

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Ovaj rad dostupan je za upotrebu pod međunarodnom licencom Creative Commons Attribution 4.0.



<https://doi.org/10.31820/f.37.1.5>

Ana Vidović Zorić

UTJECAJ GOVORNE BRZINE I KOGNITIVNOG OPTEREĆENJA NA AKUSTIČKA OBILJEŽJA GLASNIKA /s/ I /ʃ/ U HRVATSKOME JEZIKU

dr. sc. Ana Vidović Zorić, Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet
anvidovi@ffzg.unizg.hr  orcid.org/0000-0001-5364-1758

prethodno priopćenje

UDK: 811.163.42'34

rukopis primljen: 30. prosinca 2024; prihvaćen za tisak: 10. ožujka 2025.

Cilj ovoga rada bio je ispitati utjecaj brzine govora te zadataka različite kognitivne zahtjevnosti na akustička obilježja glasnika /s/ i /ʃ/ u hrvatskome jeziku. Također, nastojali su se utvrditi akustički parametri koji omogućuju identifikaciju odnosno razlikovanje ovih dvaju glasnika. U istraživanju je sudjelovalo 10 izvornih govornica hrvatskoga jezika. Ciljani glasnici /s/ i /ʃ/ izgovoreni su unutar brzalica koje je činio niz od četiriju jednosložnih riječi KVK strukture, a nalazili su se uvijek na početnoj poziciji. Ispitanice su niz trebale ponoviti na četiri načina: uobičajenim tempom, čitajući ih na ekranu, uobičajenim tempom iz pamćenja, zatim bržim tempom uz čitanje te bržim tempom uz prisjećanje. Pritom je „čitanje“ bio zadatak lakše, a „prisjećanje“ zadatak veće kognitivne zahtjevnosti. Analizirani akustički parametri bili su trajanje glasnika, intenzitet te četiri spektralna momenta: (1) težište spektra šuma, (2) raspršenje spektra šuma, (3) nagib spektra šuma i (4) istaknutost najjače amplitude. Rezultati su pokazali da u govoru bržim tempom dolazi do skraćivanja vremena realizacije ciljanih glasnika. Brzina govora nije utjecala ni na jedan spektralni moment, osim na težište spektra šuma, ali samo u slučaju glasnika /ʃ/. Također nije utjecala niti na intenzitet. U bržemu govoru došlo je do međusobnog približavanja vrijednosti ciljanih glasnika u istaknutosti najjače amplitude. Kognitivna zahtjevnost zadatka nije imala nikakav utjecaj na akustička obilježja ciljanih glasnika. Istraživanje je pokazalo i da 1., 3. i 4. spektralni moment uspješno razlikuju frikative /s/ i

/f/ u hrvatskome jeziku, dok se u 2. spektralnome momentu ciljani glasnici značajno ne razlikuju. Istraživanje je pokazalo da je u hrvatskome jeziku zvučna energija glasnika /s/ koncentrirana na višim frekvencijama na spektru i ima manju istaknutost najjače amplitude u odnosu na /f/, iako je spektralni oblik za oba glasnika relativno šiljast. Distribucija spektralne energije oko centra gravitacije u slučaju oba glasnika je asimetrična, samo u drugome smjeru – nagib spektra za /s/ je pozitivan, dok je za /f/ negativan.

Ključne riječi: govorna brzina; kognitivno opterećenje; spektralni momenti; bezvučni frikativi; gradacijske govorne pogreške

1. Uvod

Govorna brzina na različite načine može utjecati na izgovor glasnika, a time i na njihova akustička obilježja. Tako su istraživanja pokazala da povećanje opće govorne brzine skraćuje vrijeme realizacije artikulacijskih gesti i mijenja pokrete jezika u dosezanju otvora usne šupljine karakteristične za realizaciju određenog samoglasnika (Flege 1988), odnosno pokrete vrha jezika i donje usne pri izgovoru određenih konsonanata (Adams, Weismer i Kent 1993). McClean (2000) je ispitivao pokrete gornje i donje usne, jezika i donje čeljusti pri govoru sporim, normalnim i brzim tempom, a rezultati su pokazali sporije orofacijalne pokrete pri sporijoj govornoj brzini u odnosu na normalnu brzinu, dok je pri brzome govoru u nekih ispitanika zabilježeno povećanje, a u drugih smanjenje orofacijalnih pokreta. Istraživanje pak Wangove i Grigosove (2025) otkrilo je da je varijabilnost motoričkih pokreta pri sporome govoru znatno veća u odnosu na varijabilnost pri govoru normalne brzine i brzemu govoru. Meireles (2021) je, koristeći elektromagnetsku artikulografiju (EMA-u), ispitivao utjecaj govorne brzine na pokrete donje čeljusti pri artikulaciji i otkrio drukčije artikulacijske obrasce pri brzome i sporome govoru. Drugim riječima, povećanje govorne brzine ne utječe samo na vrijeme realizacije neke izgovorne geste, nego je i mijenja. Sve to upućuje na zaključak da promjena u govornoj brzini utječe na strategije motoričke kontrole (Adams, Weismer i Kent 1993), tj. drugačije se nadzire pokret pri sporijem izgovoru u odnosu na brži ili uobičajen artikulacijski pokret (Mefferd 2019). Ipak, u Recasensovu (2015) istraživanju nije pronađen utjecaj govorne brzine na izgovorne obrasce tipične za određeni suglasnik u koartikulaciji sa samoglasnikom, što su rezultati nešto drukčiji od onih u prethodno navedenim istraživanjima. To navodi na oprez i potrebu za daljom provjerom koartikulacijskih

uvjeta pri donošenju zaključaka o utjecaju govorne brzine na izgovorne obrasce. U akustičkome smislu, istraživanja pokazuju da veća govorna brzina skraćuje vrijeme trajanja vokala (Agwuele, Sussman i Lindblom 2009, Nadeu 2014, Pickett, Blumstein i Burton 1999, Recasens 2015), ali i da dovodi do njihove redukcije u smjeru njihova približavanja neutralnome samoglasniku [ə], kako u engleskome jeziku (Agwuele, Sussman i Lindblom 2009, Fourakis 1991) tako i u španjolskome i katalonskome jeziku (Nadeu 2014). Recasensovo (2015) istraživanje otkrilo je i da govorna brzina utječe na vrijednosti drugog formanta vokala kada u izgovoru slijedi iza konsonanta. Slično, Bakran i Mildner (1995) mjerili su linearnu povezanost frekvencije početka samoglasničkog tranzijenta F2 nakon okluziva i frekvencije F2 istog vokala u njegovom središnjem dijelu (tzv. jednadžbu lokusa). Njihovi su rezultati pokazali da što je brzina govora bila sporija, nagib jednadžbe lokusa bio je manji. Istraživanje Agwuele, Sussman i Lindbloma (2009) pokazalo je da su početne vrijednosti drugog formanta (F2) samoglasnika kojemu je prethodio zvučni okluziv u brzemu izgovoru bile niže nego u onome normalne brzine. Agwuele, Sussman i Lindblom (2009) ovakve rezultate objašnjavaju na način da brži govor vremenski ograničava artikulatore u dosezanju tipične konfiguracije potrebne za koartikulaciju suglasnika i samoglasnika, što za posljedicu ima devijaciju u vrijednostima F2 u odnosu na tipične vrijednosti. Istraživanja utjecaja govorne brzine na akustička obilježja suglasnika istražena su u manjoj mjeri nego samoglasnika. Osim trajanje vokala, govorna brzina skratila je i vrijeme trajanja zvučnih okluziva (Agwuele, Sussman i Lindblom 2009, Pickett, Blumstein i Burton 1999). Pickett, Blumstein i Burton (1999) pokušali su uspostaviti akustičku razliku između udvojenih (geminata) i neudvojenih suglasnika u talijanskome (npr. *cappa* – *capa*). Rezultati su pokazali da u izoliranom izgovoru trajanje suglasnika može razlikovati ove dvije skupine, no ta se razlika poništava u brzemu govoru. Ipak, omjer trajanja zatvora u udvojenih/neudvojenih suglasnika i trajanja samoglasnika koji mu prethodi pokazao se kao mnogo stabilnija mjera koja ne podliježe utjecaju govorne brzine. Ovakav rezultat još jedna je potvrda opravdanosti traganja za akustičkim parametrima koji su postojani pri različitim govornim brzinama i koji se u konačnici mogu pokazati ključnim za razlikovanje pojedinih fonetskih kategorija. Rezultati takvih istraživanja posebice mogu biti korisni u kliničkoj primjeni. Tako je Baumovo (1996) istraživanje pokazalo da su ispitanici s fluentnom i nefluentnom afazijom bili manje sposobni producirati razliku između zvučnih i bezvučnih frikativa, posebice u brzem govoru, u odnosu na tipične ispitanike.

1.1. Kognitivna zahtjevnost zadatka i akustička obilježja govora

Osim govorne brzine, neka istraživanja sugeriraju da i razina kognitivnog opterećenja pri obavljanju kognitivnih zadataka različite težine može utjecati na govornu proizvodnju (MacPherson 2019), kao i na neke od akustičkih parametara fonetskih kategorija. Tako je istraživanje Livelyja i sur. (1993) pokazalo da se pri dodatnom kognitivnom opterećenju, koje se sastojalo od vizualne kontrole točke na ekranu i njezina usmjeravanja upravljačkom palicom dok su izgovarali napisane izričaje (primarni zadatak), amplituda glasa povećala u odnosu na kontrolne uvjete (bez vizualnog zadatka). Također, pri dodatnom kognitivnom opterećenju zabilježena je veća varijabilnost amplitude, kao i varijabilnost fundamentalne frekvencije. Ovakav rezultat autori objašnjavaju Lindblomovim (1990) modelom, prema kojemu govornik modificira svoj govor prema zahtjevima okoline. Ipak, treba napomenuti da u istraživanju Livelyja i sur. (1993) nije zabilježena razlika u vrijednostima prvog, drugog i trećeg formanta (F1, F2 i F3) u dvama uvjetima. Istraživanja su pokazala da kognitivno zahtjevniji zadaci utječu na promjenu akustičkih parametara kvalitete glasa (MacPherson, Abur i Stepp 2017), kao i da kognitivno opterećenje utječe na prosječnu fundamentalnu frekvenciju (Dahl i Stepp 2021). Huttunen i sur. (2011) istraživali su utjecaj kognitivnog opterećenja pri vojnim akcijama na izgovor pilota, a pritom je uočeno da se pri kognitivnom opterećenju F1 prednjih samoglasnika povećavao, a F2 smanjivao, dok su se kod stražnjih samoglasnika povećavali i F1 i F2. Navedeni rezultati navode na zaključak da kognitivno opterećenje utječe na izgovorne pokrete, a time i akustička obilježja govora.

1.2. Artikulacijski i akustički opis glasnika /s/ i /ʃ/ u hrvatskome jeziku

Ovo istraživanje ispitalo je mogući utjecaj brzine izgovora i kognitivnog opterećenja na akustička obilježja frikativa /s/ i /ʃ/ (ciljani glasnici) u hrvatskome jeziku. Glasnici /s/ i /ʃ/ pripadaju skupini bezvučnih frikativa. U literaturi se nalaze razmimoilaženja oko definiranja ovih glasnika prema mjestu tvorbe u hrvatskome jeziku. Tako je /s/ opisan kao zubni (Barić i sur. 1997, Silić i Pranjković 2007, Škarić 1991) ili zubno-nadzubni (Horga i Liker 2016, Liker 2024, Težak i Babić 1996) glasnik. Glasnik /ʃ/ opisan je pak kao prednjonepčani ili palatalni (Silić i Pranjković 2007, Škarić 1991), prednepčani (Težak i Babić 1996), stražnjotvrdonepčani (Barić i sur. 1997) te stražnjenadzubni ili postalveolarni (Horga i Liker 2016, Liker 2024). S

obzirom da je cilj ovoga rada analizirati akustičke parametre /s/ i /ʃ/, a koji su izravan rezultat specifičnih artikulacijskih pokreta, u ovome radu prihvatit ćemo opise Horge i Likera (2016) te Likera (2024). Razlog je taj što se navedeni opisi temelje na preciznim artikulacijskim mjerenjima (dok su drugi opisi prvenstveno bazirani na fonološkim distinkcijama glasnika). Prema tome, na /s/ ćemo se referirati kao na zubno-nadzubni, a na /ʃ/ kao na postalveolarni glasnik. S obzirom da se /s/ i /ʃ/ međusobno razlikuju prema mjestu artikulacije, ta razlika utjecat će na akustičke karakteristike njihova šuma. Prema Bakranu (1996), u tipičnom spektru glasnika /s/ pojačan je dio spektra iznad 4000 Hz, s najvišom granicom do 10000 Hz. U /ʃ/ jačinski istaknuti dio spektra je oko 2000 Hz, a proteže se maksimalno do 6000 Hz, iznad čega ponovno slabi. S obzirom da su frikativi, za /s/ i /ʃ/ karakterističan je tzv. stacionarni spektar, tj. izostanak pokreta u fazi držanja (Bakran 1996, Forrest i sur. 1988, Škarić 1991), Bakran (1996) napominje i da su varijacije u spektru (a time i u izgovoru) ovih dvaju glasnika vrlo česte, no to ne ometa njihovo fonološko razlikovanje. Više je istraživanja odnosno prijedloga kojima se pokušala uspostaviti razlika u akustičkim obilježjima bezvučnih frikativa (npr. Forrest i sur. 1988, Jongman, Wayland i Wong 2000, Kent i Read 2002, McFarland i sur. 1996, Nittrouer 1995, Tomiak 1990, prema Jongman, Wayland i Wong 2000). Kao neke od najpouzdanijih mjera uzimaju se prva četiri spektralna momenta: težište spektra šuma (TSS) ili centar gravitacije (engl. *central tendency* ili *the mean of the frequency*), raspršenje spektra šuma (RSS, engl. *variance*), nagib spektra šuma (NSS, engl. *skewness*) i istaknutost najjače amplitude (INA, engl. *kurtosis*). TSS je mjera koja pokazuje na kojim je frekvencijama koncentrirana najveća količina energije na šumnome spektru (Jongman, Wayland i Wong 2000, Kent i Read 2002, Jones i Nolan 2007, Li, Edwards i Beckman 2009, Reetz i Jongman 2011, Horga i sur. 2013). RSS čini standardnu devijaciju TSS-a, tj. upućuje na pojas unutar kojeg je raspršena energija oko centra gravitacije (Jongman, Wayland i Wong 2000, Kent i Read 2002, Jones i Nolan 2007, Jones i McDougall 2009, Li, Edwards i Beckman 2009, Reetz i Jongman 2011, Horga i sur. 2013). NSS je mjera koja otkriva gdje se nalazi većina energije raspršene oko težišta, odnosno indikator je (a)simetričnosti distribucije zvučne energije (Jongman, Wayland i Wong 2000, Kent i Read 2002, Jones i Nolan 2007, Li, Edwards i Beckman 2009, Reetz i Jongman 2011, Horga i sur. 2013). U slučaju simetrične distribucije oko centra gravitacije, vrijednost NSS-a bila bi 0; pozitivne vrijednosti NSS-a indiciraju da je koncentracija energije na nižim frekvencijama, a negativne vrijednosti da

energija prevladava na višim frekvencijama (Jongman, Wayland i Wong 2000). I napokon, INA, kao četvrti spektralni moment, otkriva koliko je šumni spektar šiljast odnosno ujednačen, tj. bez istaknutih vrhova (Jongman, Wayland i Wong 2000, Kent i Read 2002, Jones i Nolan 2007, Jones i McDougall 2009, Li, Edwards i Beckman 2009, Reetz i Jongman 2011, Horga i sur. 2013). Pozitivne vrijednosti INA-e upućuju na znatniju šiljastost, dok negativne vrijednosti otkrivaju ujednačen, nešiljasti, plosnati spektar (Jongman, Wayland i Wong 2000). Prema tome, mjerenje spektralnih momenata objedinjuje i lokalne (spektralni vrh) i globalne (spektralni oblik) spektralne karakteristike (Jongman, Wayland i Wong 2000, Reetz i Jongman 2011). Istraživanja frikativa u engleskome jeziku pokazala su da /s/ u engleskome u odnosu na /f/ ima višu vrijednost TSS-a (Jongman, Wayland i Wong 2000, McFarland, Baum i Chabot 1996, Nittrouer 1995, Tomiak 1990, prema Jongman, Wayland i Wong 2000), pozitivnu vrijednost spektralnog nagiba i manju INA-u (Jongman, Wayland i Wong 2000, McFarland, Baum i Chabot 1996, Nittrouer 1995). Rezulati Tomiaka (1990, prema Jongman, Wayland i Wong 2000) pokazali su da engleski /s/ ima višu vrijednost TSS-a i manje raspršenje oko težišta. Kao najpouzdaniji parametar za razlikovanje /f/ i /s/ Forrest i sur. (1988) nalaze NSS. Prema Jongman i sur. (2000), /s/ i /f/ uspješno se akustički razlikuju u svim četirima spektralnim momentima.

Manje je istraživanja razlika u akustičkim obilježjima /s/ i /f/ u hrvatskome. Jedno takvo istraživanje su, u kontekstu kliničkih istraživanja, proveli Horga i sur. (2013). Autori su uspoređivali vrijednosti spektralnih momenata te intenzitet i trajanje, u cilju razlikovanja tipičnog i atipičnog izgovora ovih glasnika. Kliničku skupinu činili su ispitanici bez proteze i s protezom. Rezultati su pokazali statistički znatne razlike između kliničkih skupina i kontrolne skupine. Bakran (1996) napominje da su poremećaji izgovora /s/ i /f/ česti, no da to ne utječe na percepciju njihove fonološke opreke. Ipak, uspostaviti specifične akustičke korelate ovih glasnika u hrvatskome sve više se pokazuje kao nužnost, pogotovo u kontekstu kliničkih istraživanja i primjene.

1.3. Gradacijske pogreške

U ovome istraživanju su se kao govorni materijal u brzem govoru koristile brzalice. Brzalice su u psiholingvističkim istraživanjima jedan od uobičajenih načina izazivanja pogrešaka u svrhu provjere fonološkog kodiranja (npr. Shattuck-Hufnagel 1986, 1987, 1992, Wilshire 1999). Mowrey i

MacKay (1990) otišli su i korak dalje te su, koristeći metodu elektromiografije, uočili međusobne zamjene glasnika koje su perceptivno ostale nezamijećene. Takve pogreške obično se pojavljuju kao tzv. gradacijske pogreške, tj. kao izmiješane artikulacijske geste dvaju konkurentnih glasnika koji se natječu da popune isti pretinac u fonološkom obrascu pri fonološkom kodiranju (vidi Shattuck-Hufnagel 1986, 1992). Frisch i Wright (2002) mjerili su postotak zvučnog periodiciteta u odnosu na ukupno trajanje frikativa u bezvučnog /s/ i zvučnog /z/ u engleskome. Oba glasnika izgovorena su u brzalicama, npr. *sit zap zoo sip*, prema tome, nadmetali su se da popune isti pretinac u fonološkoj strukturi riječi. Otkrili su da s jedne strane neke pojavnice /s/ sadrže određeni postotak periodiciteta, što nije tipično za /s/ s obzirom da je bezvučan, a s druge strane neke pojavnice /z/ ostvarene s manjim postotkom periodiciteta, što je opet netipično za njih. Frisch i Wright (2002) zaključili su da su takva odstupanja od tipičnog akustičkog opisa ovih glasnika posljedica izmjene artikulacijskih gesti ovih dvaju glasnika, što se ne treba nužno i slušno zamijetiti. Takvo miješanje izgovornih gesta otkriveno je i u nekim drugim istraživanjima (Goldstein i sur. 2007, Vidović Zorić i Liker 2020). S obzirom da i ovo istraživanje koristi brzalice u kojima se ciljani glasnici nalaze na konkurentskim mjestima, za očekivati je da će se u nekim pojavnicama akustičke vrijednosti ciljanih glasnika približiti jedne drugima, kao posljedica međusobnog miješanja za njih tipičnih izgovornih gesti.

2. Ciljevi istraživanja i hipoteze

Primarni su ciljevi ovoga istraživanja:

1. ispitati utjecaj brzine govora na akustičke parametre ciljanih frikativa /s/ i /ʃ/
2. ispitati utjecaj zadatka različite kognitivne zahtjevnosti na akustičke parametre ciljanih glasnika
3. provjeriti koji su akustički parametri relevantni u razlikovanju hrvatskih glasnika /s/ i /ʃ/.

Pretpostavlja se sljedeće:

- (1) Brzina govora utjecat će na akustičke parametre ciljanih glasnika.

S obzirom da su istraživanja u drugim jezicima pokazala da govorna brzina može utjecati na neka akustička obilježja glasnika (Agwuele, Sussman i Lindblom 2009, Fourakis 1991, Nadeu 2014, Pickett, Blumstein i Burton 1999, Recasens 2015), za očekivati je da će se to potvrditi i u ovome istraži-

vanju, barem u vrijednostima nekih mjerenih parametara. U ovome istraživanju ispitanice su trebale ponoviti ciljane glasnike u riječima bržim tempom, a zatim u istim riječima sporijim tempom.

(2) Kognitivna zahtjevnost govornog zadatka utjecat će na akustičke parametre ciljanih glasnika.

Istraživanje Livelyja i sur. (1993) pokazalo je da je dodatno kognitivno opterećenje utjecalo na neke akustičke vrijednosti govornoga zvuka, primjerice amplitudu. Ipak, s obzirom na iznimno mali broj istraživanja koji je ispitivao utjecaj kognitivne zahtjevnosti zadatka na akustičke parametre, ova teza izaziva mnogo dvojbi. U ovome istraživanju kognitivno lakši zadatak sastojao se od ponavljanja niza riječi dok su bile napisane na računalnom ekranu, a kognitivno zahtjevniji zadatak sastojao se u ponavljanju istog tog niza riječi odnosno riječi bez pisanoga podsjetnika na ekranu, dakle, samo iz pamćenja.

(3) Glasnici /s/ i /ʃ/ u nekim će se slučajevima u brzalicama neutralizirati, tj. neće se akustički razlikovati – što bi moglo upućivati miješanje njihovih izgovornih gesti, tj. gradacijske pogreške, koje su već identificirane u nekim istraživanjima (Frisch i Wright 2002, Goldstein i sur. 2007, Mowrey i MacKay 1990, Vidović Zorić i Liker 2020). Naime, ciljani glasnici u ispitom materijalu korištenom u ovome istraživanju nalaze se u konkurentskom odnosu, tj. u procesu fonološkog kodiranja zauzimaju isto mjesto (pristup) u fonološkoj strukturi riječi. Zbog takvog odnosa moguće je da dođe do nepotpune zamjene jednog glasnika drugim (tj. zamjene samo pojedinih artikulacijskih gesti) koja će se manifestirati kao približavanje njihovih akustičkih vrijednosti u brzalicama.

3. Metoda

3.1. Ispitanice

Istraživanje je obuhvatilo 10 izvornih govornica hrvatskoga jezika čija je prosječna starosna dob bila 19,9 godina (SD = 1,45 god; 18 – 23 godine života). Sve ispitanice bile su studentice fonetike, a eksperimentu su se dobrovoljno odazvale. Kako bi se postigao što homogeniji uzorak ispitanika, muški ispitanici isključeni su iz ovoga istraživanja. Osim da im je hrvatski izvorni jezik, ispitanice su morale zadovoljiti i sljedeće uvjete: biti urednog slušnog i govorno-jezičnog statusa, urednih vidnih sposobnosti, služiti se desnom rukom kao dominantnom, biti bez motoričkih teškoća. Izvorni idi-

om ispitanica u ovome istraživanju nije se analizirao. Zadovoljavaju li ispitanice navedene uvjete provjerilo se anketom koju su ispitanice ispunile prije pristupa eksperimentu.

3.2. Ispitni materijal

Ispitni materijal činilo je dvanaest brzalica sastavljenih od četiriju jednosložnih riječi hrvatskoga jezika strukture *konsonant – vokal – konsonant* (KVK) (v. Prilog). Među njima su bile i dvije ciljane brzalice: 1) *šum sat šok siv* i 2) *sok šal šef sin*, koje su sadržavale ciljani suglasnički par sastavljen od ciljanih suglasnika /ʃ/ i /s/. U objema brzalicama svaki se ciljani glasnik pojavio dva puta, i to na početnome mjestu u riječi. Ostali, neciljani glasnici, pojavili su se samo jednom u ostalim položajima unutar riječi. U brzatici 1) ciljani glasnici imali su ABAB raspored u riječima ($s^Aum s^Bat š^Aok s^Biv$ – ciljana brzatica ABAB), a u brzatici 2) BAAB raspored ($s^Bok š^Aal š^Aef s^Bin$ – ciljana brzatica BAAB). Ostalih deset brzalica bilo je neciljano, tj. sadržavalo je suglasničke parove koji se u ovome radu nisu akustički analizirali. Neciljane brzalice bile su iste strukture kao i ciljane, a neciljani suglasnički parovi također su se jedini pojavili dva puta na početnom položaju u riječi, i to jednom u ABAB, a drugi puta u BAAB rasporedu. Svrha neciljanih brzalica bila je odvratiti pozornost ispitanica od ciljanih glasnika u namjeri da se dobije što izvorniji izgovor. Brzalice su sastavljene u skladu sa istraživanjima govornih pogrešaka u engleskome u radovima Shattuck-Hufnagel (1987, 1992) i Wilshire (1999).

3.3. Procedura i oprema

Ispitivanje je provedeno u zvučno izoliranoj kabini – Studiju Odsjeka za fonetiku Filozofskoga fakulteta u Zagrebu. Odgovori ispitanica zvučno su snimljeni, s čime su ispitanice bile suglasne. Mikrofon (AKG C414B-ULS; zvučna kartica: Fireface UFX) je od usta ispitanica bio udaljen 20 cm. Prije početka provedbe eksperimenta ispitanicama su izložene upute o njihovim zadacima te su im puštena tri probna podražaja. Eksperiment je podijeljen u dva dijela. U prvome dijelu (*Brži tempo*) ispitanice su trebale ponoviti dvanaest brzalica koje su bile prikazane na računalnom ekranu, među kojima su bile i dvije ciljane brzalice ABAB i BAAB. Ciljana brzatica ABAB uvijek je bila prikazana šesta, a ciljana brzatica BAAB dvanaesta po redu. Četiri riječi svake brzalice prikazane su istodobno na sredini ekrana u horizontalnome smjeru, crnom bojom, Arial fontom, veličinom slova 80, tiskanim slovima u programu PowerPoint. Probni podražaji prezentirani su na isti način, osim što su

slova bila tamnoplave boje. Ekran s prikazom brzalica bio je 17", udaljen od ispitanica oko 70 cm. Ispitanice su prikazanu brzalicu prvo trebale ponavljati dok je prikazana na ekranu (varijabla *Čitanje*), bez stanki između riječi ili nizova. Nakon toga brzalica je iščezla s ekrana, što je bio znak da se brzalica prestane ponavljati. Nakon 2 sekunde ispitanici je ponovno prikazana ista brzalica kao podsjetnik, nakon čega je prikazana zelena točka kao znak da ponovno počne ponavljati brzalicu, ali ovaj put iz sjećanja (varijabla *Prisjećanje*). Iščeznuće zelene točke značilo je kraj ponavljanja. I u čitanju i prisjećanju ispitanice su brzalicu trebale ponavljati 9 sekundi. Nakon 2 sekunde puštena je sljedeća brzalica na isti način. Brzina ponavljanja zadana je metronomom koji je ispitanicama pušten putem slušalica. Glasnoća metronoma u pravilu je bila 45 dB, no prilagođavala se ispitanici, ukoliko je za to bilo potrebe za vrijeme probnih podražaja. Vodilo se računa da ispitanica pri ponavljanju čuje i vlastiti govor. Brzina metronoma bila je 180 otkucaja u minuti. Ispitanice su upućene da sa svakim otkucajem izgovore jednu riječ. U drugome dijelu eksperimenta (*Uobičajen tempo*), koji je uslijedio 5 min nakon prvoga dijela, četiri riječi ciljanih brzalica prikazane su svaka zasebno na ekranu, jedna za drugom, istog redoslijeda kao i u brzalici. Brzina govora nije se kontrolirala, no ispitanice su imale dovoljno vremena svaku riječ izgovoriti uobičajenim tempom. Niz riječi trebalo je ponoviti jednom čitajući (dok je bila prikazana na ekranu), a drugi put iz sjećanja. Ispitanice nisu bile svjesne stvarne namjere eksperimenta, a rečeno im je tek da će se analizirati izgovorna i akustička obilježja snimljenoga govora.

3.4. Obrada podataka

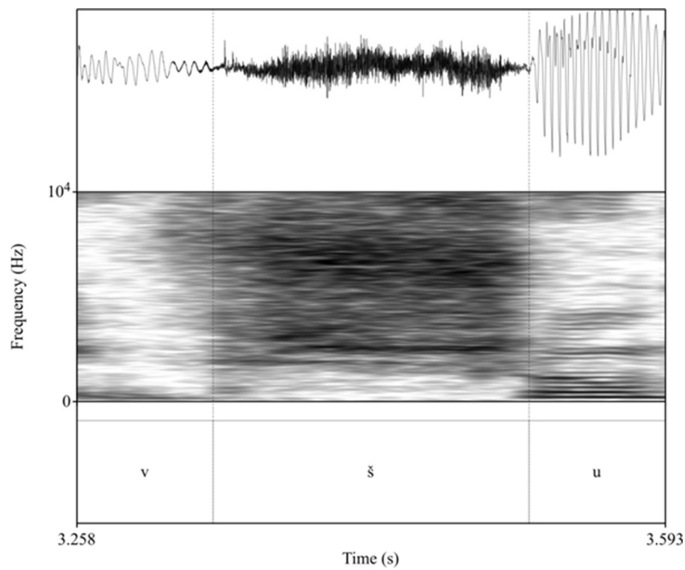
3.4.1. Segmentacija i anotacija

U analizu su ušli ciljani frikativi /f/ i /s/ izgovoreni u prva četiri ponavljanja obje brzalice bržim tempom i četiri ponavljanja ciljanih glasnika izgovoreni uobičajenim tempom u čitanju, a zatim isto toliko i u prisjećanju. Izgovor uobičajenim tempom uzeo se kao kontrolni, neutralni oblik izgovora svakoga glasnika, jer pritom navedeni niz nije izgovoren u obliku brzalice. Prema tome, jedan ispitanik izgovorio je 16 glasnika /s/ i 16 glasnika /f/ bržim tempom u čitanju, isto toliko u prisjećanju, a zatim isto toliko uobičajenim tempom pri čitanju odnosno prisjećanju. Time je 10 ispitanica ukupno izgovorilo 160 glasnika /s/ i 160 glasnika /f/ u čitanju i prisjećanju bržim tempom, i isto toliko ciljanih glasnika uobičajenim tempom (Tablica 1).

Tablica 1. Broj analiziranih pojava ciljanih /s/ i /ʃ/ u četirima različitim varijablama

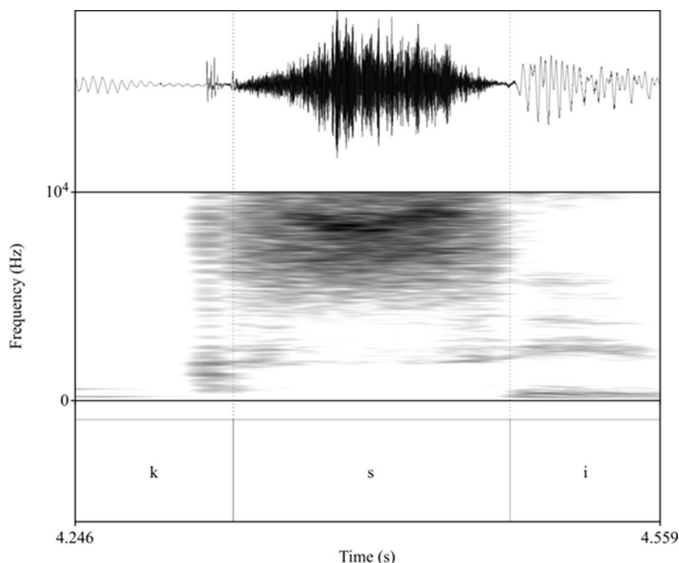
		Pojavnice /s/	Pojavnice /ʃ/
Brži tempo	Čitanje	160	160
	Prisjećanje	160	160
Uobičajen tempo	Čitanje	160	160
	Prisjećanje	160	160

Ciljani glasnici /s/ i /ʃ/ najprije su segmentirani i anotirani u računalnom programu za zvukovnu analizu Praat (Boersma i Weenink 2014). Kada je, pri višestrukom ponavljanju brzalice, ciljanom frikativu prethodio sonant (/m/, /n/, /v/ ili /l/), početak frikativa označio je prestanak fundamentalne frekvencije (f0) na spektrogramu te početak nepravilnih tiktajnih obrazaca na oscilogramu karakterističnih za šumnik (Slika 1), kao u slijedu riječi *šum* – *sat*, *siv* – *šum*, *šal* – *šef* i *sin* – *sok*.



Slika 1. Primjer segmentacije i anotacije frikativa izgovorenog u brzalici nakon sonanta /v/

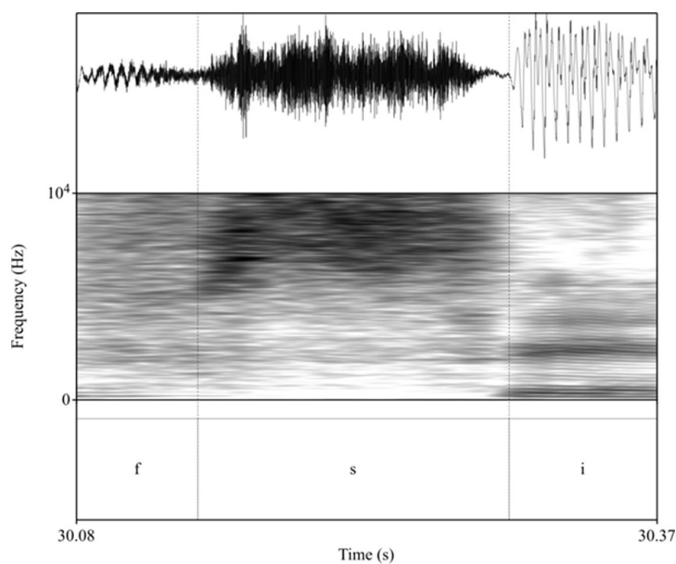
Kada je ciljanom frikativu prethodio okluziv (/k/ ili /t/), kao u sljedovima riječi *sat* – *šok*, *šok* – *šiv* i *soč* – *šal*, početak frikativa označen je na granici prestanka titraja tipičnih za eksploziju okluziva i početka tjesnačnih nepravilnih titraja na oscilogramu, odnosno na početku intenzitetski istaknutog kontinuiranog spektra dodatno pojačanog na specifičnim dijelovima tipičnim za /s/ odnosno /ʃ/ (Slika 2).



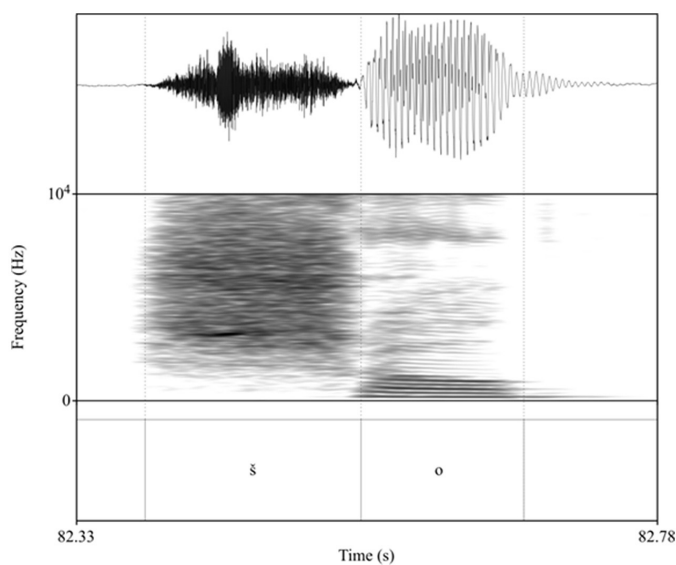
Slika 2. *Primjer segmentacije i anotacije frikativa izgovorenog u brzalici nakon okluziva*

Kada je ciljanom frikativu prethodio frikativ (/f/), početak frikativa označen je na granici prestanka titraja tipičnih za /f/ te početka titraja tipičnih za frikativ u intenzitetski istaknutom na specifičnim dijelovima spektra (Slika 3), kao u slijedu riječi *šef* – *šin*.

Početak ciljanog frikativa u ciljanim riječima označen je na mjestu pojave kontinuiranog šumnog spektra, a kraj na mjestu pojave pravilnih titraja na oscilogramu odnosno prelaska spektra u kontinuirani obrazac s jasno oblikovanom formantskom strukturom tipičnom za vokal koji mu je slijedio (Slika 4).



Slika 3. Primjer segmentacije i anotacije frikativa izgovorenog u brzalici nakon /f/



Slika 4. Primjer segmentiranja ciljanog frikativa na početku riječi nakon kojeg slijedi vokal u izgovoru sporijim tempom

3.4.2. Analizirani akustički parametri i statistička analiza

Analizirani su sljedeći akustički parametri: prosječni intenzitet, trajanje te četiri spektralna momenta: TSS, RSS, NSS i INA. U namjeri da se minimizira utjecaj koartikulacije na akustička obilježja frikativa u ciljanim brzalicama, u mjerenju vrijednosti četiriju spektralnih momenata analizirano je središnjih 20 ms segmentiranog ciljanog frikativa te zvuk u frekvencijskom rasponu od 500 Hz do 16 kHz. Za prikaz rezultata korištena je deskriptivna statistika koja je uključivala podatke o prosječnoj vrijednosti ($\bar{X}$) i standardnoj devijaciji (SD). Za testiranje statistički značajne razlike između dvaju zavisnih uzoraka upotrijebljen je studentov ili t-test. S obzirom na veličinu analiziranih uzoraka (pojavnica ciljanih glasnika), normalnost distribucije pretpostavljena je centralnim graničnim teoremom, prema kojemu distribucija aritmetičkih sredina velikih uzoraka teži normalnosti.

4. Rezultati i rasprava

4.1. Trajanje (T)

Očekivano, prosječno trajanje /s/ i /ʃ/ izgovorenih sporijim tempom značajno je dulje od njihova prosječnoga trajanja pri brzem tempu (Tablica 2 i 3). Ovaj rezultat u skladu je s istraživanjima u engleskome jeziku, koji su pokazali da je pri većoj govornoj brzini trajanje vokala (Agwuele, Sussman i Lindblom 2009, Nadeu 2014, Pickett, Blumstein i Burton 1999, Recasens 2015), ali i nekih suglasnika (Agwuele, Sussman i Lindblom 2009, Pickett, Blumstein i Burton 1999) bilo kraće nego u sporijem govoru. Treba napomenuti da ciljani glasnici pripadaju skupini frikativa, za koje je karakterističan tzv. stacionarni spektar (Bakran 1996, Forrest i sur. 1988, Škarić 1991), zbog čega se u fazi držanja mogu produljiti, odnosno skratiti, a da to ne naruši bitno izgled njihova spektra, odnosno akustičke karakteristike. Trajanja ciljanih glasnika u čitanju i prisjećanju približno je isto, kako u brzem tako i u uobičajenom tempu (Tablica 2 i 3), što pokazuje da kognitivna zahtjevnost zadatka nije utjecala na izgovornu brzinu.

Tablica 2. Prosječna vrijednost i standardna devijacija T-a u milisekundama (ms) za ciljane glasnike u četirima varijablama

			Čitanje		Prisjećanje	
	CG	N	$\bar{X}$ (ms)	SD	$\bar{X}$ (ms)	SD
Brži tempo	/s/	10	147,27	20,39	149,43	20,277
	/f/	10	146,63	23,029	145,19	21,698
Uobičajen tempo	/s/	10	209,01	35,327	209,51	40,536
	/f/	10	187,54	32,893	190,86	38,189

Ovakav rezultat nije u skladu s istraživanjem Livelyja i sur. (1993), koje je pokazalo da neki akustički parametri mogu biti pod utjecajem većeg kognitivnog opterećenja pri obavljanju zadatka. Ipak, s obzirom da je kognitivna zahtjevnost zadatka u ovome istraživanju i istraživanju Livelyja i sur. drukčije naravi, a i mjere se drukčiji akustički parametri i to na različitom govornome materijalu, sve te činjenice treba uzeti u obzir pri interpretaciji različitih rezultata.

Tablica 3. Značajnost razlika (t-test) u vrijednosti T-a za ciljane glasnike izgovorenih bržim tempom u odnosu na uobičajen tempo te u čitanju u odnosu na prisjećanje

Brzalica – Uobičajen tempo					Čitanje – Prisjećanje				
Varijabla	CG	t	df	p	Varijabla	CG	t	df	p
Čitanje	/s/	8,232	9	0,00*	Brži tempo	/s/	1,153	9	0,28
	/f/	5,547	9	0,00*		/f/	-0,748	9	0,47
Prisjećanje	/s/	6,150	9	0,00*	Uobičajen tempo	/s/	0,223	9	0,83
	/f/	4,657	9	0,00*		/f/	0,943	9	0,37

* – značajnost razlike od 1 %

U istraživanju Horge i sur. (2013) trajanja /s/ (185 ms) i /f/ (179 ms) u ispitanika uredne denticije bliska su vrijednostima istih glasnika u govoru normalnog tempa ovog istraživanja. Ipak, prema Škariću (1991), unutarnje prosječno trajanje glasnika /s/ je 91 ms, a /f/ 99 ms, što je i letimičnim pogledom znatno kraće u odnosu na iste vrijednosti u ovom istraživanju. Ova se razlika u rezultatima može objasniti drukčijim govornim korpusom – dok su

Škarićev korpus činili govori u javnim glasilima, prema tome, izgovoreni su u rečenicama različite dužine, te različitih intenzitetskih i intonacijskih oblika, korpus u ovome istraživanju sačinjen je od niza riječi jednake fonološke strukture, a proizveden je u kontroliranim eksperimentalnim uvjetima.

4.2. Intenzitet (I)

Prosječni intenzitet /s/ i /f/ pri uobičajenom tempu bio je veći u odnosu na brži tempo, kako pri čitanju tako i pri prisjećanju, no razlika nije bila značajna (Tablice 4 i 5). Ipak, vrijednost t-testa približava se statističkoj značajnosti u intenzitetu ciljanoga glasnika /s/ pri bržem tempu u odnosu na uobičajen tempo. Na temelju toga moglo bi se zaključiti da brži izgovor ipak utječe na određena akustička svojstva glasnika, no tek u manjoj mjeri. Ciljani glasnici ne razlikuju se značajno u intenzitetu niti kada su izgovoreni u čitanju u odnosu na prisjećanje (Tablice 4 i 5), što je još jedna potvrda da ove dvije varijable ne utječu na akustičku realizaciju glasnika.

Tablica 4. Prosječna vrijednost i standardna devijacija I-a u decibelima za ciljane glasnike u četirima varijablama

			Čitanje		Prisjećanje	
	CG	N	$\bar{X}$ (dB)	SD	$\bar{X}$ (dB)	SD
Brži tempo	/s/	10	62,30	3,69	61,49	4,74
	/f/	10	60,65	4,43	60,35	4,84
Uobičajen tempo	/s/	10	62,94	6,22	62,82	6,06
	/f/	10	61,01	5,64	60,82	5,68

Tablica 5. Značajnost razlika (t-test) u vrijednosti I-a za ciljane glasnike izgovorenih u bržem tempu u odnosu na uobičajen tempo te u čitanju u odnosu na prisjećanje

Brži tempo – Uobičajen tempo					Čitanje – Prisjećanje				
Varijabla	CG	t	df	p	Varijabla	CG	t	df	p
Čitanje	/s/	0,688	9	0,51	Brži tempo	/s/	-1,560	9	0,15
	/f/	0,541	9	0,60		/f/	-1,016	9	0,34
Prisjećanje	/s/	1,883	9	0,09	Uobičajen tempo	/s/	-0,653	9	0,53
	/f/	0,697	9	0,50		/f/	-1,747	9	0,12

Prosječna vrijednost intenziteta za glasnik /s/ u istraživanju Horge i sur. (2013) za govornike uredne denticije iznosila je 64 dB, a za /ʃ/ 65 dB, što su vrijednosti veće nego u ovome istraživanju. Razlika u rezultatima mogla bi se objasniti ispitnim materijalom, koji je u slučaju Horge i sur. činila lista izolirano izgovorene beznačenjske riječi VKV strukture.

4.3. Težište spektra šuma (TSŠ)

Prosječna vrijednost TSŠ-a za /s/ i /ʃ/ bila je veća u brzemu nego u uobičajenom tempu u čitanju te za /ʃ/ u prisjećanju, dok je za /s/ u prisjećanju bila nešto veća u sporijem govoru (Tablica 6). Ova je razlika i statistički značajna za glasnik /ʃ/, i za čitanje i prisjećanje (Tablica 7). Ovakav rezultat upućuje na zaključak da je TSŠ, tj. područje najveće koncentracije energije u spektru, varijabla koja u određenoj mjeri može biti podložna izgovornoj brzini, barem za neke frikative. S obzirom da vrijednost TSŠ-a pri izgovoru /ʃ/ raste pri brzem tempu u odnosu na uobičajen tempo, mogli bismo to shvatiti kao posljedicu povlačenja mjesta izgovora prema naprijed u usnoj šupljini u brzemu govoru, tj. bliži se izgovoru zubno-nadzubnom /s/. Imajući na umu istraživanja koja pokazuju da TSŠ može dobro razlikovati sibilante prema mjestu artikulacije (Jongman, Wayland i Wong 2000), to može upućivati da se, uslijed brzine, a time i manjka nadzora pri fonološkome kodiranju, govornik koleba između odabira konkurentskih glasnika /s/ i /ʃ/ pri popunjavanju istog pretinca (pristupa) pri fonološkoj strukturi riječi. Drugim riječima, ostvario je mjesto artikulacije koje nije u potpunosti tipično ni za /s/ ni za /ʃ/, nego je negdje između njih, što bi se moglo shvatiti i kao gradacijska pogreška. Više prosječne vrijednosti TSŠ-a za oba ciljane glasnika zabilježene su u čitanju u odnosu na prisjećanje i pri brzem i pri uobičajenom tempu (Tablica 6), no razlika nije statistički značajna (Tablica 7), što je još jedan dokaz da ove varijable ne utječu na akustička obilježja glasnika.

Tablica 6. *Prosječna vrijednost i standardna devijacija TSŠ-a u Hz za ciljane glasnike u četirima varijablama*

			Čitanje		Prisjećanje	
	CG	N	$\bar{X}$ (Hz)	SD	$\bar{X}$ (Hz)	SD
Brži tempo	/s/	10	9829,718	854,708	9714,429	1003,396
	/ʃ/	10	5071,281	647,962	4993,431	787,085
Uobičajen tempo	/s/	10	9818,569	772,875	9754,199	776,653
	/ʃ/	10	4663,265	712,391	4600,861	774,157

Tablica 7. Značajnost razlika (t-test) u vrijednosti TSŠ-a za ciljane glasnike izgovorenih bržim tempom u odnosu na uobičajen tempo te u čitanju u odnosu na prisjećanje

Brži tempo – Uobičajen tempo					Čitanje – Prisjećanje				
Varijabla	CG	t	df	p	Varijabla	CG	t	df	p
Čitanje	/s/	0,048	9	0,96	Brži tempo	/s/	0,969	9	0,36
	/f/	4,287	9	0,00*		/f/	0,774	9	0,46
Prisjećanje	/s/	0,160	9	0,87	Uobičajen tempo	/s/	1,08	9	0,31
	/f/	3,144	9	0,01*		/f/	1,212	9	0,26

* – značajnost razlike od 1 %

U istraživanju Horge i sur. (2013), TSŠ za /s/ (7443 Hz) u izgovoru tipičnih govornika također je bio je viši u odnosu na /f/ (3813 Hz). I u mjerenjima engleskih frikativa (Jongman, Wayland i Wong 2000) prosječna vrijednost TSŠ-a je za /s/ i /z/ (6133 Hz) bila statistički značajno viša u odnosu na alveopalatalne /f/ i /ʒ/ (4229 Hz). To je u podudarnosti i s drugim istraživanjima engleskih frikativa koji pokazuju da prosječni šumni spektar za /f/ ima nižu vrijednost u odnosu na /s/ (Nittrouer, Studdert-Kennedy i McGowan 1989, Tomiak 1990, prema Jongman, Wayland i Wong 2000).

4.4. Raspršenje spektra šuma (RSŠ)

Prosječne vrijednosti RSŠ-a, tj. standardna devijacija oko vrijednosti prosječnog težišta spektra šuma, za oba ciljana glasnika bile su veće pri bržem nego pri uobičajenom tempu i u čitanju i prisjećanju (Tablica 8), iako razlika nije statistički značajna (Tablica 9).

Tablica 8. Prosječna vrijednost i standardna devijacija RSŠ-a u Hz za ciljane glasnike u četirima varijablama

			Čitanje		Prisjećanje	
	CG	N	$\bar{X}$ (Hz)	SD	$\bar{X}$ (Hz)	SD
Brži tempo	/s/	10	1820,73	282,85	1877,564	278,834
	/f/	10	2009,99	378,11	1991,463	370,165
Uobičajen tempo	/s/	10	1811,28	295,28	1851,99	266,732
	/f/	10	1930,3	358,58	1922,377	363,321

Vrijednosti RSS-a za glasnik /s/ bile su veće u prisjećanju nego u čitanju i pri bržem i pri uobičajenom tempu, dok je za glasnik /ʃ/ vrijednost ove varijable bila veća u čitanju nego u prisjećanju i pri bržem i pri uobičajenom tempu. Ipak, razlika nije statistički značajna niti za jedan ciljani glasnik u čitanju i prisjećanju, a time i ova akustička varijabla pokazuje da uvjeti eksperimenta nisu utjecali na akustičke parametre glasnika.

Tablica 9. *Značajnost razlika (t-test) u vrijednosti RSS-a za ciljane glasnike izgovorenih bržim tempom u odnosu na uobičajen tempo te u čitanju u odnosu na prisjećanje*

Brži tempo – Uobičajen tempo					Čitanje – Prisjećanje				
Varijabla	CG	t	df	p	Varijabla	CG	t	df	p
Čitanje	/s/	0,181	9	0,86	Brži tempo	/s/	1,632	9	0,14
	/ʃ/	1,000	9	0,34		/ʃ/	-0,473	9	0,65
Prisjećanje	/s/	0,562	9	0,58	Uobičajen tempo	/s/	1,650	9	0,13
	/ʃ/	0,768	9	0,48		/ʃ/	-0,232	9	0,82

U istraživanju Horge i sur. (2013) RSS za /s/ u tipičnih hrvatskih govornika iznosi 2251 Hz, dok za /ʃ/ iznosi 1624 Hz, što su vrijednosti bliske onima u ovome istraživanju. Istraživanje Jogmana i sur. (2000) pokazuje malo raspršenje za engleske sibilante u odnosu na druge frikative.

4.5. Nagib spektra šuma (NSŠ)

Prosječan nagib spektra šuma za /s/ je ispod centra gravitacije u svim četirima eksperimentalnim situacijama, dok je za glasnik /ʃ/ prosječan nagib iznad centra gravitacije (Tablica 10). Usporedimo li prosječan nagib spektra šuma za /s/, on je veći pri bržem nego pri uobičajenom tempu i u čitanju i prisjećanju, iako razlika niti u jednom eksperimentalnom uvjetu nije statistički značajna. Za glasnik /ʃ/ prosječan nagib veći je pak pri uobičajenom nego pri bržem tempu i u čitanju i u prisjećanju, ali razlika ni u ovome slučaju nije statistički značajna (Tablica 11).

Tablica 10. Prosječna vrijednost i standardna devijacija NSŠ-a za ciljane glasnike u četirima varijablama

			Čitanje		Prisjećanje	
	CG	N	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD
Brži tempo	/s/	10	-0,3652	0,6919	-0,3053	0,7945
	/ʃ/	10	1,4201	0,5019	1,4704	0,3712
Uobičajen tempo	/s/	10	-0,2681	0,4567	-0,2740	0,4167
	/ʃ/	10	1,57583	0,313	1,5689	0,3936

Usporede li se vrijednosti NSŠ-a u čitanju i prisjećanju, one su vrlo bliske i za /s/ i za /ʃ/, prema tome, čini se da eksperimentalni uvjeti nisu imali utjecaj niti na ovaj akustički parametar.

Tablica 11. Značajnost razlika (t-test) u vrijednosti NSŠ-a za ciljane glasnike izgovorenih bržim tempom u odnosu na uobičajen tempo te u čitanju u odnosu na prisjećanje

Brži tempo – Uobičajen tempo					Čitanje – Prisjećanje				
Varijabla	CG	t	df	p	Varijabla	CG	t	df	p
Čitanje	/s/	0,585	9	0,57	Brži tempo	/s/	0,6	9	0,56
	/ʃ/	0,728	9	0,48		/ʃ/	0,348	9	0,74
Prisjećanje	/s/	0,171	9	0,86	Uobičajen tempo	/s/	-0,091	9	0,93
	/ʃ/	0,304	9	0,76		/ʃ/	-0,086	9	0,93

Ono što je zanimljivo da /s/ u svim eksperimentalnim situacijama ima negativnu vrijednost NSŠ-a, što znači da mu je nagib pozitivan, odnosno da mu je zvučna energija koncentrirana na višim frekvencijama (Jongman, Wayland i Wong 2000). S druge strane, vrijednosti glasnika /ʃ/ su uvijek pozitivne, što znači da mu je zvučna energija koncentrirana na nižim frekvencijama. Rezultati Jongmana i sur. (2000) pokazuju da je takav smjer nagiba šumnoga spektra za /s/ i /ʃ/ prisutan i u engleskih frikativa, te autori zaključuju da je NSŠ akustički parametar na temelju kojega se mogu razlikovati svi frikativi prema izgovornome mjestu. Ipak, vrijednosti NSŠ-a za /ʃ/, ali i za /s/, izgovorenih od tipičnih hrvatskih govornika u istraživanju Horge i sur. (2013) jesu pozitivne, iako se za /s/ (0,5) približavaju 0, što upućuje na simetričnu distribuciju oko prosjeka (Jongman, Wayland i Wong 2000). Za objasniti ovu razliku u smjeru nagiba spektra šuma u ovo-

me istraživanju i istraživanju Horge i sur. (2000) trebalo bi imati uvid u još neke podatke, poput detaljnih uvjeta snimanja i načina mjerenja.

4.6. Istaknutost najjače amplitude (INA)

Prosječne vrijednosti istaknutosti najjače amplitude za za /s/ bile su veće pri bržem nego pri uobičajenom tempu, kako pri čitanju tako i u prisjećanju, a ista tvrdnja vrijedi i za glasnik /f/. Ipak, razlika u ovome akustičkom parametru između bržega i uobičajenoga govora za oba ciljana glasnika nije bila statistički značajna. U čitanju i prisjećanju vrijednosti INA-e bile su slične, iako su za /s/ bile veće u prisjećanju, a za /f/ u čitanju (Tablica 12), no razlika nije bila statistički značajna (Tablica 13).

Tablica 12. Prosječna vrijednost i standardna devijacija INA-a za ciljane glasnike u četirima varijablama

			Čitanje		Prisjećanje	
	CG	N	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD
Brži tempo	/s/	10	2,133	1,637	2,062	1,476
	/f/	10	3,297	1,413	3,705	1,475
Uobičajen tempo	/s/	10	1,998	1,093	1,645	1,113
	/f/	10	4,038	1,235	4,516	1,849

Tablica 13. Značajnost razlika (t-test) u vrijednosti INA-a za ciljane glasnike izgovorenih u bržem u odnosu na uobičajen tempo te u čitanju u odnosu na prisjećanje

Brži tempo – Uobičajen tempo					Čitanje – Prisjećanje				
Varijabla	CG	t	df	p	Varijabla	CG	t	df	p
Čitanje	/s/	0,337	9	0,74	Brži tempo	/s/	-0,260	9	0,80
	/f/	1,746	9	0,11		/f/	1,640	9	0,14
Prisjećanje	/s/	1,105	9	0,30	Uobičajen tempo	/s/	-1,345	9	0,21
	/f/	1,701	9	0,12		/f/	1,232	9	0,25

Treba uočiti da je za oba ciljana glasnika u svim eksperimentalnim situacijama vrijednost INA-e bila pozitivna, što znači da im spektrogram ima šiljasti oblik s istaknutim vrhovima (Jongman, Wayland i Wong 2000). Pri tom /f/ ima više vrijednosti od /s/ u svim eksperimentalnim slučajevima,

prema tome i istaknutije vrhove od /s/. Vrijednosti INA-e za tipične govornike koje su dobili Horga i sur. (2013) i za /s/ (3) i za /ʃ/ (9) nešto su više nego dobivene u ovome istraživanju, no jesu i bliske i pozitivne. Mjerenja INA-e za engleske frikative pokazuju drukčiji obrazac – /s/ ima višu vrijednost INA-e od /ʃ/ (Jongman, Wayland i Wong 2000), što bi moglo upućivati na drukčije artikulacijske obrasce pri izgovoru tipično engleskih i hrvatskih bezvučnih sibilantnih frikativa.

4.7. Razlikovanje /s/ i /ʃ/ na temelju akustičkih parametara u brzalici i izoliranoj riječi

S obzirom da su neka istraživanja pokazala da navedena četiri spektralna momenta (TSŠ, RSŠ, NS i INA) mogu biti dobri prediktori razlika frikativa /s/ i /ʃ/ (v. Jongman, Wayland i Wong 2000, Kent i Read 2002, Tomiak 1990, prema Jongman, Wayland i Wong 2000) još jedan cilj ovoga rada bio je provjeriti hoće li se i u slučaju hrvatskih /s/ i /ʃ/ moći uspostaviti razlika na temelju navedenih akustičkih parametara. Stoga se s pomoću t-testa provjerila značajnost razlika u navedenim spektralnim momentima te u trajanju i intenzitetu između dvaju ciljanih glasnika, i to kada su izgovoreni bržim i uobičajenim tempom. Rezultati t-testa prikazani su u Tablici 14.

Tablica 14. Značajnost razlika (t-test) u vrijednostima T-a, I-a, TSŠ-a, RSŠ-a, NS-a i INA-e između /s/ i /ʃ/ izgovorenima bržim i uobičajenim tempom

Varijabla	/s/ – /ʃ/					
	Brži tempo			Uobičajen tempo		
	t	df	p	t	df	p
T	1,016	9	0,34	-0,371	9	0,72
I	2,815	9	0,02**	3,566	9	0,01*
TSŠ	14,955	9	0,00*	21,19	9	0,00*
RSŠ	-0,987	9	0,35	-0,715	9	0,49
NSŠ	-6,549	9	0,00*	-15,526	9	0,00*
INA	-2,199	9	0,06	-4,749	9	0,00*

* – značajnost razlike od 1 %, ** – razina značajnosti od 5 %.

Rezultati pokazuju da se u govoru uobičajenom govornom brzinom /s/ i /ʃ/ razlikuju u svim spektralnim momentima, osim u RSŠ-u. Podsjetimo da je riječ izgovorena uobičajenim tempom ostvarena najbliže izgovoru u

spontanome govoru, tj. kanonskome obliku. To znači da /s/ u odnosu na /ʃ/ u hrvatskome jeziku ima znatno više vrijednosti TSŠ-a, pozitivan spektralni nagib (koji se očituje kao koncentracija zvučne energije na višim frekvencijama; Jongman, Wayland i Wong 2000), dok je u /ʃ/ nagib negativan te ima manju istaknutost najjače amplitude (Tablice 6, 8, 10, 12). Frikativ /s/ u hrvatskome također ima i manje raspršenje zvučne energije oko težišta spektra, no razlika u odnosu na /ʃ/ nije statistički značajna. Ovakav rezultat pokazuje da se na temelju 1., 3. i 4. spektralnog momenta može uspostaviti razlika između /s/ i /ʃ/ u hrvatskome jeziku. Slični su rezultati zabilježeni i u istraživanjima engleskih frikativa, koji su pokazali da /ʃ/ u engleskome ima nižu vrijednost TSŠ-a, pozitivnu vrijednost spektralnog nagiba i manju INA-u (Jongman, Wayland i Wong 2000, McFarland, Baum i Chabot 1996, Nitttrouer 1995). Rezultati Tomiaka (1990, prema Jongman, Wayland i Wong 2000) pokazuju da engleski /s/ ima višu vrijednost TSŠ-a, manje raspršenje oko težišta, i veću INA-u. Prema Jongmanu i sur. (2000), sva četiri spektralna momenta uspješno diskriminiraju frikative /s/ i /ʃ/. Rezultati ovoga istraživanja pokazali su da se vrijednosti TSŠ-a i NSŠ-a za /s/ i /ʃ/ značajno razlikuju i kada su ciljani glasnici izgovoreni u bržemu govoru. Za razliku od izgovora uobičajenim tempom, vrijednost INA-e između /s/ i /ʃ/ u bržemu govoru nije značajno različita. Drugim riječima, vrijednosti INA-e za /s/ i /ʃ/ u bržemu govoru mnogo su se više približile (razlika je iznosila 14032 Hz) nego pri uobičajenom tempu (razlika je iznosila 24557 Hz). Ovo približavanje vrijednosti moglo bi upućivati na postojanje tzv. gradacijskih pogrešaka, koje su rezultat izmiješanih izgovornih gesta dvaju glasnika, a utvrđene su u mnogim akustičkim i artikulacijskim analizama (Frisch i Wright 2002, Goldstein i sur. 2007, Mowrey i MacKay 1990, Vidović Zorić i Liker 2020). Ovakav rezultat mogao bi se protumačiti na način da se pogreška nije dogodila u obliku zamjene jednog fonema drugim, u ovome slučaju zamjenom fonema /s/ fonemom /ʃ/, nego približavanjem geste tipične za /s/ gesti tipičnoj za /ʃ/ i obrnuto, u smjeru neutralizacije ovih dvaju glasnika. Tome u prilog ide podatak da se vrijednost INA-e za /s/ u bržem tempu povećala, a za /ʃ/ se smanjila u odnosu na izgovor uobičajenim tempom. Pored četiriju spektralnih momenata, u ovome su istraživanju mjerena i dva dodatna parametra – intenzitet i trajanje. I dok se /s/ i /ʃ/ u trajanju značajno ne razlikuju niti u sporijem niti u bržem tempu, u intenzitetu ta razlika postoji (Tablica 4), s time da je u bržemu govoru nešto manja (na razini značajnosti od 5 %) nego pri uobičajenom tempu (razina značajnosti od 1 %). Ovakav rezultat također

bi mogao ukazivati na djelomičnu redukciju u realizaciji tipičnog izgovornog pokreta ciljanih glasnika u brzemu govoru, tj. da se većom izgovornom brzinom smanjuje intenzitet šuma bezvučnih hrvatskih frikativa.

5. Opća rasprava

Ovim istraživanjem nastojalo se ispitati utjecaj brzine, ali i kognitivne zahtjevnosti zadatka na neke akustičke parametre frikativa /s/ i /ʃ/ u hrvatskome jeziku. I u brzem govoru i pri govoru uobičajenim tempom ispitanici su trebali izgovoriti isti niz od četiriju riječi u kojima su se nalazili ciljani glasnici. Ciljani su glasnici u svim riječima zauzeli poziciju u pristupu, prema tome, trebali su popuniti isti pretinac u fonološkoj strukturi, samo u drugim riječima. Kognitivno jednostavniji zadatak bio je ponavljati zadani niz riječi dok je bio napisan na računalnom ekranu, a kognitivno zahtjevniji zadatak sastojao se u ponavljanju istog niza riječi, ali iz pamćenja. Rezultati su pokazali da u brzemu govoru dolazi do skraćivanja trajanja ciljanih glasnika, kako u čitanju tako i u prisjećanju. Ovakvi su rezultati u skladu s istraživanjima u engleskome jeziku (Agwuele, Sussman i Lindblom 2009, Nadeu 2014, Pickett, Blumstein i Burton 1999, Recasens 2015). S obzirom da su akustička obilježja glasnika izravna posljedica konfiguracije artikulatora, ovakav rezultat mogao bi se shvatiti kao posljedica skraćivanja vremena realizacije artikulacijskih pokreta u brzemu govoru (Flege 1988). Imajući na umu da oba ciljana glasnika pripadaju skupini frikativa za koje je karakterističan stacionarni spektar i statičnost u fazi držanja pri artikulaciji (Bakran 1996, Forrest i sur. 1988, Škarić 1991), nije za očekivati da bi ovo skraćivanje vremena njihove realizacije moglo utjecati na percepciju ciljanih glasnika. Od ostalih akustičkih parametara mjerenih u ovome istraživanju, brzina govora utjecala je jedino na TSŠ, i to samo u slučaju glasnika /ʃ/, kako u čitanju, tako i u prisjećanju. Pritom je vrijednost TSŠ-a za glasnik /ʃ/ u brzemu govoru viša nego pri govoru uobičajenim tempom. Imajući na umu da je TSŠ mjera koja otkriva frekvencijsko područje s najvećom količinom energije na šumnome spektru, a pritom /s/ kao predniji glasnik u odnosu na /ʃ/ ima više vrijednosti (Bakran, 1996), evidentirane više vrijednosti TSŠ-a za /ʃ/ mogle bi se shvatiti kao posljedica povlačenja izgovornog mjesta prema naprijed, tj. kao približavanje vrijednostima drugoga ciljanog glasnika – /s/. S obzirom na ograničen broj podataka, teško je donijeti pouzdan zaključak o uzroku ovoga povlačenja, no mogući razlog mogle bi biti i tzv. gradacijske pogreške, uslijed nadmetanja glasnika /s/ i

/ʃ/ da popune pristupno mjesto u nizu od četiriju zadanih riječi u brzalici pri fonološkome kodiranju. U tome procesu, pokret jezika približio se artikulacijskoj gesti tipičnoj za /s/, iako se /s/ nije u potpunosti realizirao. Slično su otkrili Frisch i Wright (2002), kada su u bezvučnom /s/ u engleskome utvrdili određeni postotak periodiciteta, a u zvučnome /z/ taj je postotak bio manji od tipičnoga za ovaj glasnik. Ipak, rezultati ovog istraživanja pokazuju da je izgovor /s/ otporniji na utjecaj govorne brzine, s obzirom da razlika u vrijednosti TSS-a za ovaj glasnik nije bila statistički značajno različita pri bržem i uobičajenom tempu. Ostali akustički parametri ciljanih glasnika nisu se značajno razlikovali u bržem govoru i govoru uobičajena tempa. Prema tome, možemo zaključiti da je prva pretpostavka, prema kojoj brzina govora utječe na akustičke parametre ciljanih glasnika, djelomično potvrđena, tj. odnosi se samo na neke parametre, a to su trajanje i TSS, i to ne za oba ciljana glasnika podjednako. Ovakav rezultat ukazuje na zaključak da nisu svi spektralni momenti jednako (ne)osjetljivi na promjene u brzini izgovora. Značajna razlika također nije zabilježena između dvaju zadataka različite kognitivne zahtjevnosti – čitanju i prisjećanju, a to se odnosi na sve mjerene akustičke parametre. Prema tome, druga pretpostavka u potpunosti je odbačena. Ipak, u daljim istraživanjima treba uzeti u obzir i neke druge parametre odnosno akustička obilježja govora, koji bi mogli dati rezultate bliskije onima koje su dobili Lively i sur. (1993). Rezultati ovoga istraživanja pokazali su da se /s/ i /ʃ/ u govoru uobičajenim tempom međusobno uspješno razlikuju u svim spektralnim momentima (TSS-u, NSS-u i INA-u), osim u RSŠ-u. Prema tome, u hrvatskome /s/ zvučna energija koncentrirana je na višim frekvencijama na spektru i ima manju istaknutost najjače amplitude u odnosu na /ʃ/, iako oba glasnika imaju relativno šiljasti spektralni oblik. Distribucija spektralne energije oko centra gravitacije u slučaju oba glasnika je asimetrična, samo u drugome smjeru – nagib spektra za /s/ je pozitivan, dok je za /ʃ/ negativan. Ciljani glasnici ne razlikuju se značajno u raspršenju zvučne energije oko njezina težišta. Zanimljiv je podatak da se, za razliku od izgovora uobičajenim tempom, u izgovoru bržim tempom ciljani glasnici nisu razlikovali u INA-i. Pritom su se vrijednosti ciljanih glasnika međusobno približile. Ovakav rezultat, barem djelomično, potvrđuje treću pretpostavku da će se ciljani glasnici u bržemu govoru ponekad neutralizirati, ili k tome težiti. Takav bi rezultat također mogao upućivati na postojanje gradacijskih pogrešaka, odnosno međusobno približavanje ili miješanje gesti dvaju glasnika uslijed fonološkog kodiranja.

6. Zaključak

U ovome istraživanju analiziralo se kako brzina govora i kognitivna zahtjevnost utječu na akustičke značajke glasova /s/ i /ʃ/ u hrvatskom jeziku. Glavni zaključci proizašli iz istraživanja su da brži govor skraćuje trajanje oba glasa, ali i da su vrijednosti težišta spektra šuma za glasnik /ʃ/ u bržem govoru više, sugerirajući pomak mjesta izgovora prema glasniku /s/. Glas /s/ pokazao se otpornijim na utjecaj brzine govora u svim četirima spektralnim momentima. Kognitivna zahtjevnost (čitanje u odnosu na pamćenje) nije značajno utjecala na akustičke parametre. Nadalje, u sporijem govoru, /s/ i /ʃ/ se akustički dobro razlikuju; u bržem govoru, teže neutralizaciji, što može ukazivati na gradacijske govorne pogreške. Da bi se potpunije shvatio potencijalni utjecaj govorne brzine na akustička obilježja glasnika, buduća istraživanja trebala bi uključiti i druge glasnike, kao i raznovrsniji govorni materijal. To se prije svega odnosi na analiziranje razlika u spontanome govoru ostvarenim različitim tempom. Brzalice su naime metoda koja omogućuje eksperimentalno prikupljanje govornog uzorka, a podaci dobiveni na taj način mogu odstupati od podataka u spontanome govoru. Također, uzorak bi trebalo proširiti na veći broj različitih govornika te ispitati sve promatrane akustičke parametre, uzевši u obzir i polazni idiom ispitanika. Ipak, dobiveni rezultati doprinose akustičkome opisu bezvučnih frikativa /s/ i /ʃ/ u hrvatskome jeziku te razumijevanju njihovih međusobnih razlika, a to posebice može biti korisno u različitim područjima fonetske primjene, primjerice u kliničke svrhe. Tako rezultati ovoga istraživanja mogu biti značajni u prepoznavanju odstupanja u analiziranim parametrima u kliničkoj populaciji, a posredno mogu pomoći kliničarima u procjeni stabilnosti artikulacije analiziranih frikativa. Nadalje, rezultati daju uvid i u bolje razumijevanje nekih artikulacijskih poremećaja, poput supstitucija i distorzija navedenih glasnika, što može pomoći u uspješnijoj procjeni ozbiljnosti poremećaja i planiranju terapije.

Literatura

- Adams, Scott G.; Weismer, Gary; Kent R. D. (1993) „Speaking rate and speech movement velocity profiles“, *Journal of Speech and Hearing Research*, 36, str. 41–54.
- Agwuele, Augustine; Sussman, Harvey M.; Lindblom, Björn (2009) „The Effect of Speaking Rate on Consonant Vowel Coarticulation“, *Phonetica*, 65, 4, str. 194–209.

- Bakran, Juraj (1996) *Zvučna slika hrvatskoga govora*, Ibis grafika, Zagreb.
- Bakran, Juraj; Mildner, Vesna (1995) „Effect of speech and coarticulation strategies on the locus equation determination“, *Proceedings of the XIIIth International Congress of Phonetic Sciences*; knj. 1, Stockholm, str. 26–29.
- Barić, Eugenija; Lončarić, Mijo; Malić, Dragica; Pavešić, Slavko; Peti, Mirko; Zečević, Vesna; Znika, Marija (1997) *Hrvatska gramatika*, Školska knjiga, Zagreb.
- Baum, Shari R. (1996) „Fricative Production in Aphasia: Effects of Speaking Rate“, *Brain and Language*, 52, 2, str. 328–341.
- Boersma, Paul; Weenink, David (2014). *Praat: doing phonetics by computer* [Computer program]. Version 6.425, dostupno na adresi <http://www.praat.org/>, posjet 18. listopada 2014.
- Dahl, Kimberly L.; Stepp, Cara E. (2021) „Changes in Relative Fundamental Frequency Under Increased Cognitive Load in Individuals With Healthy Voices“, *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 64, 4, str. 1189–1196.
- Flege, James Emil (1988) „Effects of speaking rate on tongue position and velocity of movement in vowel production“, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 84, 3, str. 901–916.
- Forrest, Karen; Weismer, Gary; Milenkovic, Paul; Dougall, Ronald N. (1988) „Statistical analysis of word-initial voiceless obstruents: Preliminary data“, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 84, 1, str. 115–123.
- Fourakis, Marios (1991) „Tempo, stress, and vowel reduction in American English“, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 90, 4, str. 1816–1827.
- Frisch, Stefan A.; Wright, Richard (2002) „The phonetics of phonological speech errors: An acoustic analysis of slips of the tongue“, *Journal of Phonetics*, 30, 2, str. 139–162.
- Goldstein, Louis; Pouplier Marianne; Chen, Larissa; Saltzman, Elliot; Byrd, Dani (2007) „Dynamic action units slip in speech production errors“, *Cognition*, 103, 3, 386–412.
- Horga, Damir; Badel, Tomislav; Liker, Marko; Vidović, Ana (2013) „Utjecaj zubne proteze na izgovor frikativa“, *Hrvatska revija za rehabilitacijska istraživanja*, 49 (Supplement), str. 37–49.

- Horga, Damir; Liker, Marko (2016) *Artikulacijska fonetika*, Ibis grafika, Zagreb.
- Huttunen, Kerttu H.; Keränen, Heikki I.; Pääkkönen, Rauno J.; Eskelinen-Rönkä, R. Päivikki; Leino Tuomo K. (2011) „Effect of cognitive load on articulation rate and formant frequencies during simulator flights“, *Journal of the Acoustical Society of America*, 129, 3, str. 1580–1593.
- Jones Mark J.; McDougall, Kristy (2009) „The acoustic character of fricated /t/ in Australian English: A comparison with /s/ and /ʃ/“, *Journal of the International Phonetic Association*, 39, 3, str. 265–289.
- Jones, Mark J.; Nolan, Francis J. (2007) „An acoustic study of North Welsh voiceless fricatives“, *Proceedings of the XVIth International Congress of Phonetic Sciences*, Saarbrücken, str. 873–876.
- Jongman, Allard; Wayland, Ratree; Wong, Serena (2000) „Acoustic characteristics of English fricatives“, *The Journal of the Acoustical Society of America* 108, 3, 1252–1263.
- Kent, Ray D.; Read, Charles (2002) *Acoustic analysis of speech: 2nd edition*, Singular i Thomson Learning, Canada.
- Li, Fangfang; Edwards, Jan; Beckman, Mary E. (2009) „Contrast and covert contrast: The phonetic development of voiceless sibilant fricatives in English and Japanese toddlers“, *Journal of phonetics*, 37, 1, str. 111–124.
- Liker, Marko (2024) *Koartikulacija*, Ibis grafika, Zagreb.
- Lindblom, Björn (1990) „Explaining phonetic variation: a sketch of the H&H theory“, *Speech production and speech modelling*, ur. Hardcastle, William J.; Marchal, Alain, Kluwer, Dordrecht, str. 403–439.
- Lively, Scott E.; Pisoni, David B.; Van Summers, W.; Bernacki, Robert H. (1993) „Effects of cognitive workload on speech production: acoustic analyses and perceptual consequences“ *The Journal of the Acoustical Society of America*, 93, 5, str. 2962–2973.
- MacPherson, Megan K. (2019) „Cognitive Load Affects Speech Motor Performance Differently in Older and Younger Adults“, *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 62, 5, str. 1258–1277.
- MacPherson, Megan K.; Abur, Defne; Stepp, Cara E. (2017) „Acoustic Measures of Voice and Physiologic Measures of Autonomic Arousal during Speech as a Function of Cognitive Load“, *Journal of Voice*, 31, 4, str. 504.e1–504.e9.

- McClean, Michael D. (2000) „Patterns of Orofacial Movement Velocity Across Variations in Speech Rate“, *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 43, 1, str. 205–216.
- McFarland, David H.; Baum, Shari R.; Chabot, Caroline (1996) „Speech compensation to structural modifications of the oral cavity“, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 100, 2, str. 1093–1104.
- Mefferd, Antje S. (2019) „Effects of speaking rate, loudness, and clarity modifications on kinematic endpoint variability“, *Clinical Linguistics & Phonetics*, 33, 6, 570–585.
- Meireles, Alessandro R. (2021) „Self-organizing jaw gestures with speech rate increase“, *Speech Communication*, 133, str. 31–40.
- Mowrey, Richard A.; MacKay, Ian R. A. (1990) „Phonological primitives: Electromyographic speech error evidence“, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 88, 3, str. 1299–1312.
- Nadeu, Marianna (2014) „Stress- and speech rate-induced vowel quality variation in Catalan and Spanish“, *Journal of Phonetics*, 46, str. 1–22.
- Nittrouer, Susan (1995) „Children learn separate aspects of speech production at different rates: Evidence from spectral moments“, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 97, 1, str. 520–530.
- Nittrouer, Susan; Studdert-Kennedy, Michael; McGowan, Richard S. (1989) „The Emergence of Phonetic Segments: Evidence from the Spectral Structure of Fricative-Vowel Syllables Spoken by Children and Adults“, *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 32, 1, str. 120–132.
- Pickett, Emily R.; Blumstein, Sheila E.; Burton, Martha W. (1999) „Effects of Speaking Rate on the Singleton/Geminate Consonant Contrast in Italian“ *Phonetica*, 56, 3–4, str. 135–157.
- Recasens, Daniel (2015) „The Effect of Stress and Speech Rate on Vowel Coarticulation in Catalan Vowel–Consonant–Vowel Sequences“, *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 58, 5, str. 1407–1424.
- Reetz, Henning; Jongman, Allard (2011) *Phonetics: transcription, production, acoustics, and perception*, John Wiley & Sons, Chichester.
- Shattuck-Hufnagel, Stefanie (1986) „The representation of phonological information during speech production planning: Evidence from vowel errors in spontaneous speech“ *Phonology*, 3, 1, str. 117–149.
- Shattuck-Hufnagel, Stefanie (1987) „The role of word onset consonants in speech production planning: New evidence from speech error

- patterns“, *Motor and sensory processes of language*, ur. Keller, Eric; Gopnik, Myrna, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey, London, str. 17–51.
- Shattuck-Hufnagel, Stefanie (1992) „The role of word structure in segmental serial ordering“, *Cognition*, 42, 1–3, str. 213–259.
- Silić, Josip; Pranjković, Ivo (2007) *Gramatika hrvatskoga jezika*, Školska knjiga, Zagreb.
- Škarić, Ivo (1991) „Fonetika hrvatskoga književnog jezika“, *Povijesni pregled, glasovi i oblici hrvatskoga književnog jezika*, ur. Radoslav Katičić, HAZU; Globus, Zagreb, str. 61–377.
- Težak, Stjepko; Babić, Stjepan (1996) *Gramatika hrvatskoga jezika*, Školska knjiga, Zagreb.
- Vidović Zorić, Ana; Liker, Marko (2020) „Speech errors and articulatory gestures: an electropalatographic investigation“, *Suvremena lingvistika*, 46, 90, str. 205–222.
- Wang, Emily W.; Grigos, Maria I. (2025) „Effects of Speaking Rate Changes on Speech Motor Variability in Adults“, *Language and Speech*, 68(1), 141–161.
- Wilshire, Carolyn E. (1999) „The “tongue twister” paradigm as a technique for studying phonological encoding“, *Language and Speech*, 42, 1, str. 57–82.

Prilog

Redoslijed prikaza brzalica u eksperimentu. Ciljane su 6. i 12. brzalica.

1. tim dol ten dar
2. kad huk hit konj
3. zub žig žeđ zar
4. hod kas hir kum
5. Rim lav red lom
6. *šum sat šok siv*
7. med nov muk nit
8. lug rep rok lan
9. žir zet žal zov
10. dom tup tih dan
11. net mig mač noj
12. *sok šal šef sin*

SUMMARY

Ana Vidović Zorić

THE INFLUENCE OF SPEAKING RATE AND COGNITIVE
LOAD ON THE ACOUSTIC CHARACTERISTICS OF FRICATIVES
/s/ AND /ʃ/ IN CROATIAN

This research examined the influence of speaking rate and tasks with different cognitive demands on the acoustic characteristics of the fricatives /s/ and /ʃ/ in Croatian. It also attempted to determine the acoustic parameters that identify or differentiate these two speech sounds. Ten native Croatian speakers participated in the research. The target segments /s/ and /ʃ/ were produced as a part of tongue twisters that consisted of a series of four monosyllabic words of the CVC structure and were always in the initial position. The participants had to repeat the tongue twisters in four different ways: at a normal speech rate while reading them on the screen, at a normal rate from memory, at a faster rate while reading, and at a faster rate while recalling. “Reading” was considered an easier task, while “recalling” was considered a more cognitively demanding task. The analyzed acoustic parameters were the segment duration, the intensity, and four spectral moments: (1) the spectral center of gravity, (2) standard deviation/variance, (3) skewness, and (4) kurtosis. The results showed that a greater speech rate shortens the duration of the target segments. The speech rate did not affect any spectral moment, except the spectral center of gravity, but only in the case of the fricative /ʃ/. It also did not affect the intensity. In faster speech, target segments did not differ significantly in kurtosis, which indicates the process of their mutual neutralization. The cognitive difficulty of the task did not influence the acoustic characteristics of the target speakers. The research also showed that the 1st, 3rd, and 4th spectral moments successfully distinguish the fricatives /s/ and /ʃ/ in Croatian, while the 2nd spectral moment did not significantly differentiate the target segments. The research has revealed that in the Croatian language the sound energy of the fricative /s/ is concentrated at higher frequencies on the spectrum and has a lower kurtosis than /ʃ/, although both segments have a spectrum with well-defined peaks. Both analyzed segments have an asymmetric distribution of spectral energy around the center, but in opposite directions – for /s/ the kurtosis has positive, while for /ʃ/ has negative values.

Keywords: *speech rate; cognitive load; spectral moments; voiceless fricatives; gradual speech errors*