

# Spiránsok mássalhangzó-kapcsolatokban és intervokális helyzetben

Grácsi Tekla Etelka<sup>1</sup>, Kohári Anna<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Nyelvtudományi Kutatóközpont*

---

## Abstract

Voiceless alveolar and postalveolar sibilants were investigated comparatively in clusters followed by /t/ and intervocalic positions. The main question of the study was whether there is a difference in the coarticulatory patterns of these speech sounds between female and male speakers of Hungarian. 3 intervocalic /s/, 3 intervocalic /ʃ/, 3 V/st/, and 3 V/ft/ clusters were analysed in sentences read by 72 Hungarian speakers. The duration and spectral features (centre of gravity (CoG), standard deviation (sd), skewness, and kurtosis) of the sibilants and the manner of articulation of /t/ were measured. We found that the speakers' gender and the position of /t/ had a significant effect on the ratio of alternative and plosive-like /t/-realisations. The gender affected the duration, CoG, and skewness of the sibilants alongside one or two other factors, namely the consonants (/s/ or /ʃ/) and phonetic context. The influence of phonetic context on the duration manifested at a different magnitude for the two genders. The magnitude of the difference in the CoG of the two sibilants and the effect of the context on this value were dependent on the gender. The skewness was found to be influenced by a three-wise interaction of these factors. The results indicate that there is a difference in the coarticulatory patterns of the analysed two sibilants between the genders that, on the one hand, strengthens that the gender-related CoG-differences of /s/ do not merely result from their physiological differences in Hungarian, similarly to, e.g., English, German and Polish. On the other hand, the coarticulatory patterns also show gender-specific behaviour.

*Keywords:* szibilánsok, spektrális súlypont, koartikuláció

---

## 1. Bevezetés

A szibilánsok akusztikai jellemzőiben több nyelvben megfigyelték, hogy a nők és a férfiak ejtése között eltérés található. Az adatok nem kizárólag anatómiai különbségekre (az akadály előtti üreg méretére) vezethetőek vissza. A koartikulációs vizsgálatok – bár nem elsődleges céljuk volt a nemi különbsé-

---

*Email addresses:* [graczi.tekla.etelka@nytud.hu](mailto:graczi.tekla.etelka@nytud.hu) (Grácsi Tekla Etelka),  
[kohari.anna@nytud.hu](mailto:kohari.anna@nytud.hu) (Kohári Anna)

gek feltárása – mégis mutattak eltérést a nők és férfiak ejtése között. A jelen tanulmányban azt a kérdést tettük fel, hogy a két zöngétlen szibiláns (/s/ és /ʃ/) intervokális és /t/-től követett pozícióban milyen eltéréseket mutat, és ezek között felfedezhető-e különbség a magyar felnőtt nők és férfiak ejtése között.

### 1.1. A szibilánsok képzése

A réshangok képzése során szűkület jön létre valamely artikulációs szervpár tagjai között a toldalékcsőben, és a levegő rendezetlen, turbulens kiáramlása a keskeny résen keresztül sajátos zörejt eredményez (Shadle, 1990; Stevens, 2000). A szűkület létrejöhet például a fogmedernél, ezt nevezzük alveoláris réshangnak, illetve megvalósulhat a fogmeder mögötti területen is, amelyet posztalveoláris réshangnak hívunk. Jelen tanulmányban az alveoláris /s/ és a posztalveoláris /ʃ/ zöngétlen réshangokat vizsgáljuk meg a magyar beszédben különféle hangkörnyezetekben; intervokális helyzetben és az alveoláris zöngétlen felpattanó zárhang előtt (/t/). A spiránsok szerkezetét tipikusan a következő négy akusztikai paraméterrel szokás jellemezni: spektrális eloszlás súlypontja (Centre of Gravity, CoG), spektrális szóródás, spektrális csúcosság és spektrális ferdeség (Forrest et al., 1988; Koenig et al., 2013). A spektrális eloszlás súlypont, röviden CoG-érték a mássalhangzó frekvenciaértékének amplitúdóval történő súlyozott átlagát jelenti. A többi akusztikai paraméter azt mutatja meg, hogy a teljes spektrális eloszlás hogyan viszonyul a spektrális eloszlás súlypontjához, azaz a CoG-hez a mérési időponton/időtartományban. A spektrális szóródás a spektrumösszetevő frekvenciák súlyponttól mutatott átlagos eltérését adja meg, tehát adott pillanatbeli CoG értékehez viszonyítva határozza meg, hogyan szórnak a különböző frekvencia-összetevők. A spektrális ferdeség ugyanakkor a frekvencia-összetevők eloszlásának szimmetriáját mutatja meg. Amennyiben a spektrális ferdeség 0, akkor a CoG alatti és feletti terület kiterjedése ugyanakkora, amennyiben ez az érték pozitív, akkor viszont a súlypont feletti terület kiterjedése nagyobb. A spektrális csúcosság pedig azt adja meg, hogy a spektrális szerkezet milyen mértékben tér el egy CoG-központú Gauss-görbétől. Minél laposabb a görbe, annál alacsonyabb a csúcosság értéke.

### *1.2. A zöngétlen alveoláris és posztalveoláris spiráns akusztikai különbségei*

A különböző spiránsok jól elkülöníthetők egymástól az akadály helye alapján, amely eltérések az akusztikai szerkezetükben is tetten érhetők (Stevens, 2000; magyarra pl.: Olaszy, 2007; Grácsi & Krepsz, 2018). Az alveoláris réshang képzésekor a szűkület előtti artikulációs csatorna rövidebb, mint a posztalveoláris réshang esetében. Ennek következtében az alveoláris spiráns spektruma magasabb CoG értékeket mutat, mint a posztalveolárisé (Perkell et al., 2004). A CoG értékek mellett más spektrális mutatók esetében is eltéréseket tapasztaltak a két réshang között. Amerikai angolban azt találták, hogy az alveoláris réshang esetében szintén magasabb volt a spektrális csúcsosság, a spektrális szórás és ferdeség viszont alacsonyabbnak bizonyult a posztalveoláris réshanghoz képest Jongman et al., 2000. Hozzá kell tennünk azonban, hogy a különböző vizsgálatok eredményei nem teljesen konzisztensek minden spektrális mutató esetében. Míg a szakirodalomban a CoG értékei következetesen magasabbak zöngétlen alveoláris réshang esetében, mint posztalveolárisok esetében (Nittrouer et al., 1989; Shadle & Mair, 1996; Jongman et al., 2000; Perkell et al., 2004; Nissen & Fox, 2005; Koenig et al., 2013; Jannedy & Weirich, 2016), addig a spektrális ferdeség vagy csúcsosság tekintetében a fentebb leírt trendekkel ellentétes eredményeket is kaptak (Shadle & Mair, 1996; Nissen & Fox, 2005). Koenig és munkatársai (2013) szerint az ellentmondások feltehetően a mérés módszertan különbségeire vezethetők vissza, mint például hogy hány helyen mértek a más-salhangzóban, és hogy átlagolták vagy nem a mért értékeket stb. Ez azonban a CoG-értékekre kapott tendenciákban is okozhatna eltérést, így felmerül a kérdés, hogy az egyes mérési módszertanok pontosan milyen módon vezethetnek eltérő értékekhez pont ezekben az eredményekben, de az sem egyértelmű, hogy esetleg lehet-e más magyarázat a különbségek hátterében.

### *1.3. Nemek közötti eltérések*

A spiránsok akusztikai szerkezetére számos szociolingvisztikai tényező lehet hatással, ilyen például a beszélő lakhelye, dialektusa is (Van der Harst et al.,

2007; Jannedy & Weirich, 2016). A jelen tanulmány kérdései szempontjából a nemek közötti eltéréseken van a fókusz.

Mind az alveoláris, mind a posztalveoláris réshang esetében megfigyelték, hogy a CoG-érték magasabb nőknél, mint férfiaknál (Jongman et al., 2000; Perkell et al., 2004; Koenig et al., 2013), a két réshang közti akusztikai távolság viszont ugyanakkora a két beszélői csoporton belül. A nőknél és a férfiaknál is egyértelműen elkülönülnek a különböző helyen képzett réshangok a CoG alapján. További nemek közti eltérések, hogy a nőknél a réshangok nagyobb spektrális szórását mutatták ki a férfiakhoz képest. A spektrális ferdeség alacsonyabb, a csúcosság pedig magasabb volt a nők ejtésében, mint a férfiakéban (Jongman et al., 2000; Fuchs & Toda, 2010). A nemek közti réshangbeli eltérések mögött megemlítik a biológiai eltéréseket, mivel a nőknek kisebb a szájürege, mint a férfiaknak. Másrészt viszont felmerültek az akusztikai vizsgálatok során is olyan mintázatok, amelyek alapján feltételezhető, hogy nem csak az akadály előtti toldalékcsoőrész mérete játszik szerepet az eltérésben. Lengyelben ez az akusztikai eltérés olyan mértékű, hogy a nők ejtésében egy „gyerekesnek”, „nem helyesnek” vélt – stigmatizált – /s/-változatot tapasztaltak és mértek, amely ugyanakkor a lengyel szibilánsok közti akusztikai szembenállást erősíti, ezért feltételezik, hogy a lengyel esetében ez egy olyan hangváltozási folyamat kezdete, amely a lengyel szibilánsok akusztikai megkülönböztetésére szolgál (Czaplicki et al., 2016).

Az artikulációs vizsgálatok megerősítették, hogy a két nem közti eltérés nem csak a fiziológias különbségekből ered. Fuchs és Toda (2010) vizsgálatában azt találta, hogy részben az akadály előtti üreg mérete meghatározza a két nem közt talált eltéréseket, de ennek a területnek a méretjellemzőire kontrollálva a statisztikai modelleket, továbbra is szignifikáns különbséget kaptak a nők és a férfiak eredményei között. Ez azt jelenti, hogy további meghatározó faktor is szerepet játszik a nemek közti eltérésben, csupán az akadály előtti terület méretbeli különbségével nem írható le a CoG-beli eltérés. A palatum hossza nem tért el jelentősen a nemek között. Kiemelik, hogy a metszőfogak hosszát nem vizsgálták, így erre nem kontrollálták az eredményeket. Az artikulációs adatok mellett

ugyanakkor az akusztikai eredményekben is találtak olyan részleteket, amelyek a biológiai eltéréseken túl is látható eltérés a nemek között. Jongman és kollégái (2000) azt találták, hogy míg a férfiak ejtésében a képzési hely mentén hátrafelé haladva egyre alacsonyabbak voltak a spektrális csúcsok értékei, a nők ejtésében a labiodentálisok és a dentálisok között fordított tendencia mutatkozott.

Percepció tesztek alapján azt találták angolban (pl. Linville, 1998; Smyth et al., 2003), dánban (Pharao et al., 2014) és magyarban (Rácz & Schepács, 2013), hogy férfiak beszédében a réshangok magasabb CoG-vel történő ejtése femininebb, homoszexuális orientációjú percepciót eredményezett.

A nemek mellett a beszélő dialektusa, illetve lakhelye is hatással lehet a spiránsok akusztikai szerkezetére (Van der Harst et al., 2007; Jannedy & Weirich, 2016), akár oly módon is, hogy az alveoláris és a posztalveoláris réshang közti különbségek csökkennek. Német felolvasott beszédben például azt találták, hogy a CoG és a spektrális ferdeség egyértelműen eltér a két réshang esetében, ugyanakkor a spektrális csúcsosság és szórás a beszélők lakhelye szerint változott. Míg a Jenában lakó beszélők esetében csak a csúcsosság, a Buxtehudedban lakó beszélők esetében csak a spektrális szórás különbözött a két hangzó összevetésekor (Jannedy & Weirich, 2016).

#### *1.4. Az alveoláris és posztalveoláris réshangok koartikulációja magánhangzókkal és mássalhangzókkal*

A koartikulációs hatások tekintetében az alveoláris és posztalveoláris réshang rezisztenciája és agresszivitása igen erős (Recasens, 2014). A nagy koartikulációs rezisztencia azt jelenti, hogy a hangkörnyezet kevésbé van hatással képzésükre, mint más hangok produkciójára. Az agresszivitás pedig azt, hogy nagyobb mértékben befolyásolják a környező hangok ejtését, mint más beszédhangok. Ennek oka, hogy ejtésük során a nyelvhat precíz beállítására van szükség ahhoz, hogy nagy intenzitású spirantikus zörej jöjjön létre. A követő hang labializáltságával szemben azonban kevésbé rezisztensek lehetnek, hiszen az alveoláris és a posztalveoláris réshang megvalósítása során történő ajakmozgás kevésbé korlátozott (Koenig et al., 2013; Recasens, 2014). Labiális magánhangzó vagy mássalhangzó

előtti réshang CoG értékét alacsonyabbnak mérték, mint illabiális környezetben. Ennek oka, hogy a kerekítő ajakmozgás meghosszabbítja az elülső üreget. Továbbá a spektrális ferdeséget magasabbnak mérték, ha labiális hang követte a réshangot, mint amikor nem labiális (Munson, 2004; Koenig et al., 2013).

Recasens és Rodríguez (2016) katalán magánhangzók és alveoláristól palatális képzési helyig terjedő mássalhangzók artikulációs vizsgálatában felállított egy koartikulációs érzékenységi sorrendet, mely szerint az /ʃ/-nél az /s/ valamivel érzékenyebb – és mivel a két jellemző negatívan korrelál, kevésbé agresszív – volt magánhangzós környezetek között összevetve. A vizsgálatban nyelvkontúrok pozícióit elemezték különböző VCV-hangsorokban. Az /s/ esetében az /ʃ/-hez képest a nyelv elülsőbb területével hozzuk létre az akadályt, ezért az /s/ esetében nyelvnek az akadályhoz képest hátsóbb területeinek pozícióját, mozgását jobban befolyásolta a kontextus, mint az /ʃ/ esetében. A mássalhangzókkal alkotott kapcsolatokban elemezve a mássalhangzókat nagyobb mértékű koartikulációs hatást találtak, mint magánhangzókkal alkotott kapcsolatokban (Recasens & Pallarès, 2001). Az /s/ és az /ʃ/ összevetését nem külön, hanem az elülső alveolárisok (/s, l, r/) és az alveolopalatálisok (/ʃ, ʎ, ɲ/) közötti összevetésekből vonhatjuk el. Az alábbi mintázatok rajzolódtek ki: Az alveolárisok esetében az akadály jellemzőire kisebb hatással volt a hangkörnyezet, mint a posztalveolárisokra. A követő dorzális kontakt hatására azonban érzékeny volt az /s/, palatalizációra hajlamosabb, míg az /ʃ/ az /s, l, r/ hatására depalatalizációra volt hajlamos.

Az alveoláris és posztalveoláris réshang CC-koartikulációját főként az angol nyelv /st/ és /ʃt/ szekvenciáiban elemezték sokan. Meg kell jegyezni, hogy bár ennek egyik oka az, hogy az /st.ɪ/ szekvenciában sok nyelvváltozatban megfigyelhető az alveoláris posztalveolárisrá válása, melyben nyelvváltozási folyamatot is feltételeznek, ugyanakkor a kettős szibiláns + zárhang kapcsolatokat is elemezték, részben mint kontrollkörnyezetet, ezért érdemes ezeket tárgyalni az /st.ɪ/ szekvenciák figyelembevételével.

Angolban tehát szókezdő pozícióban megfigyelték az /st.ɪ/ fonémakapcsolatokban az /s/ [ʃ]-realizációját (öf. l. Janda & Joseph, 2003), Janda és Joseph

(2003) pedig kibővítette ezeket a megfigyeléseket, miszerint további, nem csak /t/-t tartalmazó és nem csak szókezdő fonémakapcsolatokban jelenik meg. A legtöbb tanulmány szerint az /s/ CoG értékeinek módosulását a követő /ɹ/ hanggal való koartikuláció indítja el (vö. Phillips, 2020). Figyelembe kell venni azt, hogy az angolban ez szókezdő pozícióban /s/ + /ɹ/ hangkapcsolat nem fordul elő, míg /ʃɹ/ igen (Algeo, 1978), illetve, hogy emellett a /tɹ/ hangkapcsolatok szó elején sok angol változatban [tʃ]-szerű realizációval valósulnak meg (öf.: Magloughlin, 2018). Ennek artikulációs hátterét (egy angol változatban) Magloughlin (2018) tárta fel: az ajkak és a nyelv elülső területének pozíciója a /tɹ/- és /dɹ/-hangkapcsolatokban a [tʃ] és [dʒ] affrikátákra, míg a nyelvgyök az [ɹ]-re jellemző pozíciót veszi fel a turbulens zörej időbeni közepén. Az affrikátává válás tehát nem teljes artikulációs szempontból. Dolgozatából az is kiderül, hogy ezen realizációk /tʃ/, /dʒ/ észlelete nagyban függ a további hangkörnyezettől. Ohala és Solé (2010) az ehhez hasonló jelenségeket úgy elemzi, hogy a felpattanó zárhangok egy magas nyelvi pozícióval rendelkező hanghoz történő felnyílása során aerodinamikai okokból hosszabb zörejelem valósul meg, ami a percepcióban értelmezhető affrikataként. Összességében tehát a /tɹ/-beli, /tʃ/-közeli /t/-realizáción át az /ɹ/ /s/-re gyakorolt hatása is feltételezhető az /stɹ/-kapcsolatokban (Shapiro, 1995). Továbbá fontos megjegyeznünk, hogy Smith és munkatársai (2019) megpróbálta kapcsolatba hozni a felpattanó zárhangok /ɹ/ hangok előtti affrikációját az /stɹ/ hangkapcsolatban megjelenő /ʃ/-közelítő realizációval. Eredményeik szerint viszont azok a beszélők, akik affrikáltan ejtették a /tɹ/ hangkapcsolatban a felpattanó zárhangot, azoknál nem volt valószínűbb, hogy a réshangot alacsonyabb CoG-vel valósították volna meg /stɹ/-ben (Smith et al., 2019).

Mindez azt jelenti, hogy ebben a hangkapcsolatban tehát nem csak fonetikai jellemzők mentén kell értelmezni az /s/ realizációját és a két szibiláns összefüggéseit.

Ezen kutatások ugyanakkor egyrészt kimutattak nemek közötti eltéréseket is (ausztrál angol: Stevens & Harrington, 2016), másrészt a kételemű, szibiláns + /t/ kapcsolatok elemzését is elindították.

Amerikai, ausztrál, skót angol és német nyelvben is kimutatták, hogy /st/ hangkapcsolatban a réshang CoG értéke alacsonyabb, mint amikor magánhangzó követte (Baker et al., 2011; Stevens et al., 2015; Stuart-Smith et al., 2019). Baker és kollégái (2011) akusztikai elemzésében két csoportra osztotta a beszélőket: akik a két szerző percepciók alapján az /s/-t [ʃ]-ként képzik az /st.ɪ/-hangkapcsolatokban és akik nem. Az eredmények szerint minden /s/ + felpattanó zárhang esetében alacsonyabb volt az /s/ megvalósulásának CoG-értéke, mint az /s/ + magánhangzós kontextusban, míg az /ɪ/ jelenléte még alacsonyabb értékeket eredményezett mindhárom explozívával alkotott kapcsolatban. Az /st.ɪ/, /sp.ɪ/ és /sk.ɪ/ összevetésében pedig az /st.ɪ/ esetében (és így az összes kontextusban is ebben a kontextusban) kapták a legalacsonyabb CoG-t. Az [ʃ]-ejtőként kategorizált beszélők ejtésében az /s/ spektrális csúcsa jóval közelebb esett a magánhangzótól követett /ʃ/-éhoz az /st.ɪ/-hangkapcsolatokban, mint a #\_V pozícióban, míg a másik csoportban változatos mintázatot kaptak, de az ő ejtésükben is minden esetben alacsonyabb volt a CoG a /t/-s kapcsolatokban, mint a #\_V pozícióbeli /s/ esetében.

Ausztrál angolban is elemezték az /s/ realizációit felpattanó zárhangok (/p t k/) előtt, és hasonlóan a fenti eredményekhez, mindhárom explozíva alacsonyabb CoG-t eredményezett, a legalacsonyabbat, a /t/ - feltehetően az /ʃ/ irányába való eltolódás következtében. Az eltérések az intervokális és /s/C-kapcsolatok között azonban beszélőspecifikusak voltak (Stevens & Harrington, 2016).

Skót angolban az /s/ kettős mássalhangzó-kapcsolatokban ugyanannyira alacsony CoG értékeket mutatott, mint hármás mássalhangzó-kapcsolatokban (Stuart-Smith et al., 2019). A nők ejtésében a réshang kevésbé közelített az /ʃ/-realizációhoz a férfiakéhoz képest különböző hangkörnyezetekben, kivéve az /st.ɪ/ mássalhangzó-kapcsolatot, amikor a nők CoG értékei jobban közelítettek a posztalveolárishoz, mint a férfiakéi (Stuart-Smith et al., 2019). Hozzá kell tennünk, hogy ausztrál angolban a nemek között nem találtak ilyen eltéréseket (Stevens & Harrington, 2016).



### 1.5. A spiránsok akusztikai vizsgálatai a magyar beszédben

A nemzetközi szakirodalomhoz hasonlóan a magyar beszédben is eltérést találtak a zöngétlen alveoláris és a posztalveoláris réshang spektrális tulajdonságai között. Az /s/ réshang CoG értékei a várható módon minden vizsgálatban magasabb értékeket mutattak, mint az /ʃ/ réshang esetében (Beke & Gyarmathy, 2010; Bóna & Beke, 2013; Grácsi & Krepsz, 2018). A CoG mellett a spektrális ferdeség mutatott még életkortól, nemtől függetlenül eltérést a réshang képzéshelye szerint (Grácsi & Krepsz, 2018). A nőket és férfiakat együttesen vizsgáló elemzésben a spektrális csúcsosság is jelentős szerepet játszik az alveoláris és posztalveoláris réshangok elkülönítésében (Beke & Gyarmathy, 2010). A réshangok spektrális szerkezetére ugyanakkor a beszélő neme és életkora is hatással volt a magyar beszédben is, hasonlóan az angol nyelvben kapott eredményekhez (Bóna & Beke, 2013; Grácsi & Krepsz, 2018). Azt találták magyar spontán beszédben előforduló réshangok vizsgálatakor, hogy a CoG-érték magasabb nőknél, mint férfiaknál (Beke & Gyarmathy, 2010; Grácsi & Krepsz, 2018) hasonlóan a nemzetközi eredményekhez. Továbbá a spektrális szerkezet szóródása az alveoláris esetében a felnőttek ejtésében volt magasabb a tinédzserekéhez képest, míg a posztalveoláris szóródásértékei a tinédzserek esetében voltak magasabbak a felnőttekhez képest (Grácsi & Krepsz, 2018). Az alveoláris spiráns spektrális szerkezetének ferdeségére a nem oly módon volt hatással, hogy az értéke a férfiak-fiúk esetében a nullához közelített, míg a nők-lányok esetében negatív értékeket találtak. A posztalveoláris spiráns spektrális szerkezetének ferdeségére nem a nem, hanem az életkor volt hatással, a felnőttek esetében ugyanis magasabb értékeket mértek a tinédzserekéhez képest. A nemek még az alveoláris spiráns csúcsossága szempontjából mutattak eltérést, a női beszélők ugyanis centralizáltabban ejtették ezt a hangot, mint a férfiak (Grácsi & Krepsz, 2018). Az elemzések azt is megmutatták, hogy a spiránst követő magánhangzó minősége befolyásolja a spektrális szerkezetet. Az /s/ COG-je alacsonyabb volt követő palatális magánhangzó környezetében, mint veláris magánhangzó előtt, míg /ʃ/ esetében a követő palatális magánhangzó környezetében mértek magasabb CoG értéket (Beke & Gyarmathy, 2010). Az alveoláris és posztalveoláris

spiránsok időtartamában nem találtak lényeges eltérést intervokális környezetben (Beke & Gyarmathy, 2010; Gráczai & Krepesz, 2018). Míg az egyik vizsgálat szerint a nem semmilyen hatással nem volt a réshangok időtartamára (Gráczai & Krepesz, 2018), addig egy másik elemzés szerint a rövid, zöngétlen posztalveoláris spiránsokat a nők szignifikánsan hosszabban ejtették, mint a férfiak (Beke & Gyarmathy, 2010).

A magyar nyelvben az /st/ és /ft/ hangkapcsolat igen gyakori, előbbi a 3., utóbbi a 7. leggyakoribb mássalhangzó-kapcsolat egy kb. 2 millió szóból álló szövegtörzs-vizsgálat szerint (Olaszy, 2007). Legjobb tudomásunk szerint azonban ezeknek az igen gyakori mássalhangzó-kapcsolatoknak spektrális akusztikai szerkezetét még nem vizsgálták. A mássalhangzó-kapcsolatok időtartamait viszont felolvasott szavakban és mondatokban részletesebben is vizsgálták. Az /st/ hangkapcsolat teljes időtartama átlagosan 197 ms, míg az /ft/ hangkapcsolaté 198 ms volt. Az alveoláris réshangot átlagosan 78 ms, míg a posztalveoláris átlagosan 81 ms hosszúnak mérték, tehát hasonló időtartamban realizálódtak (Olaszy, 2007).

### 1.6. Hipotézisek

A jelen tanulmány konkrét kérdései arra vonatkoznak, hogy a két zöngétlen szibiláns milyen akusztikai eltéréseket mutat intervokális és V\_/t/ közötti pozícióban, és hogy ezekben tapasztalható-e eltérés a nemek között. A hipotéziseink az alábbiak voltak. (H1) Feltételeztük, hogy a két mássalhangzó a V\_/t/ pozícióban az intervokális pozíciótól eltérő akusztikai mintázatot mutat, és hogy (H2) az /s/ és /f/ közötti akusztikai távolság csökken ebben a pozícióban. (H3) Feltételeztük, hogy a nők és a férfiak ejtése között nem csak a két spiráns CoG-értékében találhatunk eltérést, hanem a /t/-vel való koartikuláció eltérő mintázattal jelenik meg a két nem esetében. Bár ennek a tanulmánynak a központi témája a két szibiláns, a koartikulációs eredmények megértése végett a /t/ realizációinak képzési módját is górcső alá vettük. A /t/ realizációjában magyar nyelvben korábban azt találták, hogy C\_V pozícióban gyakran fordul elő, hogy réshangként jelenik meg (beszélőnként a vizsgált szekvenciák 5,6–27,8%-

ában), illetve réses szivárgás van jelen a zárszakasz alatt (beszélőnként a vizsgált szekvenciák 0–36,4%-ában)(Neuberger & Grácsi, 2013). Ez alapján feltételeztük, hogy (H4) a /t/ ejtésében a tipikus zár + felpattanás realizációktól eltérő képzési mód is megjelenik.

## 2. Kísérleti személyek, anyag, módszer

Kutatásunkhoz 72 középkorú magyar anyanyelvi beszélő (40 nő és 32 férfi) hanganyaga állt rendelkezésre automatikusan hangszinten felannotálva a BEA-adatbázisból (Neuberger et al., 2014). A kísérleti személyek életkora 20 és 46 év között mozgott, átlagosan 27,3 évesek voltak (szórás  $\pm 7,1$  év). A mondat- és szövegfelolvasásokból kiválasztottunk 6-6 olyan szópárt, amelyekben az /f/ és /s/ hangok hasonló hangkörnyezetben fordultak elő. Mivel mind a megelőző, mind a követő hangzó hatással lehet a spiránsok akusztikai szerkezetére (Smorenburg & Heeren, 2020), ezért úgy választottuk meg a szavakat, hogy a közvetlen hangkörnyezet azonos legyen az /f/ és /s/ esetében. A vizsgált szópárok a következők voltak: *része - megbetegedéseket, tulipánágyások - gyöngyhalászok, része - terméseketől, egyrészt - megbetegedést, esti - keresztül, estére - szilveszterkor*. A *része* szó kétszer fordult elő a felolvasandó szövegben, tehát minden beszélőnél két külön realizációt vizsgáltunk. Úgy választottuk ki a szópárokat, hogy a spiránsokat intervokális helyzetben és mássalhangzó-kapcsolatban is vizsgálni tudjuk. 3 esetben a réshangok intervokális (V\_V), 3 esetben pedig V\_/t/ hangkörnyezetben fordultak elő. Felmerül, hogy egy szópár esetében homoszilabikus, szóvégi mássalhangzó-kapcsolatot vizsgáltunk, míg a többi esetben heteroszilabikus, szóbeljei klasztereket. Egy esetben a szópár között eltér, hogy első szótagi, tehát szóhangsúlyt viselő /f/ áll szemben többedik szótagbeli /s/ ejtésével. Továbbá a szóvégi pozícióban az /f/ és a /t/ között morfémahatár húzódik, az /s/ és a /t/ között nem. Mindezek kontrollálására az adatbázis nem adott lehetőséget, ezért az értékek jellemző tartományait, eloszlását figyeltük meg. Ezek nem mutattak olyan eltérést, ami alapján a jelen vizsgálatot

befolyásolnák. Ugyanakkor a koartikulációs jellemzők további vizsgálata során ezeket a szempontokat célzott felvételekben, kontrolláltan tervezzük elemezni.

A spiránsok és az őket követő hangok határainak megkaptuk az automatikus annotációját (Varga et al., 2015), majd kézzel ellenőriztük az oszcillogram, a spektrogram és auditív információk alapján a Praat 6.1 szoftverrel (Boersma & Weenink, 2018). A spiránsok határait a rés indulásától a rés befejeztéig jelöltük.

A mássalhangzó-kapcsolatok többféleképpen realizálódtak. A megjelenő beszédhang főként a /t/ esetében volt változatos. 12 esetben azonban nem lehetett a két mássalhangzót elválasztani vagy nem jelent meg /t/-realizáció. A két beszédhang között a határt akkor húztuk meg, ha a spiránsra jellemző zörej intenzitása erőteljesen csökkent, így esetleg egy nem tökéletes zár vagy egy kevésbé intenzív réshang követte. Több esetben tehát nem volt zárszakasz. A szét nem választható ejtések az időtartambeli és spektrális elemzésekből kizártuk. A vizsgált mássalhangzó-kapcsolatok /t/-realizációinak elemzését ezekkel együtt ismertetjük. További 22 esetben a beszélők félreolvasták a célszavakat és/vagy szünetet tartottak a szóban, ezért ezeket a megvalósulásokat is figyelmen kívül hagytuk (akkor is, ha a célzott szóbeli pozícióval azonos hangkörnyezetben jelent meg bennük a célhang). Így a 864 lehetséges szóból 34-et zártunk ki félreolvasás vagy nem szegmentálható hanghatár miatt. Összesen 830 spiránsrealizációt vizsgáltunk meg. Az említett realizációk figyelmen kívül hagyása nem befolyásolta az elemzéseinket, mivel az általunk használt statisztikai módszer, a lineáris kevert modell kisszámú hiányzó adat esetén is megbízhatóan alkalmazható (Winter, 2019).

A spiránsok spektrális méréseit egy erre a célra létrehozott Praat-szkripttel végeztük, amely a spektrális jellemzőket a mássalhangzó időtartamának 21 azonos időközönkénti pontján mérte annak 0–100% tartományában. A jelen tanulmányban a mássalhangzó középső 33%-án, azaz a 6–13. ponton mért adatok átlagát mutatjuk be. A méréseket 500 Hz–12000 Hz tartományban 0,005 ms ablaknagysággal 0,002 s-os tolással, 20 Hz-es frekvencialépéssel és Gauss-ablakkal hajtottuk végre. A szkripttel megmértük a spiránsok spektrális eloszlás súly-

pontját (Centre of Gravity: CoG), a spektrális szórását (SD), a spektrális ferdeségét és csúcosságát.

Kiszámítottuk a két mássalhangzó spektrális távolságát normalizált Euklidészi-távolsággal. A négy spektrális jellemzőt (súlypont, szórás, ferdeség, csúcosság) beszélőnként Z-transzformáltuk. Ezekre az értékekre számoltuk ki beszélőnként a két mássalhangzó távolságát a két kontextusban külön-külön.

A statisztikai elemzéseket a R 3.4.3 szoftverben (R Core Team, 2020) hajtottuk végre. A spiránsok időtartamának és spektrális szerkezetének elemzéséhez lineáris kevert modelleket állítottunk fel. Külön-külön modellben vizsgáltuk függő változóként a spiránsok spektrális mérőszámait (CoG, spektrális szórás, csúcosság és ferdeség) és időtartamát. A modellek fix hatása a mássalhangzó, a követő hangkörnyezet (CV vs. CC) és a beszélők neme voltak, míg a beszélőket és a szót (azaz itemet) tekintettük random hatásnak. A random hatásokra egyéni metszéspontokat (intercept) és a beszélőkre meredekséget (random slope) is számoltunk. A statisztikai modelleket az lme4 csomag (Bates et al., 2015) segítségével hoztuk létre, és a  $p$ -értékek meghatározásához az lmerTest csomagban (Kuznetsova et al., 2017) található Satterthwaite-approximációt használtuk. A modellfelállítás során a lehető legbővebb modellből indultunk ki, és szűkítettük addig, amíg a modell nem mutatott szignifikáns eltérést a legbővebb modelltől (hasonlóan Winter, 2019). Minden modell esetében a három faktor [mássalhangzó (/s/ vs. /ʃ/), kontextus (V\_V vs. V\_/t/), nem] interakciójától indultunk a kisebb modellek felé. Azt, hogy melyik változó esetében melyik modell bizonyult a legmegfelelőbbnek, az *Eredmények* fejezetben ismertetjük azok tárgyalásakor. A random meredekséget minden esetben a mássalhangzóra és a követő beszédhangra is állítottunk, de ez nem minden esetben volt megfelelő, mivel túlillesztést okozott. Ezért több esetben csökkenteni kellett a modell random hatásain, és csak a mássalhangzóra illesztett meredekséget megtartani. Ezeket az egyes méréseknél közöljük. A marginális és a kondicionális hatás nagyságot a MuMIn (Bartoń, 2020) és afex (Singmann et al., 2021) csomagok segítségével számoltunk.

Elemeztük a /t/-realizációk eloszlását a két mássalhangzó (/ʃ/ vs. /s/), a két beszélői nem (nő vs. férfi) és a szóbeli pozíció alapján (szóbelseji intervokális pozíció: pl. *szilveszterkor* vs. szóvégen áll, pl.: *egyrészt*). Ezt  $\chi^2$ -próbával végeztük.

A normalizált Euklidészi távolság esetében ismételt méréses ANOVA-t alkalmaztunk (ez csomag: Lawrence, 2016), mivel a Shapiro–Wilk-próba szerint normál eloszlásúnak tekinthető adatokat kaptunk.

### 3. Eredmények

#### 3.1. A mássalhangzó-kapcsolatok /t/-realizációi

Bár a jelen tanulmány központi kérdése, hogy a két spiráns hogyan jellemezhető a /t/ előtti pozícióban az intervokális megvalósulásaihoz képest, ahhoz, hogy a spiránsok elemzését megtehessek, érdemes elemezni, hogy azok hogyan hatnak a /t/-re. Ezt azért érdemes elemezni, mert egyrészt világossá válik, hogy néhány esetben miért nem szegmentálható a két beszédhang, vagy miért nem kimondható egyértelműen a /t/ törlése, másrészt pedig a spiránsban található hangátmenet értelmezésében szerepet játszhat a követő fonéma realizációja. Statisztikai elemzést nem végeztünk a követő /t/ realizációjának függvényében, mivel gyakori, hogy az itt bemutatandó három főkategória közül csak kétféle fordul elő egy beszélő ejtésében.

A mássalhangzó-kapcsolatokban a két elemzett spiráns mindig réshangként valósult meg, azok esetében főleg az időtartam variabilitása szembetűnő. A /t/ ellenben gyakran nem tipikus zárszakasz + felpattanás jellegű megvalósulással jelent meg. A zárszakasz időtartama alatt jellemző volt a réshangból fennmaradó szivárgás, azaz a nem teljes zárképzés. Ennek arányát nehéz megállapítani, mert néhol intenzívebb, néhol kisebb intenzitású a fennmaradó réses lenyomat, ezért nem elemeztük. Ugyancsak több esetben kérdéses, hogy a kialakított kategóriák átmeneténél hol lehet meghúzni a határt. A /t/-realizációkat kategorizáltuk, de az átmeneti kategóriák miatt az 1. táblázatban úgy foglaltuk össze az eredményeket, hogy megadtunk főkategóriát, azaz azt, hogy milyen fő

képzésmód-csoporthoz tartozhat az adott megvalósulás, de alkategóriákat is közlünk, amelyek alapján az átmeneti jellegű megvalósulások is láthatóak. Fő kategóriaként **felpattanó zárhang**, **affrikáta** és **részhang** megvalósulást vettünk fel, továbbá ebben az elemzésben az arányok bemutatása végett még közöljük azokat a realizációkat, amelyeknél nem tudtuk elkülöníteni a két beszédhangot, tehát a /t/ ejtése elmaradt vagy annyira hasonult a megelőző részhanghoz, hogy nem voltak külön szegmentálhatóak. Egy ilyen, nem szegmentálható mintát mutat be az 1. ábra első regisztrátuma.

Az explozíva típusú realizációkhoz azokat soroltuk, amelyben elkülöníthető volt a zárszakasz és az intervokális helyzetű /t/-megvalósulásra emlékeztető, rövid felnyílás. Egy esetben nem volt felnyílás, ezt ugyanide soroltuk, mivel affrikátára nem jellemző a felnyílás elmaradása az akusztikai regisztrátumon. Az 1. ábra 2. regisztrátuma tipikus felpattanó zárhang jellegű realizációra mutat példát. Előfordultak olyan realizációk, amelyekben a zárszakasz ideje alatt annyira intenzív volt a szivárgás, de felpattanás követte, hogy felmerült, hogy esetleg inkább gyenge intenzitású részhangként is lehet őket kategorizálni, amelyet felpattanás követ. Erre mutat példát az 1. ábra 3. lenyomata. Kevés esetben a zárszakasz jól detektálható volt, de több felpattanásszerű esemény történt alatta. A felpattanó zárhangok esetében gyakran előfordul, hogy a zárfelnyílás több felpattanással jellemezhető (magyarra vö. Grácsi & Kohári, 2014), de a jelen esetben hosszabb felpattanás nélküli „kimaradások” tagolták ezeket szét, nem egy felnyílási folyamat részének voltak tekinthetők.

Affrikált realizációnak azt tekintettük, amely esetében ugyan a zárszakasz detektálható, de a felnyílás hosszabb időtartamú (1. ábra 4. lenyomat), esetleg főként réssel (1. ábra 5. lenyomat) jellemezhető. Ezekben a realizációkban is fordult elő (ritkán) felpattanás a zár alatt.

Érdemes megjegyezni, hogy a zár alatti felpattanások megjelenésekor nem találtunk réses szivárgást egy zárhangtípusban sem.

A harmadik főkategória a részhangszerű /t/-realizáció volt (1. ábra 6. regisztrátum). Ebben az esetben a réses elem és a /t/ előtti spiráns között inkább hangátmenet volt felfedezhető, nem zárra utaló lenyomat. Kevés esetben elő-

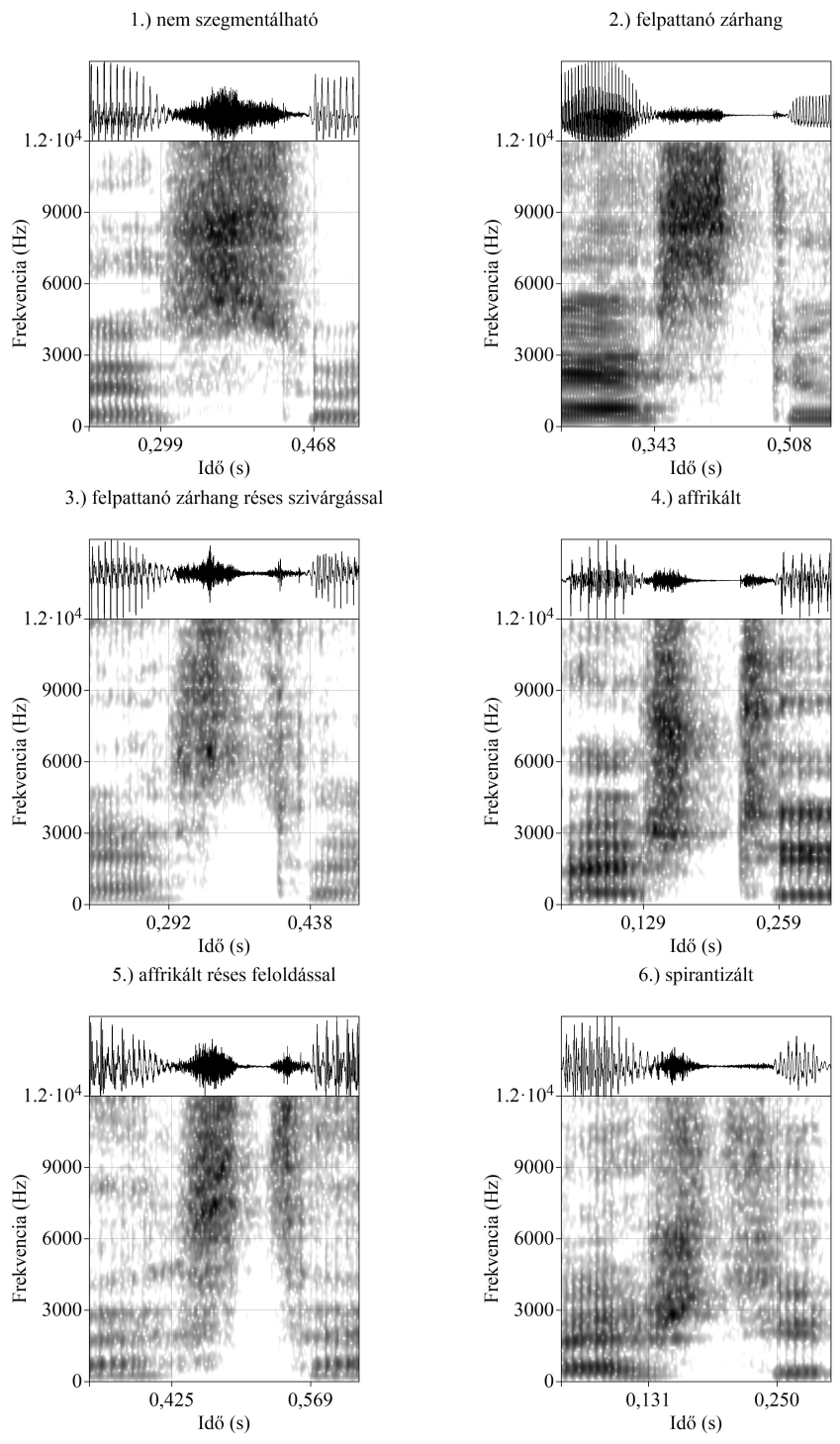
fordult a hangátmenet intenzitásának oly mértékű csökkenése, hogy kérdéses volt, hogy zárképzés jött létre erős szivárgással vagy réshang. A fenti hasonló átmeneti kategóriától a zárfelnyílás elkülöníthetősége alapján külön csoportosítottuk. Azaz ide azokat a megvalósulásokat soroltuk, amelyek esetében nem volt zárfelnyílás tapasztalható. Ugyanakkor megjegyzendő, hogy az intenzitáscsökkenés nyilvánvalóan a zárképzésre törekvés következtében jelenik meg, és hogy az összes bemutatott realizáció leginkább az explozíva-réshang skálán meghúzott határok mentén értelmezhető, mintsem egzakt kategóriákként.

A leggyakoribb realizációk explozívaként voltak besorolhatóak (több mint az esetek felében mindkét spiráns utáni pozícióban), valamivel nagyobb arányban jelentek meg az /ʃ/ után, mint az /s/ után. Az esetek közel negyedében jelent meg affrikált /t/-ejtés. A réshangszerű ejtés gyakoribb volt az /s/ után, az esetek ötödét tette ki, míg az /ʃ/ után csak a tizedét. A mássalhangzók között nem találtunk szignifikáns eltérést a /t/-realizációk gyakoriságában ( $\chi^2(3) = 4,512$ ,  $p = 0,211$ ) (2. ábra).

A nők ejtésében gyakoribb volt, hogy explozívaként realizálódott a /t/ (60,76%), mint a férfiakéban (43,09%). A férfiak mindkét alternatív képzésmódot jellemzően gyakrabban ejtették (affrikáta: 30,32%, réshang: 22,87%), mint a nők (affrikáta: 23,63%, réshang: 13,50%). A nem elkülöníthető /t/-realizációk hasonló arányban jelentek meg mindkét nem ejtésében (nők: 2,11%, férfiak: 3,72%). A nemek között ez az eltérés szignifikánsnak bizonyult. ( $\chi^2(3) = 14,134$ ,  $p = 0,003$ ) (2. ábra).

Mivel két szó esetében a spiráns + /t/ szóvégi pozícióban helyezkedik el, négy esetben intervokális pozícióban, elemeztük, hogy ennek mentén eltér-e az explozíva realizációja. Az eredmények szerint igen ( $\chi^2(6) = 38,736$ ,  $p < 0,001$ ). Míg szóvégi pozícióban a /t/ leggyakrabban a prototipikus explozívarealizációt mutatta (73,72%), affrikátaként (13,97%) vagy réshangként (9,49%) összesen az esetek negyedében jelent meg, addig magánhangzó előtt explozívaként 45,37%-ban, affrikátaként 30,56%-ban, réshangként 21,30%-ban jelent meg. A két hang elkülöníthetősége nem tért el, 3% alatt volt mindkét pozícióban.



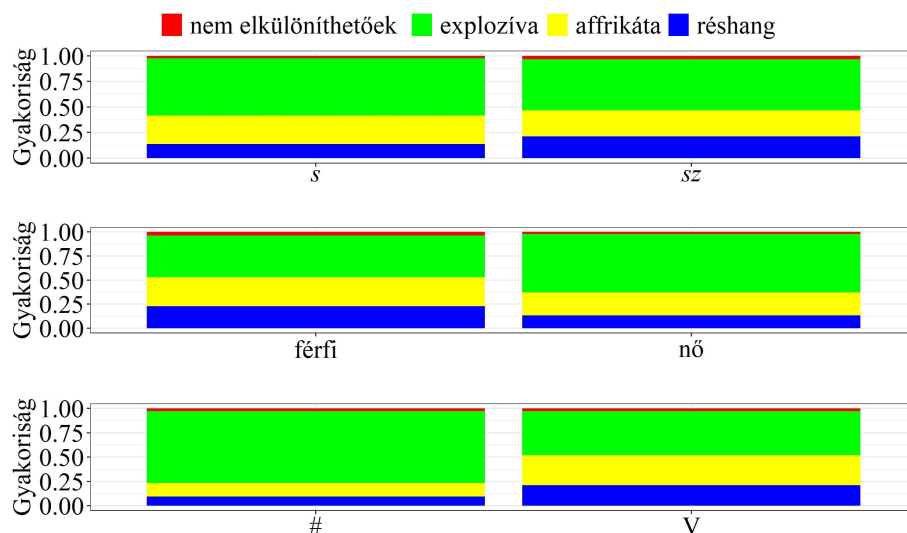


1. ábra. A /t/-realizációk főbb típusai

1. táblázat. A /t/-realizációk típusainak gyakorisága

| <b>főkategória</b> | <b>alkategória</b>  | <b>N</b> | <b>/ʃ/<br/>arány%</b> | <b>N</b> | <b>/s/<br/>arány%</b> |
|--------------------|---|----------|-----------------------|----------|-----------------------|
| nem elkülöníthetők |   | 5        | 2.39                  | 7        | 3.24                  |
| felpattanó zárhang | felpattanó<br>zárhang   | 114      | 54.55                 | 101      | 46.76                 |
|                    | zár + 0<br>felpattanás  | 1        | 0.48                  | 1        | 0.46                  |
|                    | felpattanó<br>zárhang<br>zár nélkül   | 1        | 0.48                  | 6        | 2.78                  |
|                    | felpattanó<br>zárhang<br>felpattanásokkal<br>a zár alatt                                | 1        | 0.48                  | 0        | 0                     |
|                    | összesen  | 117      | 55,98                 | 108      | 50,00                 |
| affrikáta          | zár + réses<br>felnyílás  | 10       | 4.78                  | 20       | 9.26                  |
|                    | zár + hosszabb<br>(affrikátához<br>közelibb)<br>felnyílás                               | 47       | 22.49                 | 33       | 15.28                 |
|                    | zárszakasz,<br>felpattanás a zár<br>alatt + réses<br>felnyílás                          | 1        | 0.48                  | 1        | 0.46                  |
|                    | zárszakasz<br>felpattanásokkal +<br>hosszabb<br>(affrikátához<br>közelibb)<br>felnyílás | 0        | 0                     | 1        | 0.46                  |
|                    | összesen  | 58       | 27,75                 | 55       | 25,46                 |
| réshang            | réshang   | 26       | 12.44                 | 41       | 18.98                 |
|                    | réshang vagy<br>réses felnyílás<br>zár nélkül<br>vagy erős<br>szivárgással              | 2        | 0.96                  | 5        | 2.31                  |
|                    | réshang +<br>felpattanás  | 1        | 0.48                  | 0        | 0                     |
|                    | összesen  | 29       | 13,88                 | 46       | 21,30                 |
| összesen           |   | 209      | 100                   | 216      | 100                   |

Összefoglalva tehát három fő kategóriát állítottunk fel a szibiláns + /t/ kapcsolatokban a /t/ realizációira: explozív, affrikáta, spiráns. Ezek megjelenésé-



2. ábra. A /t/-realizációk fő képzési módjának gyakorisága a két réshang után (fent), a nemek között (középen) és a szóbeli pozíció függvényében (lent)

nek eloszlása a mássalhangzók között nem, de a két nem és a fonémakapcsolat szóbeliseji vs. szóvégi pozíciója mentén szignifikáns eltérést találtunk.

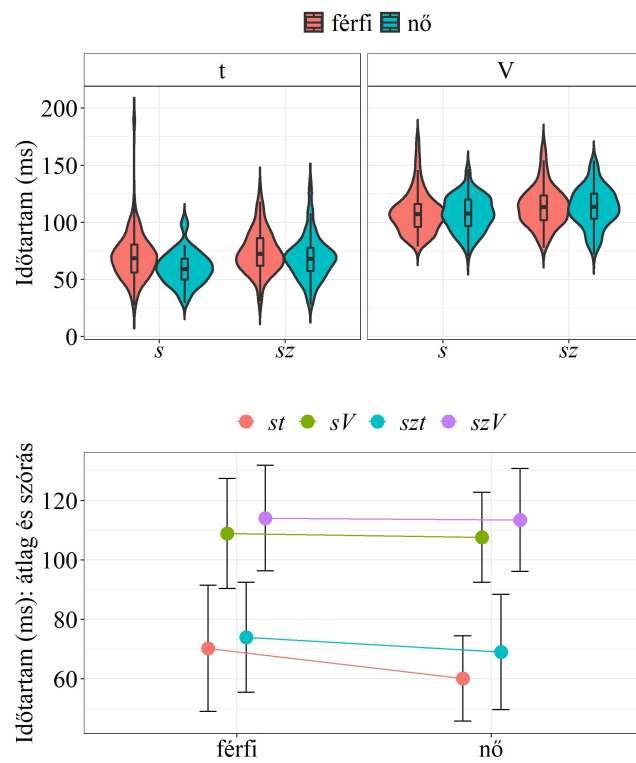
### 3.2. Időtartam

Az /s/ és az /ʃ/ időtartamának eltérését a 3. ábra szemlélteti. A felső panelen hegedűábrák és dobozdiagramok láthatóak. A hegedűábrák elfordított sűrűségfüggvényként szolgálnak, azaz minél szélesebbek egy tartományban, annál több adat szerepel ott. A dobozdiagram pedig a mediánt és a kvartiliseket szemlélteti. Az alsó panelen átlag és szórás látható. Az átlagokat és a szórásokat a 2. táblázat tartalmazza minden mért változóra.

Az időtartamra illesztett modellek közül az bizonyult az adatokat legjobban jellemzőnek, melyben a három vizsgált független változó (mássalhangzó, hangkörnyezet, nem) is szerepelt faktorként, és csak random konstansokat tartalmazott. A hangkörnyezet mint főhatás szignifikánsan hatott az időtartamra ( $F(1, 830) = 193, 868, p < 0, 001$ ), a /t/ előtti környezetben rövidebb volt mindkét réshang, mint intervokális pozícióban. A hangkörnyezet és a nem interakci-

ója bírt még szignifikáns hatással a mássalhangzók időtartamára ( $F(1, 830) = 12,511$ ,  $p < 0,001$ ). Míg intervokális helyzetben nem volt eltérés a mássalhangzók időtartamában a nők és a férfiak között, addig a /t/ előtti helyzetben a nők ejtésében rövidebb volt az /ʃ/, mint a férfiakéban. A nők és a férfiak esetében a két mássalhangzó közötti eltérés hasonlóan alakult intervokális helyzetben, és a V\_/t/ környezetben a nők ejtésében, míg a férfiak esetében ebben a CC-pozícióban nem találtunk eltérést a két réshang időtartama között. A modell marginális hatásnagysága 0,607, a kondicionális 0,764, azaz a fix hatások is nagymértékben magyarázzák az adatokat, a random hatás (random konstans a beszélőre) pedig tovább javítja.

A kiugró értékek az /ʃ/ ejtésében hiperartikulált ejtések voltak, de kizárásuk nem változtat lényegesen a modelleken sem az időtartam, sem a további elemzések tekintetében.



3. ábra. A frikatívák időtartama (ms) a követő beszédhang és a nem függvényében. Fent: teljes tartomány, lent: átlag és szórás

2. táblázat

2.a táblázat. Az /ʃ/ akusztikai jellemzőinek átlaga és szórása a beszélő nemének és a hangkörnyezetnek a függvényében (s. = spektrális, lognorm. = lognormált)

| C                      | /ʃ/     |         |         |         |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|
|                        | nem     | férfi   |         | nő      |
| követő hang            | /t/     | V       | /t/     | V       |
| összes adat            | 90      | 88      | 114     | 113     |
| időtartam (ms)         | 70.25   | 108.93  | 60.11   | 107.68  |
|                        | ±       | ±       | ±       | ±       |
|                        | 21.27   | 18.53   | 14.34   | 15.17   |
| CoG (Hz)               | 3974.07 | 3915.74 | 4520.75 | 4612.86 |
|                        | ±       | ±       | ±       | ±       |
|                        | 735.85  | 700.52  | 726.33  | 785.74  |
| S. szórás (Hz)         | 1766.53 | 1647.47 | 1701.23 | 1662.07 |
|                        | ±       | ±       | ±       | ±       |
|                        | 382.89  | 355.50  | 327.79  | 426.87  |
| S. ferdeség            | 1.65    | 1.84    | 1.69    | 1.68    |
|                        | ±       | ±       | ±       | ±       |
|                        | 0.91    | 1.11    | 0.89    | 1.11    |
| S. csúcsosság          | 6.58    | 7.96    | 7.63    | 8.42    |
|                        | ±       | ±       | ±       | ±       |
|                        | 6.89    | 10.38   | 6.88    | 12.58   |
| S. csúcsosság lognorm. | 1.42    | 1.61    | 1.65    | 1.48    |
|                        | ±       | ±       | ±       | ±       |
|                        | 1.14    | 1.15    | 1.12    | 1.47    |

2.b táblázat. Az /s/ akusztikai jellemzőinek átlaga és szórása a beszélő nemének és a hangkörnyezetnek a függvényében (s. = spektrális, lognorm. = lognormált)

| C                      | /s/     |         |         |         |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|
|                        | férfi   |         | nő      |         |
| nem                    |         |         |         |         |
| követő hang            | /t/     | V       | /t/     | V       |
| összes adat            | 91      | 96      | 118     | 120     |
| időtartam (ms)         | 73.95   | 114.13  | 69.01   | 113.52  |
|                        | ±       | ±       | ±       | ±       |
|                        | 18.52   | 17.81   | 19.39   | 17.32   |
| CoG (Hz)               | 6677.47 | 6755.37 | 8386.82 | 8915.37 |
|                        | ±       | ±       | ±       | ±       |
|                        | 926.22  | 991.21  | 1183.72 | 1323.30 |
| S. szórás (Hz)         | 2298.03 | 2133.33 | 2367.78 | 2197.15 |
|                        | ±       | ±       | ±       | ±       |
|                        | 509.11  | 398.03  | 604.31  | 519.11  |
| S. ferdeség            | 0.64    | 0.87    | -0.35   | -0.31   |
|                        | ±       | ±       | ±       | ±       |
|                        | 0.71    | 0.77    | 0.91    | 1.02    |
| S. csúcsosság          | 2.91    | 3.23    | 3.70    | 4.02    |
|                        | ±       | ±       | ±       | ±       |
|                        | 2.64    | 3.21    | 5.42    | 5.37    |
| S. csúcsosság lognorm. | 0.65    | 0.78    | 0.79    | 0.93    |
|                        | ±       | ±       | ±       | ±       |
|                        | 1.11    | 1.00    | 1.15    | 1.01    |

### 3.3. Spektrális súlypont (CoG)

A CoG jellemzőit a 4. ábra és a 2. táblázat mutatja. A kevert modellek közül az bizonyult az adatokat legjobban leírónak, melyben mindhárom független vál-

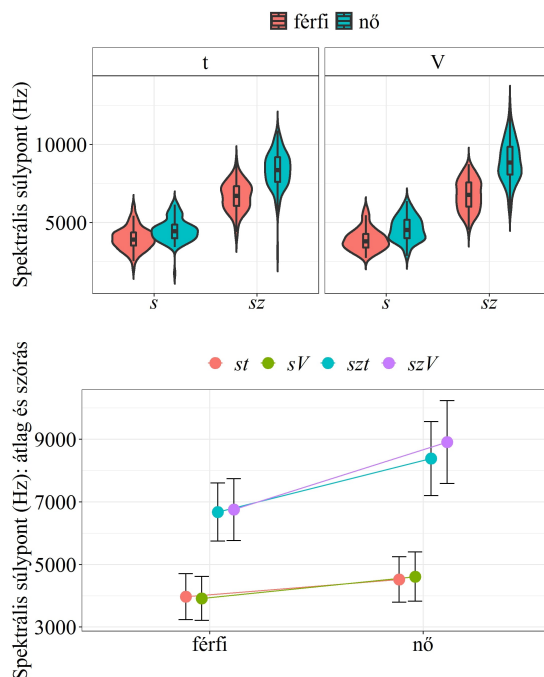
tozó szerepelt, és a mássalhangzóra és a hangkörnyezetre random meredekséget tartalmazott. Ennek eredményeit a 3. táblázat mutatja be. Az eredményekre a főhatások közül a mássalhangzó és a beszélő neme, az interakciók közül a mássalhangzó és a hangkörnyezet is a nemmel való interakcióban bizonyult szignifikánsan meghatározónak. A hármas interakció tendenciaszintre utaló  $p$ -értéket ért el. Az /s/ minden esetben magasabb CoG-vel valósult meg, mint az /ʃ/. Az /s/ intervokális környezetben magasabb CoG-vel realizálódott a nők ejtésében, mint /t/-s környezetben, míg a férfiak ejtésében nem találtunk ilyen összefüggést egyik zöngétlen spiráns esetében sem. A nők ejtésében mindkét réshang mindkét környezetben magasabb spektrális súlyponttal valósult meg, mint a férfiakéban, de ez az eltérés nagyobb volt az /s/ ejtésében.

A marginális  $R^2$  0,798, a kondicionális 0,919 volt, ami azt jelenti, hogy a fix hatások jól magyarázzák az adatokat, és a random hatások (beszélőnkénti random meredekség a mássalhangzóra és a hangkörnyezetre, random konstans az itemekre) ezt tovább erősítik.

3. táblázat. A spektrális súlypontra kapott statisztikai eredmények. (Szürke cellák jelölik a szignifikáns hatásokat.)

| <b>faktor</b>                               | <b><math>F(1, 830)</math></b> | <b><math>p</math></b> |
|---|-------------------------------|-----------------------|
| mássalhangzó                                | 587,434                       | <0,001                |
| beszélő neme                                | 78,1236                       | <0,001                |
| hangkörnyezet                               | 2,4375                        | 0,149                 |
| mássalhangzó * beszélő neme                 | 37,024                        | <0,001                |
| mássalhangzó * hangkörnyezet                | 1,862                         | 0,210                 |
| hangkörnyezet * beszélő neme                | 6,198                         | 0,015                 |
| mássalhangzó * hangkörnyezet * beszélő neme | 3,645                         | 0,0567                |



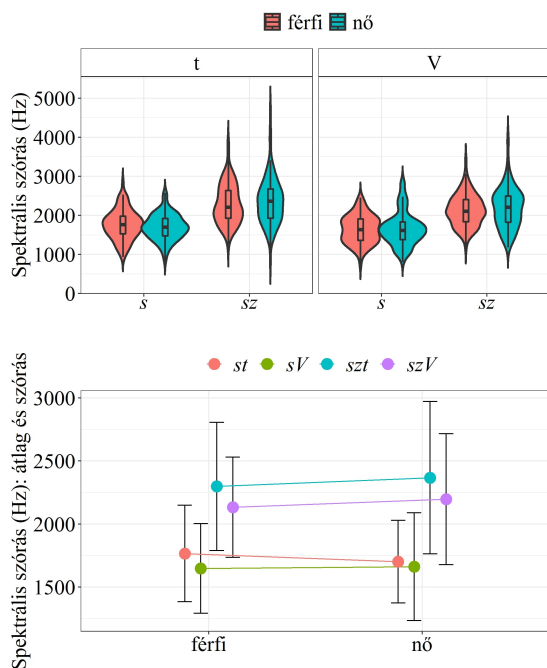


4. ábra. A spektrális súlypont (Hz) a vizsgált spiránsokban a követő beszédhang és a nem függvényében. Fent: teljes tartomány, lent: átlag és szórás

### 3.4. Spektrális szórás

A spektrális szórás esetében az a modell bizonyult az adatokat legjobban leírónak, melyben a nem nem szerepelt, csak a mássalhangzó és a hangkörnyezet, továbbá ezekre random meredekséget is tartalmazott. A spektrális szórás (5. ábra) esetében azt találtuk, hogy a mássalhangzó ( $F(1, 830) = 71,398$ ,  $p < 0,001$ ) és a követő hang ( $F(1, 830) = 7,0107$ ,  $p < 0,021$ ) főhatások gyakoroltak szignifikáns hatást az eredményekre. Az /s/ a hangkörnyezettől és a beszélő nemétől függetlenül magasabb tartományban realizálódott, mint az /ʃ/. A férfiak ejtésében /t/-s környezet mindkét mássalhangzóban magasabb értéket eredményezett, mint az intervokális pozíció, a nők ejtésében csak az /s/-re kaptunk ilyen eltérést. A marginális  $R^2$  0,284, a kondicionális 0,605 volt. Ez azt jelenti, hogy a fix hatások mellett további meghatározó tényezők is hatnak a spiránsok spektrális szórására, de ezek is hozzájárulnak annak értékéhez, emellett

pedig a mássalhangzókra illesztett beszélőnkénti random meredekség nagyban hozzájárul a modell hatékonyságához.



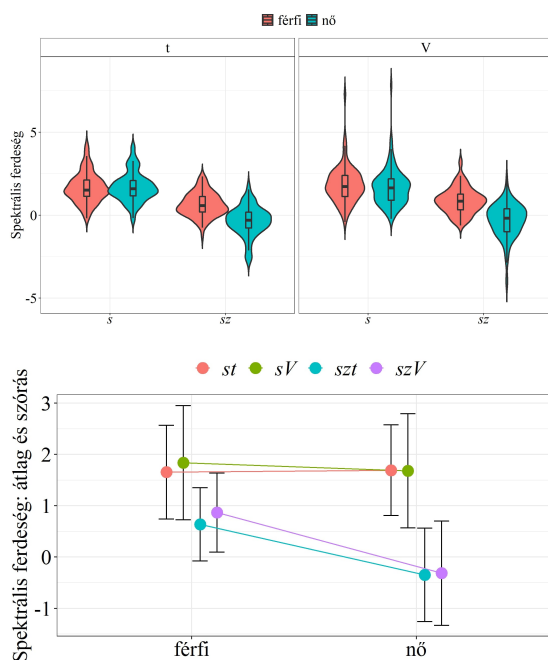
5. ábra. A spektrális szórás (Hz) a vizsgált spiránsokban a követő beszédhang és a nem függvényében. Fent: teljes tartomány, lent: átlag és szórás

### 3.5. Spektrális ferdeség

A spektrális ferdeségre (6. ábra) illesztett modellek közül az adatokat az írta le a legjobban, amelyben mindhárom független változó (mássalhangzó, nem, kontextus) szerepelt, és a mássalhangzóra illesztett random meredekséget tartalmazott. A mássalhangzó ( $F(1, 830) = 136, 835, p < 0, 001$ ) és nem ( $F(1, 830) = 20, 714, p < 0, 001$ ) főhatások és ezek interakciója ( $F(1, 830) = 21, 552, p < 0, 001$ ) esetében kaptuk azt az eredményt, hogy szignifikánsan határozzák meg az eredményeket. Míg a vizsgált hangkörnyezetek között nem tértek el a két mássalhangzóra kapott eredmények, az /s/ spektrális ferdesége

mindkét pozícióban és mindkét nem esetében alacsonyabb volt, mint az /j/-é. A nők ejtésében ez az eltérés nagyobb mértékű volt, mint a férfiak ejtésében.

A marginális  $R^2$  0,465, a kondicionális 0,710 volt, azaz a vizsgált fix hatások nagy magyarázó erővel bírtak, a random hatás (beszélőnkénti random meredekség a mássalhangzóra és itemenkénti random konstans) pedig tovább erősítette a modellt.



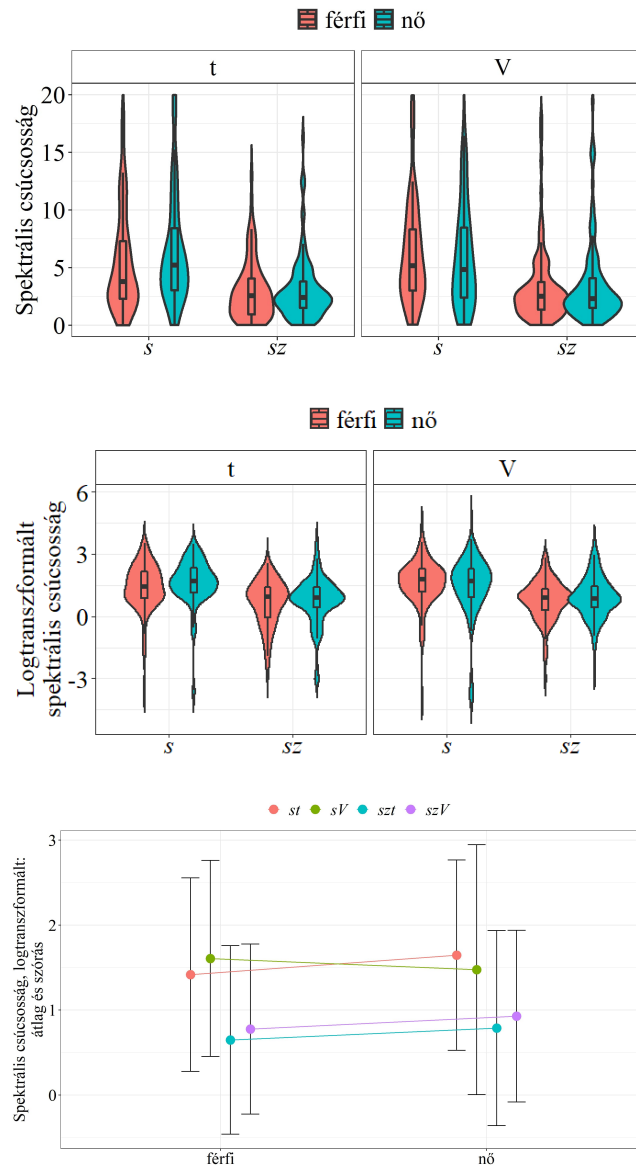
6. ábra. A spektrális ferdeség a vizsgált spiránsokban a követő beszédhang és a nem függvényében. Fent: teljes tartomány, lent: átlag és szórás

### 3.6. Spektrális csúcsosság

A spektrális csúcsosság esetében az a modell írta le az eredményeket a legjobban, amelyikben a nem nem, csak a mássalhangzó és a követő hangzó szerepelt fix hatásként, és csak a mássalhangzóra tartalmazott random meredekséget. A 7. ábrán két hegedű-dobozábra látható. Az első a kinyert adatokat, a második a logtranszformált értékeiket mutatja. Az átlag-szórás ábrát csak a

logtranszformált adatokra közöljük. A logaritmus alapú transzformációra azért volt szükség, mert az adatok sűrűsége nagymértékben emelkedett a pozitív értékektől 0 felé közeledve. A transzformáció előtt ellenőriztük a magas értékeket, a 20 és 40 feletti adatokat. Ezek esetében egy-egy frekvenciatartomány a szibilánsokra jellemző, erős intenzitású sávnál is intenzívebbnek bizonyult, de a legnagyobb érték esetében nem volt ilyen jellemző felfedezhető. Az adatok értelmezéséhez fontos, hogy készítettünk modellt a nem transzformált adatokra úgy, hogy minden értéket megtartottunk, úgy, hogy a 40 felettieket, majd a 20 felettieket kizártuk. Emellett elkészült logtranszformált adatokra is a modell. Egyik esetben sem találtunk eltérést a fix faktorok és azok interakcióinak hatásában, a  $p$ -értékek minimálisan változtak, de az érdemi változást nem okozott. Emellett a hatásnagyságok elemzésében sem értünk el jelentősen jobb értékeket egyik módon sem. A 2. táblázatban mindkét adatsor átlagát és szórását közöljük, mert fontos, hogy bár a transzformáció eredményez negatív értékeket, de a ténylegesen mért csúcsosság adatai között nincsenek negatív értékek, ami pedig a csúcsosságról fontos információ, hogy a Gauss-normál görbéhez képest csúcsosabb irányban jelennek csak meg adatok.

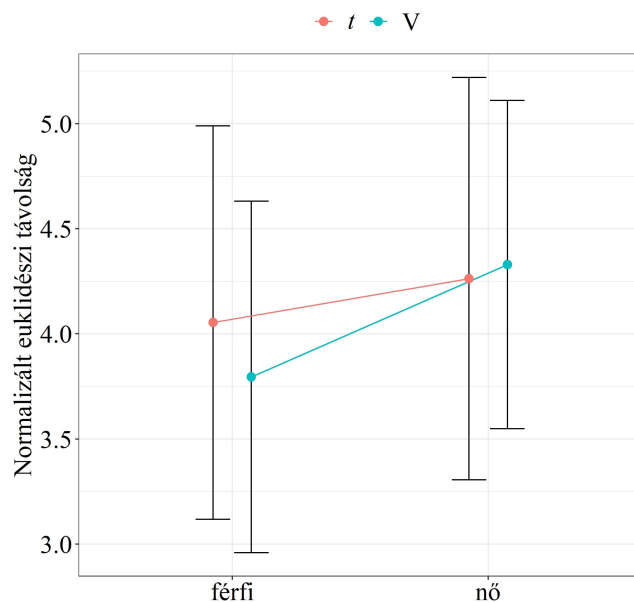
A logtranszormált adatokra készült modell eredményeit ismertetve tehát a mássalhangzó mint főhatás bizonyult szignifikánsan meghatározónak ( $F(1, 830) = 19,624$ ,  $p < 0,001$ ), az  $R^2$ -értékek pedig 0,075 és 0,291 voltak. Vagyis más, nem vizsgált jelentős tényezők is hatnak a csúcsosság értékeire. Bár minimális eltérések látszanak a követő beszédhang és a beszélő neme mentén, de az adatok szóródása nagy, így ezek nem jelentenek eltérést. Az /j/ spektrális csúcsossága mindkét hangkörnyezetben és mindkét nem esetében magasabb volt az /s/-énél.



7. ábra. A spektrális csúcosság a vizsgált spiránsokban a követő beszédhang és a nem függvényében. Fent: teljes tartomány, középen: teljes tartomány logtranszformált eloszlása, lent: átlag és szórás a logtranszformált értékekben

### 3.7. Euklidészi távolság

A két mássalhangzó normalizált euklidészi távolságát is összevetettük (8. ábra). Ebben az időtartamot nem, csak a négy spektrális jellemzőt használtuk fel. Mind a négy jellemző szignifikánsan eltért a két konzonáns között, a csúcosság kivételével pedig a két kontextus között, mint főhatás között vagy legalább a nemmel való interakcióban mutattak eltérést. A két kontextus között számított távolság valamivel alacsonyabb volt a férfiak ejtésében, és míg a nők beszédében nem találtunk eltérést a két kontextus között, a férfiak esetében az intervokális kontextushoz képest nagyobb eltérést kaptunk a /t/-s környezetben. Az ismételt mintás ANOVA eredménye szerint a két nem között ( $F(1, 62) = 0,558$ ,  $p = 0,005$ ) és a nem és a kontextus interakciójában találtunk szignifikáns eltérést ( $F(1, 62) = 0,832$ ,  $p = 0,008$ ).



8. ábra. Az /s/ és /f/ normalizált euklidészi távolsága a két kontextus és a két nem között

#### 4. Következtetések

A zöngétlen alveoláris és posztalveoláris spiránst vetettük össze intervokális és V\_/t/ pozícióban. Egyrészt a réshangok /t/ realizációjára gyakorolt hatását, másrészt a spiránsok időtartamát és spektrális szerkezetét elemeztük. A réshangok koartikulációs agresszióját, azaz a környezetében lévő hangra gyakorolt hatását elemeztük a /t/ különböző realizációinak feltárásával, illetve a koartikulációs rezisztenciáját, ellenállását is megvizsgáltuk a réshangok spektrális szerkezetének mérésével.

A két mássalhangzó utáni /t/-realizációk eloszlása nem tért el szignifikánsan annak függvényében, hogy melyik mássalhangzó előzte meg, de a két nem és a /t/ pozíciója (szóvégi vagy szóbelseji és magánhangzó követi) eltért. A férfiak esetében, illetve a szóbeli helyzetben gyakrabban fordul elő, hogy spirantizált vagy affrikátaközeli realizációval jelent meg.

A két frikatíva között szignifikáns különbséget találtunk a négy spektrális mérőszámban, de az időtartamban nem (hasonlóan a spontán beszédre kapott eredményekhez: Beke & Gyarmathy, 2010; Grácsi & Krepsz, 2018). Az /s/ spektrális súlypontja, szórása és ferdesége magasabb, csúcossága pedig alacsonyabb volt. A csúcosság esetében azonban fontos kiemelni, hogy valójában a két mássalhangzóra jellemző tartomány tért el, az /f/ magasabb értékeket is gyakrabban vett fel.

A két elemzett spiráns realizációi esetében korábban azt találták magyar beszédben (Beke & Gyarmathy, 2010; Grácsi & Krepsz, 2018), hogy a spektrális súlypont és a spektrális szórás értéke az /s/ esetében magasabb posztalveoláris párjához képest. A spektrális ferdeség és csúcosság esetében pedig eltérő eredményeket kaptak. A jelen vizsgálatban a spektrális ferdeséget és csúcosságot az /f/-ben mértük magasabbnak, a hangkörnyezettől és a beszélő nemétől függetlenül, a spektrális súlypont és a spektrális szórás pedig az /s/-ben volt magasabb ugyancsak a másik két tényezőtől függetlenül. Figyelembe kell venni azt is, hogy a nemzetközi szakirodalomban is találtak ellentmondásos eredményeket a CoG

kivételével. Mindezen eltérő eredmények feltárásához célzott vizsgálatokra van szükség.

A kontextus, hogy intervokális vagy V\_/t/ pozícióban állt a vizsgált réshang, önmagában az időtartamra és a szórásra gyakorolt szignifikáns hatást. Az időtartam az intervokális, a szórás a /t/-s környezetben volt magasabb.

A két nem mint főhatás között a spektrális súlypont és ferdeség mutatott szignifikáns eltérést. A spektrális súlypont esetében a korábbi eredményekhez hasonlóan a nők értékei voltak magasabbak, a ferdeség esetében a férfiaké. Az elemzéseinkhez hasonlóan a korábbi vizsgálatok is kimutattak nemek közti különbségeket a spektrális súlypont és a ferdeség értékeiben. Ezekben a vizsgálatokban a CoG és a spektrális szórás értéke magasabb nőknél, mint férfiaknál (Jongman et al., 2000; Koenig et al., 2013; Perkell et al., 2004), a spektrális ferdeség alacsonyabb, a csúcosság pedig magasabb volt a nők ejtésében, mint a férfiakéban (Jongman et al., 2000; Fuchs & Toda, 2010). Habár a mi vizsgálatunkban a csúcosság nem mutatott eltérést a férfiak és nők ejtésében.

Mindezeket az eredményeket több esetben a nem és a mássalhangzó közötti vagy a nem és a kontextus közötti interakció szignifikáns volta árnyalta tovább. A spektrális súlypont esetében mindkét interakció szignifikáns eredményt adott. Ennek oka, hogy az alveoláris konzonáns esetében nagyobb arányú eltérést kaptunk az értékekben a két nem között, illetve, hogy a /t/-s környezet kis mértékben csökkentette ezt az eltérést. Emellett az /s/ esetében nagyobb eltérést kaptunk a nők és a férfiak ejtése között, mint az /ʃ/ esetében. A *Bevezetőben* leírt irodalmi eredmények szerint nem kizárólag fiziológiai oka van az eltérésnek, hanem az artikulációban is eltérő mintázat feltételezhető. Rácz & Schepács (2013) laminálisabb ejtést feltételez a nők ejtésében, ezért percepcióss tesztükben férfi ejtésben a nem laminális és laminális ejtéssel rögzítettek /s/ és /ʃ/ réshangokat tartalmazó felolvasást. Akusztikai eltérést az /ʃ/ esetében találtak e két ejtés között (egy férfi beszélő ejtésében). A percepcióss tesztben a laminális szibilánsokat tartalmazó felolvasást jelentős mértékben femininebbnek tekintették az adatközlők –, ugyanakkor Icht & Boaz (2017) héberben nem talált szignifikáns eltérést a laminális és az apikális ejtésű alveoláris réshangok között.



A valós eltérés feltárásához tehát artikulációs vizsgálatok járulhatnak hozzá. Az artikuláció esetleges eltérése a koartikulációs mintázatok közötti eltérésre is magyarázatot adhat.

Az időtartam esetében a férfiak ejtésében az /ʃ/ /t/-s környezetben nem rövidült szignifikáns mértékben, míg a nőknél mindkét mássalhangzó igen, illetve a férfiak ejtésében az /s/ is.

A spektrális ferdeség esetében a két nem között ismét az /s/ ejtésében mutatkozott nagyobb eltérés, mint az /ʃ/ ejtésében.

Az első hipotézisünk szerint (H1) feltételeztük, hogy a két mássalhangzó a V\_/t/ pozícióban az intervokális pozíciótól eltérő akusztikai mintázatot mutat. Ez az időtartamban, a spektrális súlypont és a spektrális ferdeség értékében mutatkozott meg. Az időtartam és a spektrális súlypont esetében a nemek között eltért. Az amerikai, ausztrál, skót angol és német nyelvben /st/ és egyéb /s/ + felpattanó zárhang hangkapcsolatban a réshang CoG értéke ugyancsak alacsonyabb volt, mint amikor magánhangzó követte (Baker et al., 2011; Stevens et al., 2015; Stuart-Smith et al., 2019) hasonlóan a vizsgálatunkban talált magyar beszédbeli eredményekhez. A CC-kapcsolatban ugyanakkor beszélőspecifikusnak találták, hogy megjelenik-e az eltérő ejtémintázat az intervokális helyzethez képest, vagy sem (Stevens & Harrington, 2016).

A második hipotézisünk szerint (H2) az /s/ és /ʃ/ közötti akusztikai távolság csökken a /t/-s pozícióban. Ez a hipotézisünk nem nyert alátámasztást. A négy spektrális mérőszám alapján kapott normalizált euklidészi távolság a nők ejtésében nem mutatott eltérést a kontextusok között, a férfiak ejtésében pedig a /t/-s környezetben kaptunk magasabb értéket.

(H3) Feltételeztük, hogy a nők és a férfiak ejtése között nem csak a két spiráns CoG-értékében találhatunk eltérést, hanem a /t/-vel való koartikuláció eltérő mintázattal jelenik meg a két nem esetében. A két nem között a spektrális súlypont és a ferdeség esetében találtunk eltérést. A koartikulációs mintázatokban pedig egyrészt az időtartam, a spektrális súlypont és ferdeség, valamint a normalizált euklidészi távolság esetében is eltérést kaptunk.

Negyedik hipotézisünkben feltételeztük, hogy (H4) a /t/ ejtésében a tipikus zár + felpattanás realizációktól eltérő képzési mód is megjelenik. Az eredmények azt mutatták, hogy az esetek közel felében jelentkezik affrikátaszerű vagy spirantizált ejtés, esetleg nem szegmentálható a réshang és a /t/. Érdemes figyelembe venni, hogy ez utóbbi esetben a /t/-törlését is jelentheti a realizáció. A további elemzésekben ezeket a nem szegmentálható eseteket nem vettük figyelembe, mert nem határoltuk el, hogy /t/-törlés vagy ennyire összeolvadt ejtés jelent-e meg, másrészt ha törlődik is a /t/, nem evidens, hogy milyen koartikulációs csoportba kell sorolni a réshang realizációját. Fontos továbbá megjegyezni, hogy a tipikus explozív-, affrikata- és spiránsrealizációk helyett gyakran kevésbé kategoriálisan, inkább skálaszerűen képzelhetőek el ezek a megvalósulások, tehát a prototipikus lenyomatok mellett több határeset is előfordult. A /t/ nem prototipikus explozív realizációinak és ezek skálaszerű megjelenésének az oka feltehetően a nem teljes zárképzés, mivel a zárszakasszal megjelenő beszédhangok ideje alatt is gyakorta gyengébb-intenzívebb réses szivárgás volt tapasztalható. Hasonló okok feltételezhetőek, mint a Bevezetőben ismertetett angol /tɹ/, /dɹ/ esetében tapasztalható, a két képzési mód közötti nem teljes váltás (Magloughlin, 2018). Az alveoláris explozív + /ɹ/ esetében azt találták, nyelv elülső és hátulsó területe eltérő hangzóra jellemző pozíciót vett fel (az elülső affrikátákra jellemző, a hátulsó az /ɹ/-re jellemző formát). A réshang + /t/ esetében feltehetően arról van szó, hogy a réshang képzése után a felpattanóhoz képzendő zár nem minden ejtés során jön teljesen létre, kisebb-nagyobb szivárgás jelenik meg. Ennek vizsgálatához azonban célzott artikulációs kísérletre van szükség.

#### 4.1. Limitációk

A módszertan leírásában említettük, hogy a BEA adatbázis olvasott anyagából összeválogatható kváziminimálpárok nem minden esetben teljesítenek olyan feltételeket, amelyeket kontrollálni kell további vizsgálatokban (egy szópair esetében homoszillabikus, szóvégi mássalhangzó-kapcsolat, míg a többi esetben heteroszillabikus, szóbelseji klaszterek; egy esetben a szópair között eltér, hogy első szótagi, tehát szóhangsúlyt viselő /f/ áll szemben többedik szótagbeli /s/

ejtésével; továbbá a szóvégi pozícióban az /f/ és a /t/ között morfémahatár húzódik, az /s/ és a /t/ között nem). Azért választottuk mégis első lépésnek ezt az anyagot használni, mert a kutatási kérdések megalapozásához nagy beszélőszámon céloztuk feltárni az esetleges nemek közötti eltéréseket a spektrális és koartikulációs mintázatokban, hogy a további, célzott anyagok felvételéhez megfelelő támpontot nyújtson. A marginális  $R^2$  értéke a spektrális ferdeség és csúcosság esetében nagyon alacsony volt, így további, a jelen tanulmányban nem elemzett faktorok hatását is feltételezhetjük. Fontos megemlíteni, hogy a nemzetközi irodalomban is ellentmondásosak ezek az értékek, így feltehetőleg nem csak ebben az anyagban rejlik ennek az oka.

## 5. Összegzés

Összefoglalva elemzéseink megmutatták, hogy a réshang CoG értéke alacsonyabb volt /t/ mássalhangzó előtt, mint amikor magánhangzó követte. Az /s/ és /f/ közötti akusztikai távolság ugyanakkor nem csökkent a /t/-s környezet hatására. A nők és férfiak ejtésében nemcsak a két spiráns CoG-értékei tértek el egymástól, hanem a /t/-vel való koartikuláció eltérő mintázattal jelent meg a két nem esetében.

## Köszönetnyilvánítás

A kutatást az NKFIH FK-128814-es projekt keretében készült. Köszönjük Jakus Julianna segítségét a hanghatárok javításában. Továbbá hálásan köszönjük a névtelen bírálók gondolatait, javaslatait, amelyek a kutatáshoz nemcsak ebben a tanulmányban, hanem a további lépések megtervezésében is hatalmas segítséget nyújtottak.

## Hivatkozások

Algeo, J. (1978). What Consonant Clusters Are Possible? *Word*, 29, 206–224.  
doi:10.1080/00437956.1978.11435661.

- Baker, A., Archangeli, D., & Mielke, J. (2011). Variability in American English s-retraction suggests a solution to the actuation problem. *Language variation and change*, 23, 347–374.
- Bartoń, K. (2020). MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.43.17. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>.
- Bates, D., Maechler, M., & Bolker, B. (2015). Walker. S. lme4: Linear mixed-effects models using S4 classes. *Journal of Statistical Software*, 67, 1–48.
- Beke, A., & Gyarmathy, D. (2010). Zöngétlen résmássalhangzók akusztikai szerkezete. *Beszédkutatás*, (p. 57–75).
- Boersma, P., & Weenink, D. (2018). Praat: doing phonetics by computer. URL: <http://www.praat.org/>.
- Bóna, J., & Beke, A. (2013). A zöngétlen réshangok akusztikai szerkezete fiatal és idős korban. In T. Gecső, & Cs. Sárdi (Eds.), *Az interkulturális kommunikáció elmélete és gyakorlata* (p. 38–43). Budapest: Tinta Könyvkiadó.
- Czaplicki, B., Žigis, M., Pape, D., & Jesus, L. M. T. (2016). Acoustic Evidence of New Sibilants in the Pronunciation of Young Polish Women. *Poznań Studies in Contemporary Linguistics*, 52, 1–42.
- Forrest, K., Weismer, G., Milenkovic, P., & Dougall, R. N. (1988). Statistical analysis of word-initial voiceless obstruents: preliminary data. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 84, 115–123.
- Fuchs, S., & Toda, M. (2010). Do differences in male versus female /s/ reflect biological or sociophonetic factors? In S. Fuchs, M. Toda, & M. Žygis (Eds.), *An interdisciplinary guide to turbulent sounds* (p. 281–302). Berlin: deGruyter Mouton.
- Grácsi, T. E., & Kohári, A. (2014). Multiple bursts in Hungarian voiceless plosives and VOT measurements. In S. Fuchs, M. Grice, A. Hermes, L. Lancia,

- & D. Mücke (Eds.), *Proceedings of the 10th International Seminar on Speech Production (ISSP)* (p. 158–161). Cologne, Germany.
- Grácz, T. E., & Krepsz, V. (2018). Intervokális réshangok akusztikai szerkezete tinédzser és felnőttkorban. *Alkalmazott Nyelvtudomány*, *18*, 1–19.
- Van der Harst, S., Van de Velde, H., & Schouten, B. (2007). Acoustic characteristics of standard Dutch /x/. In J. Trouvain, & W. Barry (Eds.), *Proceedings of the 16th ICPHS* (p. 1469–1472). Saarbrücken: Pirrot GmbH.
- Icht, M., & Boaz, M. B. D. (2017). Sibilant production in Hebrew-speaking adults: Apical versus laminal. *Clinical Linguistics & Phonetics*, *32*, 193–212.
- Janda, R. D., & Joseph, B. D. (2003). Reconsidering the Canons of Sound-Change: Towards a “Big Bang” Theory. In B. Blake, & K. Burridge (Eds.), *Historical Linguistics 2001. Selected Papers from the 15th International Conference on Historical Linguistics, Melbourne, 13–17 August 2001* (p. 205–219). Amsterdam: John Benjamins Publishing Co.
- Jannedy, S., & Weirich, M. (2016). The acoustics of fricative contrasts in two German dialects. In Chr. Draxler, & F. Kleber (Eds.), *Proceedings of Phonetics and Phonology in German Speaking Areas* (p. 70–73). Munich: LMU.
- Jongman, A., Wayland, R., & Wong, S. (2000). Acoustic characteristics of English fricatives. *Journal of Acoustic Society of America*, *108*, 1252–1263.
- Koenig, L. L., Shadle, C. H., Preston, J. L., & Mooshammer, C. R. (2013). Toward improved spectral measures of /s/: Results from adolescents. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *56*, 1175–1189.
- Kuznetsova, A., Brockhoff, P. B., & Christensen, R. H. (2017). lmerTest package: tests in linear mixed effects models. *Journal of statistical software*, *82*, 1–26.
- Lawrence, M. A. (2016). ez: Easy Analysis and Visualization of Factorial Experiments. R package. version 4.4-0. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=ez>.

- Linville, S. E. (1998). Acoustic correlates of perceived versus actual sexualorientation in men's speech. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 50, 35–48.
- Magloughlin, L. (2018). */tɪ/ and /dɪ/ in North American English: Phonologization of a Coarticulatory Effect*. Ph.D. thesis University of Ottawa.
- Munson, B. (2004). Variability in /s/ production in children and adults. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 47, 58–69.
- Neuberger, T., & Grácsi, T. E. (2013). Az alveoláris zöngétlen explozíva variabilitása. *Beszédkutató*, (pp. 160–172).
- Neuberger, T., Gyarmathy, D., Grácsi, T. E., Horváth, V., Gósy, M., & Beke, A. (2014). Development of a large spontaneous speech database of agglutinative Hungarian language. In P. Sojka, A. Horák, I. Kopeček, & K. Pala (Eds.), *International Conference on Text, Speech, and Dialogue* (p. 424–431). Cham: Springer.
- Nissen, S. L., & Fox, R. A. (2005). Acoustic and spectral characteristics of young children's fricative productions: A developmental perspective. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 118, 2570–2578.
- Nittrouer, S., Studdert-Kennedy, M., & McGowan, R. 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, 120–132.
- Ohala, J. J., & Solé, M. J. (2010). Turbulence and phonology. In S. Fuchs, M. Toda, & M. Žygis (Eds.), *Turbulent sounds: an interdisciplinary guide* (p. 37–102). Berlin: De Gruyter Mouton.
- Olaszy, G. (2007). *Mássalhangzó-kapcsolódások a magyar beszédben*. Budapest: Tinta Kiadó.
- Perkell, J. S., Matthies, M. L., Tiede, M., Lane, H., Zandipour, M., Marrone, N., & Stockmann, E. (2004). The distinctness of speakers' /s/-/ʃ/ contrast is

- related to their auditory discrimination and use of an articulatory saturation effect. *Journal of speech, language, and hearing research*, 47, 1259–1269.
- Pharao, N., Maegaard, M., Møller, J. S., & Kristiansen, T. (2014). Indexical meanings of [s+] among Copenhagen youth: Social perception of a phonetic variant in different prosodic contexts. *Language in Society*, 43, 1–31. doi:10.1017/s0047404513000857.
- Phillips, J. B. (2020). *Sibilant Categorization, Convergence, and Change: The case of /s/-retraction in American English*. Doctoral dissertation The University of Chicago.
- Rácz, P., & Schepács, A. (2013). The perception of high frequency sibilants in Hungarian male speech. *Acta Linguistica Hungarica*, 60, 457–468. URL: <https://doi.org/10.1556/aling.60.2013.4.3>. doi:10.1556/aling.60.2013.4.3.
- R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. URL: <https://www.R-project.org/>.
- Recasens, D. (2014). *Coarticulation and sound change in Romance*. Amsterdam–Philadelphia: John Benjamins Publishing Company.
- Recasens, D., & Pallarès, M. D. (2001). Coarticulation, assimilation and blending in Catalan consonant clusters. *Journal of Phonetics*, 29, 273–30. URL: <https://doi.org/10.006/jpho.2001.0139>.
- Recasens, D., & Rodríguez, C. (2016). A study on coarticulatory resistance and aggressiveness for front lingual consonants and vowels using ultrasound. *Journal of Phonetics*, 59, 58–75.
- Shadle, C. H. (1990). Articulatory-acoustic relationships in fricative consonants. In W. J. Hardcastle, & A. Marchal (Eds.), *Speech production and speech modelling* (p. 187–209). Dordrecht: Springer.

- Shadle, C. H., & Mair, S. J. (1996). Quantifying spectral characteristics of fricatives. In *Proceeding of Fourth International Conference on Spoken Language Processing, ICSLP'96* (p. 1521–1524). Philadelphia: IEEE.
- Shapiro, M. (1995). A case of distant assimilation: /str/ → /ftr/. *American Speech*, 1, 101–107.
- Singmann, H., Bolker, B., Westfall, J., Aust, F., & Ben-Shachar, M. (2021). afex: Analysis of Factorial Experiments. R package version 0.28-1. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=afex>.
- Smith, B. J., Mielke, J., Magloughlin, L., & Wilbanks, E. (2019). Sound change and coarticulatory variability involving english /ɪ/. *Glossa: a journal of general linguistics*, 4, 1–51.
- Smorenburg, L., & Heeren, W. (2020). The distribution of speaker information in Dutch fricatives /s/ and /x/ from telephone dialogues. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 147, 949–960.
- Smyth, R., Jacobs, G., & Rogers, G. (2003). Male voices and perceived sexual orientation: An experimental and theoretical approach. *Language in Society*, 32, 329–350.
- Stevens, K. N. (2000). *Acoustic phonetics*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Stevens, M., Bukmaier, V., & Harrington, J. (2015). Pre-consonantal /s/-retraction. In The Scottish Consortium for ICPHS 2015 (Ed.), *Proceedings of the 18th international congress of phonetic sciences* (p. 1–5). Glasgow, UK: the University of Glasgow.
- Stevens, M., & Harrington, J. (2016). The phonetic origins of /s/-retraction: Acoustic and perceptual evidence from Australian English. *Journal of Phonetics*, 58, 118–134.



- Stuart-Smith, J., Sonderegger, M., Macdonald, R., Mielke, J., McAuliffe, M., & Thomas, E. (2019). Large-scale acoustic analysis of dialectal and social factors in English /s/-retraction. In S. Calhoun, P. Escudero, M. Tabain, & P. Warren (Eds.), *Proceedings of the 19th International Congress of Phonetic Sciences* (p. 1273–1277). Canberra, Australia: Australasian Speech Science and Technology Association Inc.
- Varga, Á., Tarján, B., Tobler, Z., Szaszák, G., Fegyó, T., Bordás, C., & Mihajlik, P. (2015). Automatic close captioning for live hungarian television broadcast speech: A fast and resource-efficient approach. In A. Ronzhin, R. Potapova, & N. Fakotakis (Eds.), *Speech and Computer* (pp. 105–112). Cham: Springer International Publishing.
- Winter, B. (2019). *Statistics for linguists: An introduction using R*. New York: Routledge.