	akut in cirkumfleks	1, 208	1,06	,304	akut in cirkumfleks	1, 207	7,60	<u>,006</u>
	akut in kratki	1, 108	3,46	,066	akut in kratki	1, 107	,0005	,994
	cirkumfleks in kratki	1, 138	1,78	,184	cirkumfleks in kratki	1, 136	2,20	,140

Prizkaz 5: Rezultati analize variance po fonemih in prozodičnih kombinacijah za F1 in F2 netonemskih govorcev SS. Stopnja tveganja je 0,05. Statistično značilne vrednosti so podčrtane, mejne p-vrednosti (0,035–0,055) pa so označene s prekinjeno črto.

lizirani samoglasniki enotnega trajanja (Rigler 1968). Podatki, predstavljeni na tem mestu, potrjujejo le mejno značilna nasprotja med tradicionalno fonološko dolgimi in kratkimi samoglasniki, a še tu le pri /ɛ/ in /ɔ/ v F1 in F2 (gl. prikaza 4 in 5). Pri /a/ pa je centralizacija izrazita. V povprečju je F1 kratkih [a] nižji od dolgih kar za 67 Hz. To je visoko statistično značilno ($p < 0,0001$) kljub nekoliko povečanemu koeficientu SO (14,7 % za F1). Ta posebnost slovenskega /a/ v primerjavi z vsemi ostalimi fonemi je v skladu z ugotovitvami o trajanju v Petek idr. 1996, kjer je /a/ edini fonem z dovolj veliko razliko v trajanju. Pojavu zaenkrat še ni bilo posvečene dovolj pozornosti in tudi ni bil upoštevan s stališča pravorečja.

V zvezi z vplivom tona na formantne frekvence je zaznavno pozitivno ujemanje. Da bi potrdili uvodno predpostavko, bi bilo potrebno dokazati, (1) da obstajajo statistično značilne razlike v tonemski SS, (2) da teh v netonemski SS ni in (3) da tega ni mogoče pojasniti kako drugače, torej kot vpliv drugih dejavnikov.

Nadsegmentne (fonološke) lastnosti statistično značilno razlikujejo večino fonemov tonemske slovenščine (prikaz 1). Pri podrobnejši analizi (ANOVA, prikaza 4 in 5) sta brez takih razlik samo /i/ in /ɐ/. Slednji je fonetično (in fonološko) nevtralni samoglasnik, tako da odsotnost razlik samo zase ne nasprotuje predpostavljeneemu. Drugače stanja pri /i/ ne moremo pojasniti s stališča splošne fonetike, vendar pa splošni podatki o slovenščini in njenih formantnih frekvencah (Jurgec 2005bc, 2006) razkrivajo zanimivo lastnost slovenskega [i], na katerega naglas in položaj v besedi najmanj vplivata. Nasprotno je pri [u] zaznavna veliko večja stopnja variiranja; vpliv tona je le majhen, pomembnejši so drugi dejavniki, 2006 (Jurgec 2005 bc, 2006).

Pri netonemskih govorcih SS so razlike v F1 in F2 med prozodičnimi kombinacijami posameznega fonema manjše, kar je razvidno v prikazu 3 (npr. fonemi /e/, /o/, /ɛ/ in /a/) in dokazano s statistično analizo v prikazih 4 in 5. Pri F1 ni nobenih statistično značilnih razlik, so pa prisotne v F2, in sicer: akutirani [ɛ] se razlikuje od cirkumflektiranega in kratkega, kar velja tudi za cirkumflektirani [a]; pri [u] je ugotovljen statistično značilni F2 akuta in cirkumfleksa.

Razpršenost [ɛ] lahko iščemo v distribuciji obeh sprednjih srednjih samoglasnikov, ki sta povezana morfonološko, distribucija v standardni slovenščini pa precej odstopa od sodobne narečne in pogovorne prakse. Ko sta nenaglašena, fonema sovpadeta v en arhifonem (Lehiste 1961, Srebot Rejec 1988, 1998), ki se realizira kot [e] v prednaglasnem in [ɛ] v ponaglasnem položaju (gl. Jurgec 2005c za nadaljnje podatke). Takšno stanje potrjuje tudi visok koeficient SO obeh sprednjih srednjih samoglasnikov pri netonemskih govorcih: pri [ɛ] oz. njegovem F1 je koeficient SO 20,1 %, skoraj dvakratno povprečje, pri [e] je ta 15,3 % (F2 obeh samoglasnikov je preveč blizu, da bi lahko bistveno povečal SO). Čeprav so bili neveljavni, s stališča pravorečja napačni primeri izločeni (prim. manjši vzorec pri obeh fonemih v prikazu 2), je delna prekrivnost formantnih frekvenc mogoča in verjetna razlaga. SO je povečan tudi pri zadnjih srednjih samoglasnikih (čeprav manj kot pri sprednjih) in pri [ɛ] tonemskih govorcev (vendar ne pri [e]), ker kaže na splošno fonološko težnjo sodobne slovenščine. – Rezultati pri netonemskem [ɛ] so potemtakem precej nezanesljivi.

Koeficient SO je višji tudi pri [u] tonemskih in netonemskih govorcev (v povprečju nad 15 % pri F2), hkrati pa je presenetljivo razlikovanje med cirkumflektiranim [u] na eni strani in akutiranim in kratkim na drugi. Za večino samoglasnikov namreč velja, da je cirkumfleks bližje kratkim samoglasnikom kot akut, kar je v skladu s tradicionalno teorijo, ki ima kratke samoglasnike za cirkumflektirane. Ker je stanje podobno v obeh različicah SS, analiza očitno ne more pokazati kakšnih koli razlik, lahko pa zaključimo, da na formantne frekvence [u] vplivajo še drugi, tu ne obravnavani dejavniki, npr. centralizacija [u] znotraj besede, ki jo omenja npr. Toporišič (2000: 50). Na tem mestu enakomerne zastopanosti obeh tipov nismo mogli upoštevati. Podrobnejša študija omenjenega pojava še sledi.

Tudi pri [a] je zaznaven povečan koeficient SO pri akutiranih, manj pa pri cirkumflektiranih in kratkih. Razlog za to je lahko geografski: v substandardnem govoru severovzhodne Slovenije, od koder so kar trije govorci, ima (ponavadi edini) nizki

samoglasnik nižji F2, kar ponekod dopolnjuje tudi [+ zaokroženost].⁵ Če je res tako, je akut se torej statistično značilno loči od cirkumflektiranega in kratkega [a], kar pa ni posledica akustičnih vplivov v ožjem pomenu, ampak torej vplivov (nad)narečja oz. pogovornega jezika.

Na formantne frekvence samoglasnikov tonemske SS vpliva tudi ton (kot fonološka kategorija). Razlike morda niso velike (zlasti v primerjavi s soglasniškim okoljem, naglasom in nekaterimi zunajjezikovnimi dejavniki), ampak vseeno statistično značilne in jih praviloma ne najdemo pri netonemskih govoricah. Ali je to neposredno povezano z osnovno frekvenco in jakostjo, ki se pojavljata v slovenskem akutu in cirkumfleksu, tovrstni eksperiment ne more potrditi. F0 pa vpliva na formantne frekvence posredno prek naglasa, spola govorca in načina govora, in sicer eksponentno od nižjih do višjih formantov. Jakost prek trajanja, naglasa ali načina govora tudi pozitivno sovпада s formantnimi frekvencami: samoglasniki večje jakosti imajo načeloma višje formantne frekvence (tudi posredno prek trajanja, naglasa ali načina govora). – Narava eksperimenta onemogoča nedvoumno določitev akustičnih in artikulacijskih spremenljivk. Dokazuje pa, da razlike so.

LITERATURA

- Peter F. ASSMANN in Terrance M. NEAREY, 1987: Perception of front vowels: The role of harmonics in the first formant region. *The journal of the Acoustical society of America* LXXXI/2. 520–534.
- Juraj BAKRAN, 1989: Djelovanje naglasaka i dužine na frekvencije formanata vokala. *Govor* VI/2. 1–12.
- D. G. CHILDERS in Ke WU, 1991: Gender recognition from speech. Part II: Fine analysis. *The journal of the Acoustical society of America* XC/4. 1841–1856.
- Olle ENGESTRAND, 1988: Articulatory correlates of stress and speaking rate in Swedish VCV utterances. *The journal of the Acoustical society of America* LXXXIII/5. 1863–1875.
- Donna ERICKSON, 2002: Articulation of extreme formant patterns for emphasized vowels. *Phonetica* IL/2–3. 134–149.
- Marios FOURAKIS, 1991: Tempo, stress, and vowel reduction in American English. *The journal of the Acoustical society of America* XC/4,1. 1816–1827.
- Marios FOURAKIS, Antonis BOTINIS in Maria KATSAITI, 1999: Acoustic characteristics of Greek vowels. *Phonetica* LVI/1–2. 28–43.
- Thomas GAY, 1978: Effect of speaking rate on vowel formant movements. *The journal of the Acoustical society of America* LXIII/1. 223–230.
- Peter JURGEČ, 2005a: Fonetični opis govora Ovčje vasi. *Ovčja vas in njena slovenska govorica / Valbruna e la sua parlata slovena*. Ukve: Slovensko kulturno središče Planika. 60–84.
- 2005b: Formant frequencies of standard Slovenian vowels. *Govor* XXII/2. 127–144.
- 2006: O nenaglašanih [e] in [o] v standardni slovenščini. *Slavistična revija* LIV/2. 173–185.
- 2005č: Položaj v besedi in formantne frekvence samoglasnikov (standardne slovenščine), I. Naglašeni samoglasniki. *Jezikoslovni zapiski* XI: 1. 121–132.
- Ilse LEHISTE, 1961: The phonemes of Slovene. *International journal of Slavic linguistics and poetics* IV. 48–66.

⁵ Primerov, ki bi perceptivno bistveno odstopali od standardnega [a], ni bilo (npr. zadnji zaokroženi [ɔ]). Če bi se pojavili, bi bili izločeni.

- Ilse LEHISTE in Pavle Ivić, 1963: *Accent in Serbo-Croatian: An experimental study*. Ann Arbor: University of Michigan (Michigan Slavic Materials 4).
- Björn LINDBLOM, 1963: Spectrographic study of vowel reduction. *The journal of the Acoustical society of America* XXXV/11. 1773–1781.
- James D. MILLER, 1989: Auditory-perceptual interpretation of the vowel. *The journal of the Acoustical society of America* LXXXV/5. 2114–2134.
- Seung-Jae MOON in Björn LINDBLOM, 1994: Interaction between duration, context, and speaking style in English stressed vowels. *The journal of the Acoustical society of America* XCVI/1. 40–55.
- Thomas MURRY in Sadanand SINGH, 1980: Multidimensional analysis of male and female voices. *The journal of the Acoustical society of America* LXVIII/5. 1294–1300.
- Martina OZBIČ, 1998a: Akustična spektralna FFT-analiza samoglasniškega sistema slovenskega jezika: formanti slovenskih samoglasnikov. *Jezikovne tehnologije za slovenski jezik: Zbornik konference*. 55–59. [Http://nl.ijs.si/isjt98/zbornik/sdjt98-Ozbic.pdf](http://nl.ijs.si/isjt98/zbornik/sdjt98-Ozbic.pdf).
- – 1998b: Razmerja med formanti samoglasnikov matične in tržaške slovenščine. *Uporabno jezikoslovje VI: Jezikovne tehnologije*. 124–135.
- Bojan PETEK, Rastislav ŠUŠTARŠIČ in Smiljana KOMAR, 1996: An acoustic analysis of contemporary vowels of the Standard Slovenian language. *Proceedings ICSLP 96: Fourth International Conference on Spoken Language Processing, October 3–6, 1996, Philadelphia, PA, USA*. 133–136. [Http://www.asel.udel.edu/icslp/cdrom/vol1/820/a820.pdf](http://www.asel.udel.edu/icslp/cdrom/vol1/820/a820.pdf).
- Michel PITERMANN, 2000: Effect of speaking rate and contrastive stress on formant dynamics and vowel perception. *The journal of the Acoustical society of America* CVII/6. 3425–3437.
- Jakob RIGLER, 1968: Problematika naglaševanja v slovenskem knjižnem jeziku. *Jezik in slovstvo* XIII/6. 192–199.
- Adrian P. SIMPSON, 2001: Dynamic consequences of differences in male and female vocal tract dimensions. *The journal of the Acoustical society of America* CIX/5,1. 2153–2164.
- Agaath M. C. SLUIJTER in Vincent J. VAN HEUVEN, 1996: Spectral balance as a acoustic correlate of linguistic stress. *The journal of the Acoustical society of America* C/4,1. 2471–2485.
- Tatjana SREBOT REJEC, 1988: *Word accent and vowel duration in Standard Slovene: An acoustic and linguistic investigation*. München: Otto Sagner (Slavistische Beiträge, 226).
- – 1998: O slovenskih samoglasniških sestavih zadnjih 45 let. *Slavistična revija* XLVI/4: 339–346.
- Jože TOPORIŠIČ, 2000: *Slovenska slovnica*. Maribor: Obzorja.
- Betty TULLER, Katharine S. HARRIS in J. A. Scott KELSO, 1982: Stress and rate: Differential transformations of articulation. *The journal of the Acoustical society of America* LXXI/6. 1534–1543.
- R. J. J. H. VAN SON in Louis C. W. POLS, 1992: Formant movements of Dutch vowels in text, read at normal and fast rate. *The journal of the Acoustical society of America* XCII/1. 121–127.
- Ke WU in D. G. CHILDERS, 1991: Gender recognition from speech. Part I: Coarse analysis. *The journal of the Acoustical society of America* XC/4. 1828–1840.

SUMMARY

There are two varieties of Standard Slovenian (SS), the pitch-accented (or tonal) and the stress-accented. The article presents vowel formant frequencies of both varieties.

An extensive corpus of one- to three-syllable words was compiled, acknowledging the distribution of suprasegmentals in SS. 241 words in random order were read twice in citation form by 10 speakers, representative by gender, dialect of origin, and tone. 5 of them were tonal

(3 females and 2 males) and 5 non-tonal. Digital recording was performed under standard conditions (44.1 kHz sampling frequency, at a 16-bit rate). The first four formants of the total of 5,960 vowels were measured using Praat LPC-based analysis software. Data were grouped and averaged. Statistical analysis, including analysis of variance (ANOVA) followed. More detailed information on the method of the experiment can be found in Jurgec 2005b.

The average values (with corresponding standard deviation, sample size, and confidence interval) of the tonal and non-tonal SS vowels are in Table 1–2, respectively (»Prikaz 1« and »Prikaz 2«). Fig. 1 (»Prikaz 3«) is a F1×F2 plot presenting suprasegmentals of the tonal (depicted with empty symbols) and the non-tonal variety (full symbols). In Table 3–4 the results of ANOVA for both groups can be found.

The results fall in two domains: they are either conditioned by primarily dialectal phonetic and phonological variables or they are purely acoustic. The former include the difference of F1 in [+ATR] mid vowels [e] and [o]. In the tonal variety, these have lower F1 than in the non-tonal variety. Furthermore, in the tonal SS, the vowel [a] is considerably centralized, i.e., has lower F1, when unstressed. Other vowels have no such short realizations, neither in the tonal nor in non-tonal SS.

On the other hand, the tonal SS clearly has more dispersed suprasegmentals than the non-tonal variant. In most cases, the differences are statistically significant in F1 and/or F2. However, no differences were observed in [ə] and [i]. For [u] one can say that variables other than tone are in question, as the same significance is attested in the non-tonal SS (cf. Jurgec 2005b). Statistically significant suprasegmentals in the non-tonal SS are exceptional. F2 of [a] and [u] can be explained by influences of dialectal nature, and in [ε] the problematic distribution (in connection with [e]) was observed.

The variability between accent types in formant frequencies of the tonal SS vowels can be seen as a by-product of fundamental frequency and intensity on the one hand, and duration, phonetic reduction/undershoot, etc., on the other.