

AKUSTIČNA SPEKTRALNA FFT ANALIZA SAMOGLASNIŠKEGA SISTEMA SLOVENSKEGA JEZIKA

*Prof.def. Martina Ozbič, asistent stažist,
diplomirani defektolog za telesno, duševno, gibalno motene in za govorno in slušno motene*

Oddelek za defektologijo,
Pedagoška fakulteta, Kardeljeva ploščad 16
1000 Ljubljana
tel.: 061/1892200
e-mail: martina.ozbic@uni-lj.si, maozbic@tin.it

POVZETEK

Članek opisuje formante slovenskih samoglasniških fonemov naglašanih *i*-ja, ozkega in širokega *e*-ja, *a*-ja, ozkega in širokega *o*-ja in *u*-ja, polglasnika in nenaglašanih *i*-ja, *e*-ja, *a*-ja, *o*-ja in *u*-ja. Na osnovi FFT analize s spektralnim analizatorjem Bruel&Kjaer 2148 je avtorica analizirala izgovor vokalov enajstih oseb ženskega spola na osnovi prebrane predložene liste besed: poleg določitve višine posameznih formantov prihaja do izraza pomen akustične in ne grafične klasifikacije vokalov.

Govorjena besedila so v slovenskem prostoru malo raziskana, kar je predvsem posledica značilnosti te vrste besedil. Na podlagi pilotne analize otroškega govora bomo ob obravnavi osebnih deksisov, to je izrazov s kazalno vlogo, skušali pokazati razliko med govorjenimi in zapisanimi besedili in s tem utemeljiti potrebo po načrtovanem zbiranju govorjenih besedil in njihovo vključitev v korpus slovenskega jezika.

ABSTRACT

This paper presents the values of the formants based on the analysis with the FFT analyzer Bruel&Kjaer 2148 in slovene vowels stressed *i*, the closed stressed *e*, the open stressed *e*, the stressed *a*, the stressed open *o*, the closed stressed *o*, the stressed *u* and the schwa and the unstressed *i*, the unstressed *e*, the unstressed *a*, the unstressed *o* and the unstressed *u*, pronounced by 11 slovene females. The paper is stressing the importance of acoustic - phonetic and not graphic classification of vowels.

1 UVOD

Fonetska analiza fonemov slovenskega jezika je še kako potrebna za definiranje glasov slovenskega jezika, slovenskih narečij in patologije izgovora. Akustična opredelitev glasov je namreč zanimiva tako za slaviste, jezikoslovce in fonetike, kot tudi za sociolingviste, etnografe, logopede, surdologe, inženirje. Sodobni računalniški programi in oprema (tako računalniška kot tehnična - akustična) danes omogočajo in nudijo vsekakor natančnejšo analizo od klasične sonografske analize, in to predvsem zaradi razvoja tehničnih sredstev, možnosti

digitaliziranja govornega signala. Zato je raziskovanje govornega signala slovenskega jezika še večji izziv, nenazadnje tudi zaradi vstopanja Slovenije med vrste Evropske skupnosti, za katero je značilna večjezikovnost. Spektralne analize slovenskih vokalov sem se kljub že opravljenim meritvam v preteklosti lotila predvsem zaradi primerjalne študije slovenskih in italijanskih vokalov govorcev iz Slovenije in Slovencev s Tržaškega - Zamejcev, tako da so vrednosti formantov slovenščine osrednjega slovenskega prostora stranski produkt širše analize slovenskih samoglasnikov v sklopu triletnega raziskovalnega projekta, ki ga finansira MZT "Kvalitativna analiza govora posebnih skupin ljudi". Cilj omenjene raziskave je bilo določiti, ali ima dvojezični govorec enoten ali dvojen samoglasniški sistem. Temu cilju je bila podrejena tudi metodologija raziskovanja (tako testni material kot analiza podatkov): ni šlo za analizo samo slovenskih fonemov v vseh pozicijah in v povezavi z vsemi slovenskimi fonemi. Sicer je bilo merjenje slovenskih samoglasnikov govorcev iz Slovenije nujnost zaradi omogočanja primerjalne analize s čimmanjšim številom nekontroliranih variabel. S spektralno analizo sem posnela izgovor 11 ženskih oseb iz osrednjega slovenskega jezikovnega prostora, in sicer po predloženi listi besednih sklopov.

1.1 Klasifikacija slovenskih vokalov

Slovenski samoglasniški sistem pozna več klasifikacij: ena je Toporišičeva, ki deli slovenske vokale po tradicionalni slovnici na naglašene dolge (*i*, *ozek e*, *širok e*, *a*, *širok o*, *ozek o*, *u*) in na naglašene kratke (*i*, *širok e*, *a*, *širok o*, *u*, *polglasnik*) ter na nenaglašene kratke (*i*, *širok e*, *a*, *širok o*, *u*, *polglasnik*) (Toporišič, 1968, str. 65). Druga klasifikacija pa je razvrstitev avtorice Srebot-Rejec, ki trdi, da na vokalizem vpliva veliko faktorjev (inherentnih in zunanjih), tako da lahko slovenske samoglasnike delimo binarno: naglašeni vokali so dolgi, nenaglašeni so kratki. Pri tem je polglasnik inherentno kratek, vsekakor pa je naglašen polglasnik daljši od nenaglašenege. Nenaglašeni vokali se pravilom nevtralizirajo v sredinske vokale *i*, *e*, *a*, *o*, *u* (Srebot-Rejec, 1995, rokopis). Petek (Petek, 1996, str. 136) je hipotezo o povezanosti med dolžino in naglašenostjo

vokala s svojim raziskovalnim delom na področju akustike in fonetike pred kratkim zopet potrdil; izjema bi lahko bil po njegovem mnenju le naglašeni *a*, ki bi lahko imel dolgo in kratko varianto naglašene fonema.

Vokale lahko pa delimo tudi glede na najvišjo točko jezika, in sicer na trdonebne - palatalne (*i*, *ozek e*, *široki e*) in na mehkonobne - velarne (*a*, *širok o*, *ozek o*, *u*), lahko pa tudi glede na višino jezika, pozicijo visoko - nizko, spredaj - zadaj in odprtost glasu.

1.2 Formanti

Formanti so z govorili filtrirani zvok glasilk. Pri emisiji tonov pride do projekcije resonantnih svojstev votlin na originalni spekter. Z različnimi razporedi artikulacijev se spremeni tudi razpored formantnih področij (Vujnović, 1990, str. 21). Vokali se med seboj razlikujejo predvsem po prvem in drugem formantu (Schindler, 1974). Pomemben je predvsem drugi formant, ker je pri vsakem vokalu različen, medtem ko je prvi formant paren. Pri *u*-ju in *i*-ju ter pri *e*-ju in *o*-ju je podoben ali enak (Schindler, 1974, str. 332). Bukalni formanti (F2) so odraz ustne in nosne votline, faringalni (F1) pa grlne (Vujnović, 1990, str. 21). Bukalni se od *i*-ja do *u*-ja niža, faringalni pa se viša od *i*-ja do *a*-ja, nato pa se do *u*-ja spet niža (Enciclopedia della musica, 1983). Ta formantna področja so bolj odvisna od samih značilnosti glasov kot od značilnosti osebe (Vujnović, 1990, str. 21). V vokalih se včasih pojavi tudi malo šibkejši tretji formant. Kljub temu in nasprotnemu mnenju nekaterih avtorjev pa je tudi F3 (Fant, 1968 v Ferrero, 1984) pomemben, ker kaže na določena svojstva izgovora fonema. Iz vidika identifikacije posameznega glasu je najpomembnejši drugi formant. Njegova položaj in oblika (ki se zelo spreminjata od glasa do glasa, zelo pa sta stabilna pri določenem glasu tako pri ženskah kot pri moških) določuje svojstvo glasu (Vujnović, 1990, str. 22). Pomembno pa je dejstvo, ki ga navaja Vujnović, da drugi formant ni določen sam zase, marveč v odnosu do prvega in tretjega formanta. Vedno je treba upoštevati njegovo "vedenje" v povezavi z ostalimi (Vujnović, 1990, str. 22). Diskriminacija vokalov ni odvisna le od absolutne vrednosti frekvenc vsakega formanta, marveč od celotne konfiguracije formantov (Magno - Caldognetto, 1986, str. 167). Konfiguracija formantov za določen vokal je vedno odvisna tako od razporeda osnovnega tona in formantov samega vokala kot tudi od ostalih vokalov v fonetskem sistemu. Mesto, ki ga zapolnjuje en samoglasnik, ne more biti namreč zapolnjeno z drugim samoglasnikom. Zato samoglasniški sistem razumemo dobresedno kot sistem, v katerem je vsak član v odvisnosti (v horizontalnem in vertikalnem smislu) tako od svoje pozicije kot tudi od pozicije drugih članov sistema.

1.3 Slovenski formanti

O formantih slovenskega je v člankih in publikacijah (10, 11, 12) obširno poročal in pisal Toporišič. Zaradi sodobne tehnike merjenja pa raje navajam vrednosti, ki jih je Petek dobil s sodobnimi digitalnimi aparati Kayelemetrics. Avtor navaja srednje vrednosti izgovora treh govorcev (dva moška in ena ženska) prvih treh formantov naglašeni slovenskih samoglasnikov (Petek, 1996, str. 134) (tabela 1); govorci so izgovorili serijo besed z dolgimi in serijo besed s kratkimi naglašeni samoglasniki (po tradicionalni slovnici). F1 raste od *i*-ja do *a*-ja in pada od *a*-ja do *u*-ja, F2 pa pada od sprednjih do zadnjih vokalov.

	F1	F2	F3
/i'/	301	2250	2886
/é/	387	1916	2792
/e^/	528	1730	2113
/a/	735	1362	1991
/o^/	577	973	2140
/o'/	414	733	2100
/u'/	317	621	2063
polglasnik	456	1370	2121

Tabela 1: Prvi trije formanti slovenskih vokalov (srednje vrednosti izgovora dveh moških in ene ženske) (Petek, 1996)

2 FFT ANALIZA SLOVENSKEGA VOKALNEGA SISTEMA

2.1 Cilj in hipoteze

Cilj: Cilj je bil določiti vrednosti nultega, prvega, drugega, tretjega in četrtega formanta slovenskih samoglasnikov ženskih osebkov ter primerjati akustično in grafično fonetsko klasifikacijo.

Hipoteza:

- formanti slovenskega jezika so premo sorazmerni z dolžino artikulacije (F2) - od sprednjih do zadnjih vokalov od zgoraj dol - in obratno sorazmerni z višino artikulacije (F1);
- formanti so indikator akustične kvalitete vokala in ne grafične podobe

2.2 Metode dela

Opis poskusnih oseb: Govorke so bile osebe ženskega spola (N=11) iz osrednjega slovenskega prostora (Ljubljana, zgornja Dolenjska, spodnja Gorenjska) brez narečnih značilnosti, starosti od 18. do 30. leta, slovenskega porekla in s slovensko izobrazbo oz. iz slovenskega delovnega okolja.

Metodologija: Raziskava se je osnovala na digitalni obdelavi samoglasnikov, ki so bili umeščeni v tarčne besede, in to s spektralnim FFT analizatorjem Bruel&Kjaer 2148.

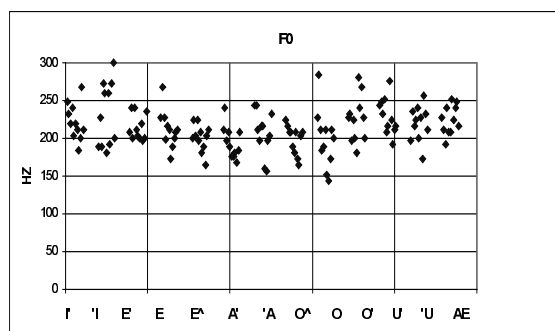
Opis vzorca glasov: vzorec glasov je bil določen na osnovi klasifikacije po Srebot - Rejec, torej naglašeni *i*, *u*, *a*, široki *o*, ozki *o*, široki *e*, ozki *e*, polglasnik in nenaglašeni *i*, *e*, *a*, *o* in *u*. Meritev je torej bilo za vsak glas enajst, kolikor je bilo govork.

Tarčne besede so bile za foneme naglašeni *i*, *u*, *a*, široki *o*, ozki *o*, široki *e*, ozki *e*, polglasnik sledeče: pol/i/tika, t/u/rki, t/a/ra, t/o/pol, mot/o/r, p/e/šec, p/e/s; za nenaglašeni *i*, *e*, *a*, *o* in *u* pa: polit/i/ka, d/e/lfin, p/a/rabola, m/o/tor, ž/u/rant. Z računalniškimi programi sem izrezala le osrednji del vsakega vokala, tako da tranzienti niso imeli na frekvenco nikakršnega vpliva. Formantno vrednost sem na osnovi spektralne slike odčitovala ročno na osnovi najvišjega vrha spektralne slike fonema (graf s Hz v odvisnosti od dB).

2.3 Rezultati raziskave

Grafi predstavljajo premikanje formantnih vrednosti od sprednjih do zadnjih vokalov, nato pa še sumarni graf vseh formantov pri vseh vokalih - torej cel sistem. Vsaka pika predstavlja eno meritev in enega govorca.

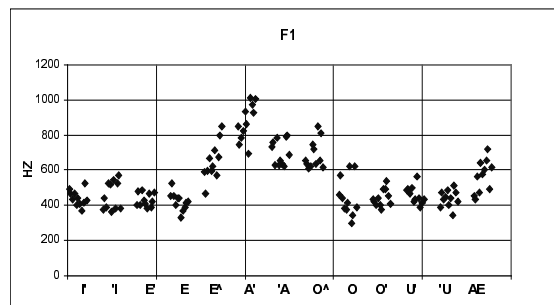
Osnovni ton (graf 1) pogojuje anatomsko, fiziološko struktura, določata pa ga tudi tako spol govorca kot tudi mesto, ki ga ta fonem zaseda v besedi. Vsak vokal ima tudi njemu lastno inherentno višino, ki je v določeni meri neodvisna od zunanjih faktorjev. Pri testiranih osebah se osnovni ton giblje od približno 150 Hz do približno 300 Hz in je v vrednostih razpršen oz. variabilen. Vsekakor je opazna tendenca nižjih frekvenc pri spodnjih samoglasnikih, višjih pa pri zgornjih.



Graf 1: Osnovni ton vokalov slovenskega jezika

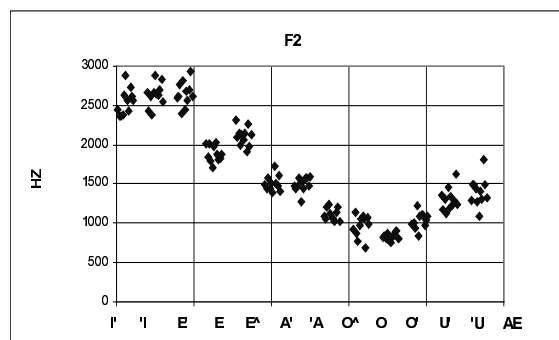
Prvi formant (graf 2) je veliko bolj zanimiv; je kazatelj visoko - nizko. Viša se s premikanjem artikulacije vokala v spodnji del ustne votline, nižja pa se s premikanjem izreke v zgornji del ustne votline. Pri polglasniku je nekje na sredi. Visoki vokali naglašeni *i*, nenaglašeni *i*, ozki *e*, srednji *o*, ozki *o*, naglašeni *u*, nenaglašeni *u* imajo prvi formant pri 400 - 600 Hz, nizki vokali široki *e*, široki *o* in nenaglašeni *a* pri 600 - 800 Hz, naglašeni *a* pa pri 800 - 1000 Hz. Opažamo torej dihotomizacijo, ki se ne sklada z zapisom, marveč z artikulacijsko - fonetskimi kriteriji. V bistvu je naglašeni

a izoliran, široki vokali *e* in *o* ter nenaglašeni *a* tvorijo eno skupino, sprednji visoki in zadnji visoki vokali pa drugo skupino. Polglasnik je tudi samostojen.



Graf 2: Prvi formant vokalov slovenskega jezika

Drugi formant (graf 3) je kazatelj relacije spredaj - zadaj. Oba *i*-ja in ozki *e* so frekvenco 2500 - 3000 Hz najvišji (tvorijo najbolj sprednje foneme), srednji nenaglašeni *e* je nižji od širokega *e*-ja, oba *a*-ja sta enaka (srednje visoka - 1500 Hz), od širokega do ozkega *o*-ja se frekvence znižujejo (okoli 1000 Hz), naglašeni *u* pa je ekvivalenten nenaglašenemu *o*-ju, nenaglašeni *u* pa širokemu *o*-ju in nenaglašenemu *a*-ju; podobno frekvenco ima tudi polglasnik. Govorci izgovarjajo v najbolj zadnji točki nenaglašeni *o* in ozki *o*.



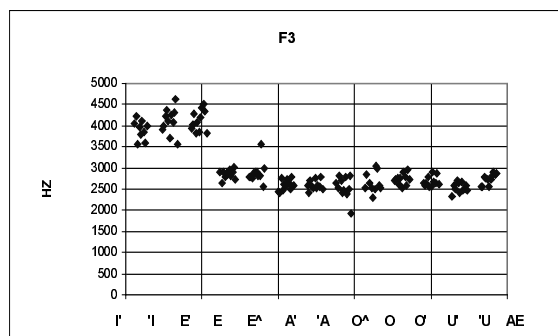
Graf 3: Drugi formant vokalov slovenskega jezika

Za določevanje vokalov se v glavnem uporablja prvi in drugi formant oziroma njuno razliko. V tej raziskavi pa sem opazila, da se tudi tretji formant spreminja od vokala do vokala, ni pa tako občutljiv kot prva dva formanta. Opazna je razlika v frekvenci med sprednjimi vokali (naglašeni *i*, nenaglašeni *i*, ozki *e*) in ostalimi nesprednjimi vokali (graf 4).

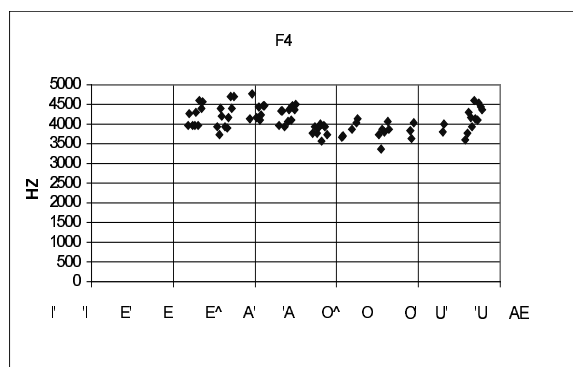
Na grafu 5 je razvidno, da četrti formant ni relevanten za razlikovanje samoglasniških fonemov med seboj. Kljub temu pa je vidna razlika v frekvenci med sprednjimi in zadnjimi vokali.

Samoglasniški sistem: pri govorkah (graf 6, tabele 2, 3) je nulti formant linearen. Prvi formant se dviga od sprednjih visokih do nizkih vokalov, nato pa spet spušča do visokih zadnjih vokalov. Drugi formant je pri "ozkih" sprednjih vokalih (naglašeni *i*, nenaglašeni *i*, ozki *e*) visok, nato se

spušča do naglašene *u*-ja (pri nenaglašenem se zopet dvigne): je kazatelj osi spredaj - zadaj.



Graf 4: Tretji formant vokalov slovenskega jezika

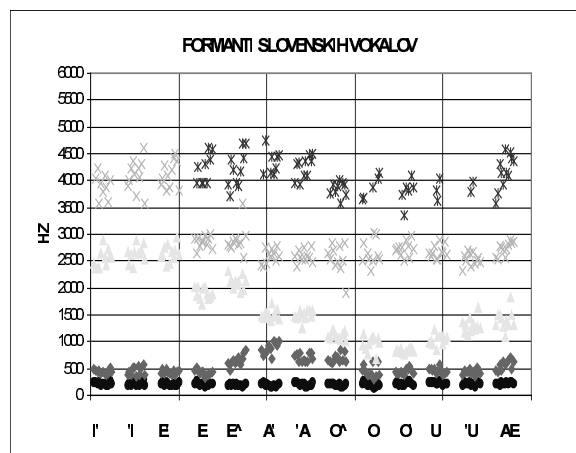


Graf 5: Četrty format vokalov slovenskega jezika

Tretji formant je pri prvih treh vokalih zelo visok, od srednjega nenaglašene *e*-ja pa se spusti na frekvenco drugega formanta istih vokalov in z minimalnimi variacijami tako napreduje preko cele vokalne palete. Četrty formant je pri prvih treh vokalih odsoten; začne pa se pri nenaglašenem *e*-ju ravno na isti frekvenci kot tretji formant pri omenjenih vokalih, nato se do nenaglašene *u*-ja rahlo niža, pri polglasniku pa zviša. Toporišič (10, 11, 12) o vokalih pravi: "Na podlagi splošno priznavanega nasprotja med sprednjimi in zadnjimi samoglasniki lahko ugotovimo temu nasprotju ustrezno bližino F2 in F3 pri sprednjih in F1 in F2 pri nesprednjih samoglasnikih. Višina F3 in F4 se sama sebi ne zdi relevantna, vendar le opažamo njeno padanje pri F3 od širokega *o* do naglašene *u*, pri F4 pa od naglašene *a* do naglašene *u*" (Toporišič, 1971, str. 40).

Razvidno je razhajanje med formantnimi vrednostmi Petkovih meritev in mojih meritev: vzrok temu so najbrž različen spol govorcev (pri Petku dva moška, ena ženska, pri pričujoči raziskavi enajst žensk), različna metodologija (pri Petku Kay-Elementrics, pri tej raziskavi Bruel&Kjaer 2148) in različen testni material, ki lahko v določeni meri tudi vpliva na višino samoglasnika (pri Petku izolirane besede, pri tej raziskavi besede - različne od Petkovih - umeščene v stavke). Primerjalna analiza teh dveh virov informacij, morda pa še katerega tretjega, bi

lahko zaobsegala izračun razmerij med formanti in primerjalno analizo med posameznimi avtorji. Razmerja med formanti so namreč bolj stabilne vrednosti kot pa same absolutne frekvence.



Graf 6: Samoglasniški sistem slovenskega jezika

Opažamo torej očitno akustično - artikulacijsko kategorizacijo fonemov: naglašeni *i*, nenaglašeni *i* in ozki naglašeni *e* spadajo v eno skupino (sprednji in visoki vokali), nenaglašeni *e* je relativno samostojen, od širokega naglašene *e*-ja do nenaglašene *u*-ja tvorita F1 in F2 nekakšno lijakasto obliko. Polglasnik glede na svojo akustično sliko spada v skupino spodnjih srednjih vokalov (naglašeni in nenaglašeni *a*). Pri klasifikaciji fonemov prihajajo torej bolj do izraza fonetska svojstva.

GLAS	F0	F1	F2	F3	F4
I'	222	441	2544	3904	
E'	214	432	2648	4119	
E^	200	650	2105	2889	4205
A'	194	875	1505	2592	4342
O^	198	687	1113	2547	3840
O'	225	442	833	2733	3793
U'	229	458	1034	2675	3832
polgl.	224	567	1402	2735	4172

Tabela 2: Formanti naglašeneh slovenskih vokalov (srednje vrednosti formantov enajstih meritev)

GLAS	F0	F1	F2	F3	F4
'I	231	457	2637		4104
'E	212	423	1886	28534	4219
'A	207	702	1492	2593	4243
'O	199	447	966	2650	3878
'U	219	439	1303	2534	3896

Tabela 3: Formanti nenaglašeneh slovenskih vokalov

3 LITERATURA

- [1] Enciclopedia della musica (1983), Garzanti, la voce, str. 816, 817
- [2] Fant, v Ferrero, F., Magno - Caldognetto, E.: Introduzione alla percezione dei suoni linguistici, Padova, 1984
- [3] Ferrero, F., Magno Caldognetto, E.: Introduzione alla percezione dei suoni linguistici, Padova, 1984
- [4] Magno Caldognetto, E., Ferrero, F., E.: Elementi di fonetica acustica, v Aspetti fonetici della comunicazione, Trattato di foniatra e logopedia, cur.: Croatto, L., La Garangola, Padova, 1986
- [5] Petek, B.: ICSLP '96, October 1996: Fourth International Conference of Spoken Language Processing, 1996, Philadelphia, PSA, USA
- [6] M. Schindler, O. (cur), Bonazzi, I., Michelis, de, G., Moffa Bassino, L., Pia, F., Piazza, R., Rossi: Manuale di audiofonologopedia, vol.I.: propedeutica, Edizioni Omega, 1974, Torino
- [7] Srebot - Rejec, T.: The sound system of english and slovene compared: a distinctive feature analysis, Linguistica XXVII, 1987, str. 47-61
- [8] Srebot - Rejec, T.: Kakovost slovenskih in angleških samoglasnikov, Jezik in slovstvo, 1988/89, 3, str. 57-64
- [9] Srebot - Rejec, T.: Predavanja iz fonetike in fonologije na Pedagoški fakulteti, Ljubljana, ak. leto 1995/96
- [10] Toporišič, J.: Slovenska slovnica, Založba obzorja, Maribor 1968
- [11] Toporišič, J.: Formanti slovenskega knjižnega jezika, rokopis v NUK-u, 1971
- [12] Toporišič, J.: Glasovna in naglasna podoba slovenskega jezika, Založba Obzorja, 1978
- [13] Vujnović, M.: Govorna akustika, Sveučilište v Zagrebu, Zagreb, 1990